

PROJECTVERSLAG

Groeiremmingmetniet -chemische methoden (eerstefase)

PTproject11.422



INOPDRACHTVAN PRODUCTSCHAP TUINBOUW

PROJECTVERSLAG

Groeiremmingmetniet -chemischemethoden (eerstefase)

PTproject11.422

Uitgevoerd door :

TNO Toegepaste Plantwetenschappen

DLV Facet en DLV Pot-enperkplanten

Gefinancierd door :



Productschap Tuinbouw

Productschap Tuinbouw

Postbus 280

2700 AG Zoetermeer

© TNO Toegepaste Plantwetenschappen en DLV Facet

Dit document is auteursrechtelijk beschermd. Niets uit deze uitgave mag derhalve worden vervoelvoudigd, 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 TNO Toegepaste Plantwetenschappen en DLV Facet. De merkrechten op de benaming DLV komen toe aan DLV Adviesgroep nv. Alle rechten die naangaand worden voorbehouden.

TNO Toegepaste Plantwetenschappen en DLV Facet zijn niet aansprakelijk voor schade bij toepassing of gebruik van gegevens uit deze uitgave, tenzij sprake is van opzet of groveschuld van de zijde van DLV Facet of TNO Toegepaste Plantwetenschappen.

Inhoudsopgave

Samenvatting	4
1.Inleiding	5
<i>Achtergrond</i>	5
<i>Potentiëlealternatieven</i>	5
2.Doelenopzetvanhetonderzoek	7
3.Materialenenmethoden	8
<i>Plantmateriaal</i>	8
<i>Plantenkweek</i>	8
<i>Handelingenaanplantvoorafgaandeaanhetexperiment</i>	8
<i>Scorevanheteindresultaat</i>	9
<i>Behandelingvandeplanten</i>	9
<i>Luchtverplaatsing</i>	10
<i>Trillen</i>	10
<i>Geluid</i>	10
<i>Tactielebeweging</i>	11
<i>Elektriciteit</i>	11
<i>Duurvandebehandeling</i>	11
4.Resultaten	12
<i>Deverschillendeblanco's</i>	17
<i>Heteffectvantrillen</i>	18
<i>Heteffectvanluchtverplaatsing</i>	18
<i>Heteffectvantactielebeweging</i>	19
<i>Heteffectvanultrageluid</i>	19
<i>Heteffectvanelektriciteit</i>	20
5.Economischeoverwegingen	22
6.Conclusies	23
7.Aanbevelingenvoorvervolg onderzoek	25
8.Literatuur	26
Appendix1:literatuur overzicht metNederlandsesamenvatting	27
Appendix2: concept projectomschrijvingfase2	35

Samenvatting

Indesiert eeltisg roeiremmingbelangrijkteelt aspect. Inperiodenmetweiniglicht hebbenplantendenatuurlijkeneigingomtestrekkenendusslapteworden ,terwijlvoor andere soortengelddatgroeiremmingnodigisombloemknopvormingteinduceren . De hiervoor gebruikte chemische remmiddelen zullen , door strenger wordende regelgeving , steeds meer worden teruggedrongen . Er zijn meer dan 20 onderzoeken gedaan om groeiremming te bewerkstelligen maar hierbij zijn de nadelen vaak groter dan de voordelen.

Groeiremming door middel van beweging, of thigmomorfogenese (de fysiologische en morfologische aanpassing van planten op mechanische invloeden) is een fenomeen dat planteneen natuurlijk groeibeperking oplegt. Bijvoorbeeld, wind of hetschuren van plantendelentegen elkaar blijkt bij planteneensignificantegroeiremming te weeg te brengen. Daarnaast zijn dergelijke planten ook beter bestand tegen vele soorten stress waaronder mechanische stress, zoals het verplaatsen van de planten.

Met dit uitgangspunt in gedachten hebben TNO en DLV een serie haalbaarheidsexperimenten opgezet om de bruikbaarheid van ondermeer beweging, als middel om groeiremming te induceren , uitgetest. Als testgewassen zijn Hortensia en Osteospermum gebruikt. Van de 5 behandelingen weten: trillingen, wind, aanraking, ultrageluid en elektriciteit, bleek uiteindelijk trillingen en aanraking (tactiele beweging) het grootste groeiremmende effect te hebben en het best perspectief te bieden voor toepassing in de praktijk. Maximumremmingpercentages van 13 procent voor Hortensia en 29 procent voor Osteospermum werd bereikt , terwijl hogere percentages door optimalisatie mogelijk zijn .

Het toepassingsgebied is vooral nog gericht op potplanten, maar bredere toepassing is zeker niet uitsluitend. Verder onderzoek moet uitwijzen hoe deze twee methoden in de praktijk geïmplementeerd kunnen worden .

1. Inleiding

Achtergrond

Groeiremming is bij verschillende siergewassen in de tuinbouw een belangrijk aspect in de teelt. Gedurende donkere periodes hebben planten de natuurlijke eigenschap om te strekken en dus slapt worden. Maar ook in periodes met veel licht sterke fotosynthese vindt er veel ongewenste strekking op de groeiplaats. Dit geldt ook voor bloemstengels die gemakkelijk breken of omvallen. Voorsommigesoorten geldt dat groeiremming nodig is om bloemknopvorming te induceren (bijvoorbeeld siringen). Door groeiremming worden planten bossiger en compacter, aspecten welke ook esthetische en economische (bijvoorbeeld ten aanzien van vervoerskosten) belangen dienen. Groeiremming vindt onder andere plaats met behulp van chemische remmiddelen. Andere methoden om de strekking van de groeite beperken zijn die via de klimaatsinstellingen. Denk hierbij aan licht, temperatuur, Dif, kouval, RV en de zone. Strekking van de groei wordt verder sterk beïnvloed door de hoeveelheid vocht, de hoogte van de EC en de voedingssamenstelling in de pot. In de nabije toekomst zullen er, sector breed, in de gehele plantenteelt problemen ontstaan om dat het gebruik van chemische groeiremmers steeds meer wordt teruggedrongen door regelgeving. Om deze problemen het hoofd te bieden zijn er in het verleden onder meer experimenten gedaan om door middel van klei -toevoegingen aan substraten groeiremming te induceren (de Bloemisterij No. 26, 2001, p48). Nadeel van deze aanpak is dat het groeiremmende effect permanent aanwezig is, terwijl slechts een klein deel van het jaar behoefte aan is. Onderzoek naar het effect van beperkte fosfaatgift tijdens de opkweek gaf groeiremmende effecten, maar bleek in de test tot nut toe ook een negatief effect op de verdere ontwikkeling van de plant te hebben (de Bloemisterij No. 2, 2002, p48). De behoefte aan alternatieve, niet chemische, methoden om siergewassen in de groeite remmen is daarom nog steeds aanwezig.

Potentiële alternatieven

Uit plantfysiologisch onderzoek is bekend dat verschillende omgevingsfactoren van invloed zijn op de groei (strekking) van planten. Voorbeelden hiervan, welke mogelijk toepassing kunnen vinden in de praktijk, worden hieronder besproken. Groeiremming door middel van wind (beweging), of te wel thigmomorfogenese (de fysiologische en morfologische aanpassing van planten op mechanische invloeden) is een fenomeen dat planten een natuurlijke groei beperking oplegt. Uit laboratorium studies blijkt dat Mechanische Perturbatie (MP), d.m.v. wind of wrijving bij diverse soorten testplanten een significant groeiremming te weegbracht. Daarbij heeft MP ook een effect op de biomechanische eigenschappen van de planten: er ontstaat een grote weerstand tegen mechanisch stress, meer elastische veerkrachten en grotere flexibiliteit en taaiheid. Deze veranderingen zijn gecorreleerd aan een toename in de verhouding van het xyleem en celwand polymeren. Verder blijken MP behandelde planten beter bestand te zijn tegen stress, bijvoorbeeld droogte en vorst stress. Door MP vindt een toename van het planten hormoon abscisinezuur plaats (Jaffe & Forbes, 1993). Tevens wordt de expressie van een aantal genen geïnduceerd zoals bijvoorbeeld de "touch" genen (TCH) (Braam et al., 1992).

Tactiele beweging, hetaanraken van planten, blijkt toe effecten op de groei van planten te hebben. Het strijken met de hand of een houten stok over de planten aanaantalmaal per dag en gedurende een aantal dagen bleek een afname van lengtegroei en bladoppervlakte te brengen (van Iersel, 1997; Giridhar and Jaffe, 1988). Dezelfde effecten kunnen te wege gebracht worden door planten in trilling te brengen (Niklas, 1998). Ook deze vormen van beweging vallen onder mechanische perturbatie. Daarnaast is uit onderzoek gebleken dat het toedienen van elektriciteit aan planten een groei remmend effect heeft, zoals uit een aantal wetenschappelijke publicaties blijkt (Desrosiers et al. 1988; Ishikawa and Evans, 1990).

Van ultrageluid is bekend dat het in staat is om voorwerpen in trilling te brengen. Hierbij kan gedacht worden aan bijvoorbeeld ultrasone trilbaden of soniceerapparatuur. Over de effecten van ultrageluid op de groei van planten is vrijwel niets bekend, hoewel in een artikel te vinden is dat er mogelijk wel groei-effecten zijn (Albu, 1972). Ultrageluid kan mogelijk m.v. de geluidsgolven de vloeistoffen in de plantaan het trillende brengen, wat dan overgedragen zou worden op de hele plant, waardoor groei remming zou kunnen optreden.

2. Doelen opzet van het onderzoek

Vooreen effectief toepasbare groeiremming is een niet-chemische methode gewenst die gedurende een beperkt tijd in het groeiseizoen toegepast kan worden. Het voorgestelde onderzoek heeft als doel een dergelijk methode te ontwikkelen.

Als alternatief voor chemische remmiddelen zal het effect van verschillende soorten fysische stress op lengtegroei van planten onder lichtbeperking worden getest. Hierbij is de toepasbaarheid van de verschillende methoden in een bedrijfs situatie als uitgangspunt meegenomen. De volgende fysische stressfactoren komen in aanmerking:

- 1) Het effect van (geringe) luchtverplaatsingen
- 2) Het effect van trillingen
- 3) Het effect van ultrageluid
- 4) Het effect van elektrostimulatie
- 5) Tactiele (aanrakings-) beweging

Planten van twee testgewassen zullen onder lichtbeperkende omstandigheden worden opgegroeid, waarbij effecten van de verschillende methoden op de groei worden bestudeerd. In een eerste fase zullen een aantal opties op kleine schaal getest worden om te kijken of voldoende gewenste effecten kunnen worden geïnduceerd. Bij selectie van de bovengenoemde behandelingen is met uitvoerbaarheid in de praktijk rekening gehouden. Als uit de eerste fase van dit project blijkt dat een of meer van deze factoren inderdaad het gewenste effect kan bereiken zal in meer detail naar kostene.d. gekeken worden. In een latere tweede fase kan in een vervolproject een praktijktest bij telers worden uitgevoerd op grotere schaal.

3. Materialen&Methoden

Plantmateriaal

Voordeexperimentenwerdgebruikgemaaktvanhortensia's en Spaansemargrietten:
 1) *Hydrangea macrophylla* cv "Leuchtfeuer" (hortensia)
 2) *Osteospermum ecklonii* Cape Daisy cv "Zaire" (Spaansemargriet)
 Plantmateriaalwerdgekochtvan2commerciële telers. Deplantenwarenvegetatief vermeerderd. Hetplantmateriaalwasnognieveelvuldig blootgesteldaan groeiremmingsmiddelen. DeOsteospermum swaren nietgeremd.DeHortensia's waren1 keer chemischgeremd .DeHortensia 's(14cm pot) kwamen uitdekoudekasenhaddegenoegekoudegehadzodatzetrekbaarwaren. DeOsteospermum's warenopgepot in 10,5 cm en1keergetoet.
 DeOsteospermum planten waren bijaanvangvanhetexperiment goeduniform,de Hortensia's minderuniform.

Plantenkweek

Plantenwerdenopgekweektineenklimatekamer onderdag -nachtritme(tabel1)

	dag(12uur)	nacht(12uur)
Temperatuur	16,5°C	15°C
Licht	Aan	uit
Lichtconditie	10-15kLux	-
Relatievevochtigheid	65%	65%

Tabel1:opkweekconditiesindeklimatekamer

Alleplantenkregendagelijks100 ml voedingsoplossingmeteenNPKvan25/15/15en eenECvan2.0. (Chempakliquidfertilizerformule2 ;2,25 gramperliter,Chempak products,Geddingsroad,Hoddeston,Her tsEN11ORL).
 Ineersteinstantiewerdengelijkehoeveelhedenwatertoegediend,maarnaarmatede proefvorderdebleekdezebenaderingniettevoldoendoorhetontstaanvangroote verschillen.Groteplantenverbruiktenmeerwaterdandekleinere.Daaromwarsbesloten omindeloopvanhetexperimentdeplantendagelijkswatertoetedienden totaal vullingvandeschotelonderdepot .
 Plantenzijn gegroeid tussenbeginaprileneindmei2003.

Handelingen aandeplant voorafgaande aan het experiment

BijzowelHortensiaalsOsteospermumwerdhetaantalstengelstot3teruggebracht. Dezescheutselectieistoegepastomhetuitgangsmateriaalzo uniformmogelijktekrijgen. Plantenwerdenvervolgensrandomuitgezetvoordeexperimenten.Deplantenwerden directopeenvasteafstandvanelkaargezetennietmeeruitgezet .Tijdensde opgroeiperiodezijnwekelijks nieuwe uitlopersverwijderd.

Deplantenhebbgedurende een week na aankomst kunnen acclimatiseren voordat de behandelingen werden uitgevoerd.

Scoren van het eindresultaat

Aan het begin na aan het einde van het experiment, na 6 weken, werden de planten beoordeeld door een DLV teeltadviseur uit de pot - en perkplanteelt . De lengte van de bovengrondse delen werd 2 wekelijks gemeten vanaf de potrand . Van de Hortensia's is de versheid de opgemeten dat in het voorgaande seizoen was ontstaan. Bij de Osteospermum was dit niet nodig omdat deze teelt 1 seizoen beslaat (stekken, oppottertoppen en in bloei trekken). Tevens op 2 momenten de grootte van de bloemschermen van de Hortensia plant gemeten. Van de Osteospermum's is het aantal bloemen en bloemknoppen aan het einde van de proef geteld.

Tijdens het inbloeikomen van de Hortensia's bleek dat de bloemkleur nogal verschil de van rood tot paars. De cultivar Leuchtfeuer is een rode cultivar en wordt normaal niet geblauwd. Toch waren enkele planten paars. Kennelijk hebben zij de tuindier toch per ongeluk een blauwing ondergaan. Dit gebeurt met kalium in de Rosal. De E C in de pot van geblauwde planten is hoger dan die van niet geblauwde. Vaak hebben geblauwde planten meer wortels. Samengevat : de Hortensia's waren niet geheel uniform hetgeen nog een stofuiting kwam in de bloemkleur.

Behandelingen van de planten

In totaal werden per behandeling 15 planten ingezet voor Osteospermum, voor Hortensia waren er 12. In sommige gevallen was dit de helft omdat er van de behandelingen een aparte controle moest worden meegenomen (zie tabel 2) .

Hortensia	
Behandeling	Aantalplanten getest
Luchtverplaatsing	12
Trillen/blanco	6/6
Ultrageluid	12
Elektrostimulatie/blanco	6/6
Tactiele beweging	12
Onbehandeld	12
Osteospermum	
Behandeling	Aantalplanten getest
Luchtverplaatsing	15
Trillen/blanco	6/9
Ultrageluid	15
Elektrostimulatie/blanco	6/9
Onbehandeld	15

Tabel 2: Overzicht van uitgevoerde behandelingen en aantallen planten.

Luchtverplaatsing

Luchtverplaatsingvond automatisch dagelijks plaats door ventilatoren die via een timer 2 maal per dag een uur stonde draaien op de hoogste stand (III) , 1 uur 's morgens van 7:00 tot 8:00 en 1 uur van 17:00 tot 18:00. De ventilatoren waren voorzien van een automatisch draaiende kop , waardoor een grotere werkingsbreedte werd bereikt. Ventilatoren waren van het merk Happy light, nr. 911.

Trillen

Planten werden dagelijks gedurende 10 minuten getrild op een trilplaat. De trilplaat bestond uit een trilgoot van het merk AEG, type DR/50, met daarop een aluminium plaat met 6 gaten ter grote van de (hortens ia) potten. Voor de kleinere Osteospermum potten werden speciale inzetverkleinringen vervaardigd. De trilfrequentie was 50 Hz . Een controle groep werd wel in de gaten van de tril machine gezet gedurende 10 minuten, maar het apparaat werd hierbij niet aange zet.

Geluid

Behandeling met ultrasonisch geluid van de planten vond plaats gedurende 20 minuten per dag. Een ultrasonisch geluidspaneel van 25*25 cm met daarin 16 ultrasonische polaroids werd in een houten kast met maten L*B*H van 95*55*70 cm ingebouwd. Het geluidspaneel werd aan de zijkant ingebouwd in een paneel van 55*70 cm. Depolaroids werden aangesloten op: 1) functie generator: Wavetek 164, 2) power amplifier: EIN, model 240 LRF en 3) powersupply: Delta elektronika, E0300 -0,1-L.

Instellingen van de apparatuur:

1)

Volt: 0.1
 Vernier Frequentie: 100x
 variable symmetry: off
 slope width: (geenschaal)
 waveform: sinus
 variable output attendb: -20
 Trigger level: cont. Sweep
 Sweep width: ramp up
 Time: 1 sec.
 Trig/start/stop: 0 cal
 Doffset: off

2) sweep van 70 tot 80 V

3) 300 V

Aangeziendeplantengedurendedeultrasonegeluidsbehandelinginhetdonkerstonden zou eventueel negatieve effect kunnen zijn dat de planten zich nog verder zouden strekken dan bij de controle plaats vond. Om deze reden is ervoor gekozen om geen extra controle te nemen van plantendie wel onder de kast zouden staan maar geen ultra geluid behandeling zouden krijgen. Immers, als er al een effect zou zijn dan zou dit, naar verwachting, alleen maar meer strekking opleveren.

Tactiele beweging (aanraking)

Aanraking vond in eerste instantie plaats door een rek met de tapijstroken met een lengte van 75 cm en een breedte van 1,5 cm 1 maal per dag 20 maal over de planten heen te weer rijden. Dit werd echter problematisch omdat de planten eenmaal wat groter werden omdat de stromende planten omtrokken. Er is besloten om de tactiele bewegingen met de hand uit te voeren. Eveneens werd 1 maal per dag 20 maal met handenarm over de toppen van de planten heen te weergegaan om de planten te bewegen.

Elektriciteit

Aanproefplanten en controleplanten werden een zilverfoliering om één stengel gehangen, waarbij via een geleidendepasta elektrisch contact tussen de planten het zilverfolie werd gerealiseerd. Op deze wijze werd de anode m.v. een krokodillenbekklemmetje aangesloten. De kathode werd in de grond gestoken. Alleen op de proefplanten werd ook daadwerkelijk spanning gezet. Planten werden, d.m.v. een timer, automatisch elke een kwartier behandeld met 15 volt gedurende 16 uur per dag.

Duurvandebehandeling

Behandeling van de planten vond gedurende 6 weken plaats.

4. Resultaten

Erisonderzoekgedaannaaralternatieve methodenomplantenin hungroeiteremmen. Alsalternatiefvoorchemischeremmiddelenzijn deeffectenvanverschillendesoornt fysischestressoplengtegroei vanHortensiaenOsteospermumplantenonderlicht beperkinguitgetest.Hierbijisdetoepasbaarheidvandeverschillendemethodenineen bedrijfssituatiealsuitgangspuntmeegenomen.De experimentenzijnuitgevoerdals indicatievandemogelijkhedenomgroei remmingteinducerenzonderineerste instantie tezoekenaareenoptimalebehandeltijdofintensiteitvandebehandeling.De uitgevoerdebehandelingzijn:

- 1) Heteffectvan(geringe)l uchtverplaatsingenopplanten
- 2) Heteffectvanhetintrillingenbrengevanplanten
- 3) Heteffectvanultrageluidopplanten
- 4) Heteffectvanelektrostimulatieopplanten
- 5) Heteffectvantactielebewegingopplanten

PlantenvandetweetestgewassenHortensiaenOsteospermumzijnonder lichtbeperkendeomstandighedenopgegroeid,waarbijeffectenvandeverschillende behandelmethodenopdegroeiwerdbestudeerd.Plantenwerdenintotaal6wekenmetde verschillendegroei remmethodebehandeld . Defiguren 1,2en 3geveeneenoverzichtvan allerresultaten,welkeinsamengevatte vormookintabel3zijnweergegeven.

Ingevalvantrillenenhettoedienenvanstroomaandeplantenzijnook interne blanco behandelingenmeegenomen.Bijtrillenmoestendeplantenworden verplaatstendaarom isooknaarhetverplaatsingseffectgekeken.Bijhettoedienenvanelektriciteithebben controleplantenweleenaluminiumfolieringgrondhenstengelgekregenmaarisgeen elektriciteittoegediend.DitgeldtvoorzowelHortensia'sals voorOsteospermums. DestartgroottevandeHortensiaplantenverschildeperplantomdatdescheutengroei en ophethoutvanhetvoorgaandejaar.Plantenwerdenechterrandomgekozenwaardoore uitgangsgroottevanalleplantengemiddeldongeveergelijkis entussendeverschillende behandelingenbinnendestandaarddeviatievalt.

Dezijscheutenvan Osteospermum warenuniformenwarenvrijwelgelijkvanlengte .Ze warenbij destart onderdepotrand zodatdestartlengte op0 cmwerdbepaald.Erwerd gemetenvanafdepotrand.

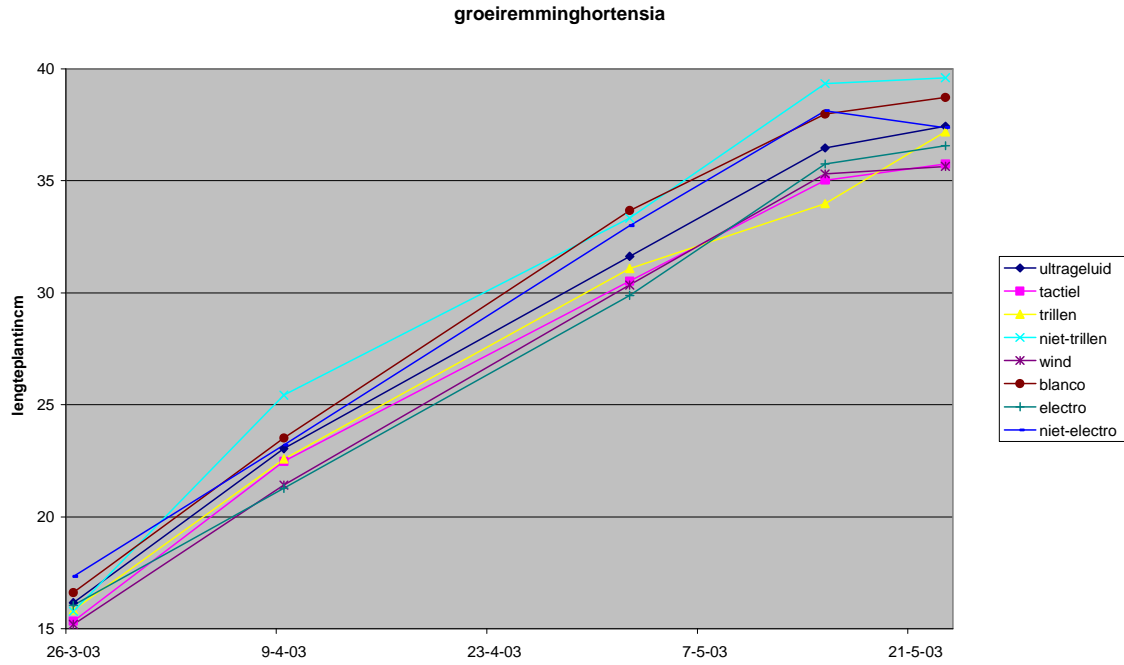


Fig.1a: Groeicurve van Hortensia planten met of zonder groei rembehandeling

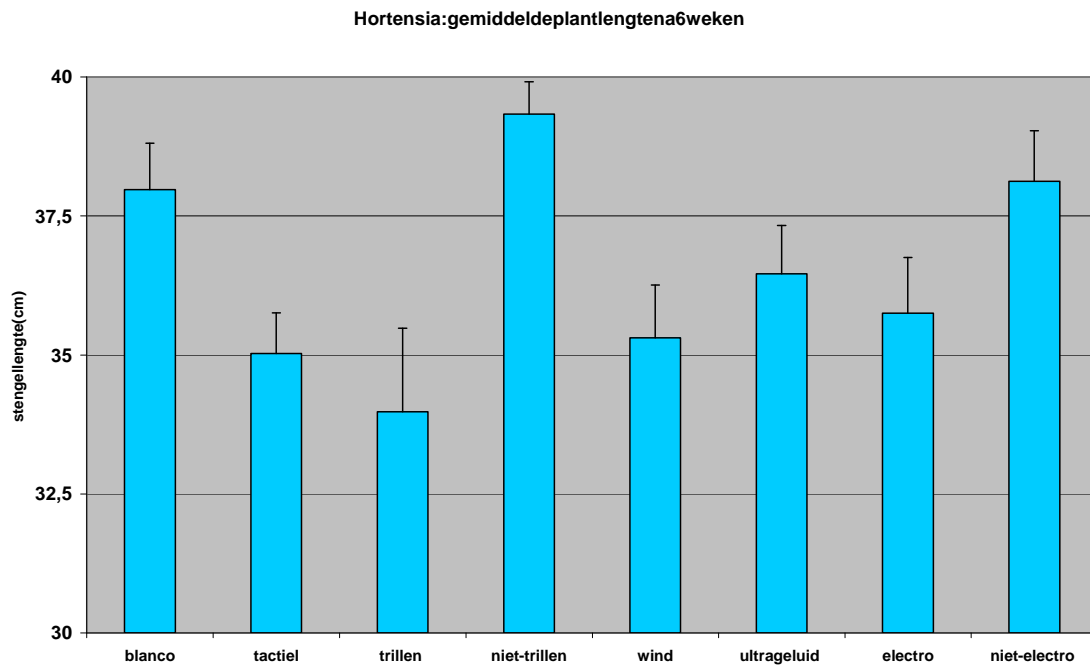


Fig.1b: Gemiddeldelengte (plus S.E.M.) van de 3 Hortensia stengels na 6 weken behandelen.

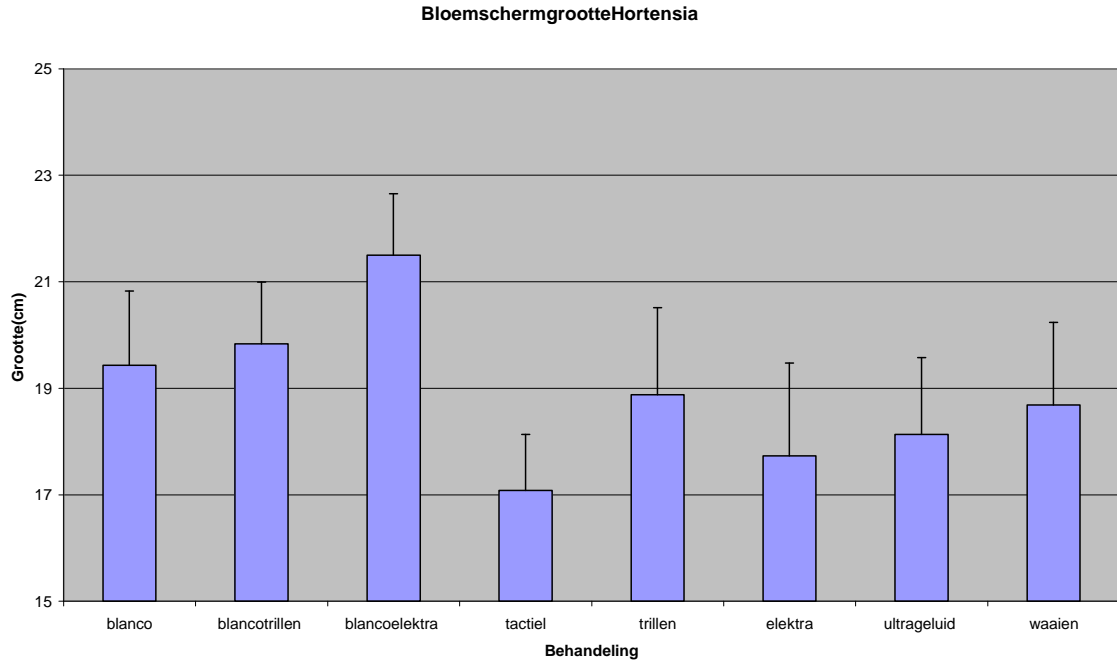


Fig.1 c:Groottevandebloemschermen (plusS.E.M.) vanbehandeldeenonbehandelde Hortensiaplantenna6weken.

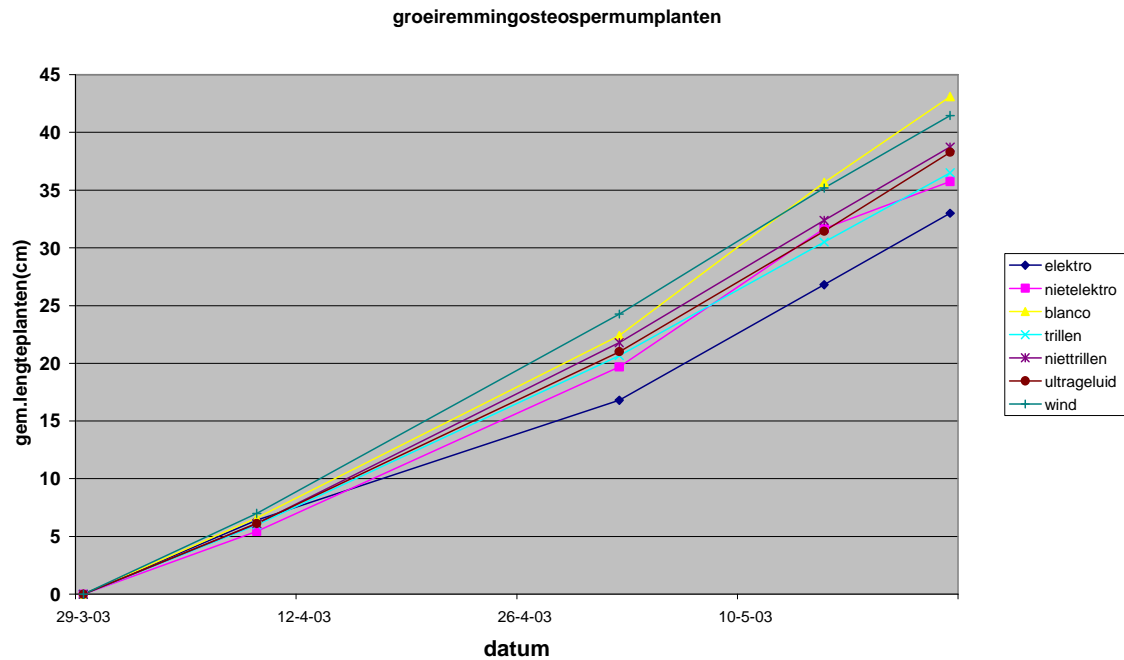


Fig.2a,Groeicurve Osteospermum plantenmetofzondergroeiembelijding .

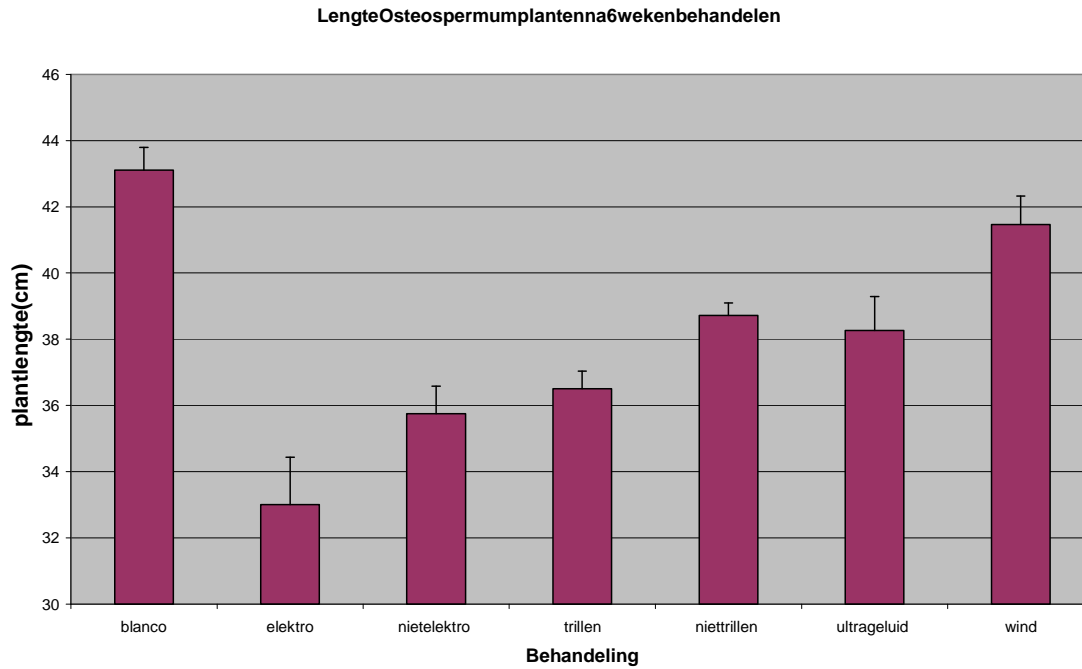


Fig.2b. Gemiddeld elengte (plus S.E.M.) vande 3 Osteospermumstengelsna 6weken behandelen.

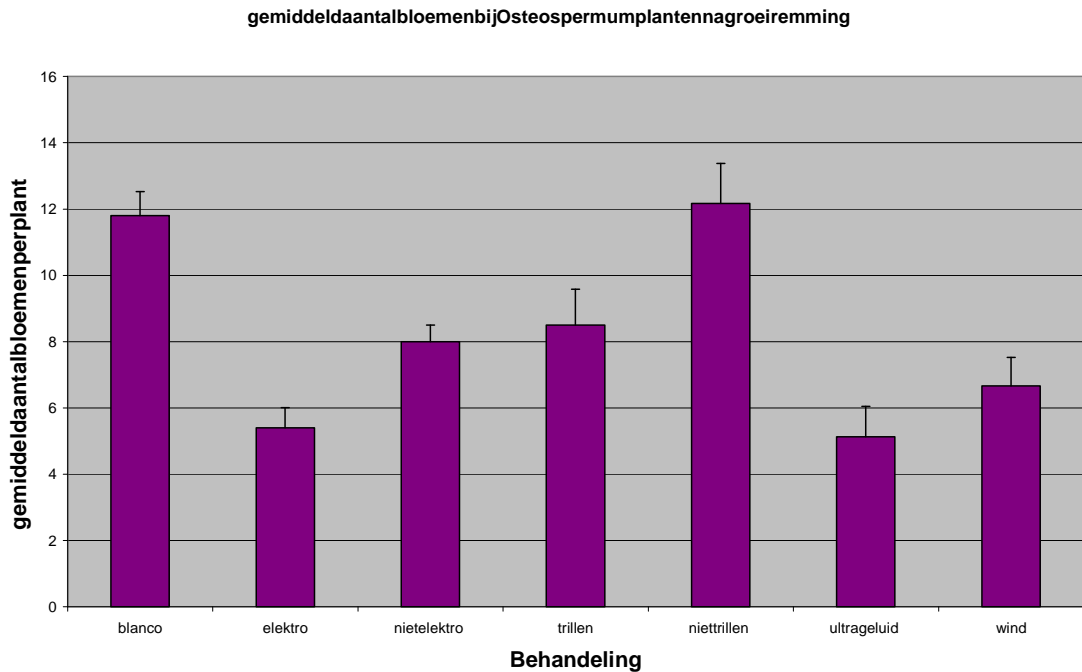


Fig.2c Gemiddeld aantal bloemen (plus S.E.M.) aan Osteospermumplantenna 6weken ondergaan van verschillende groeirembehandelingen.

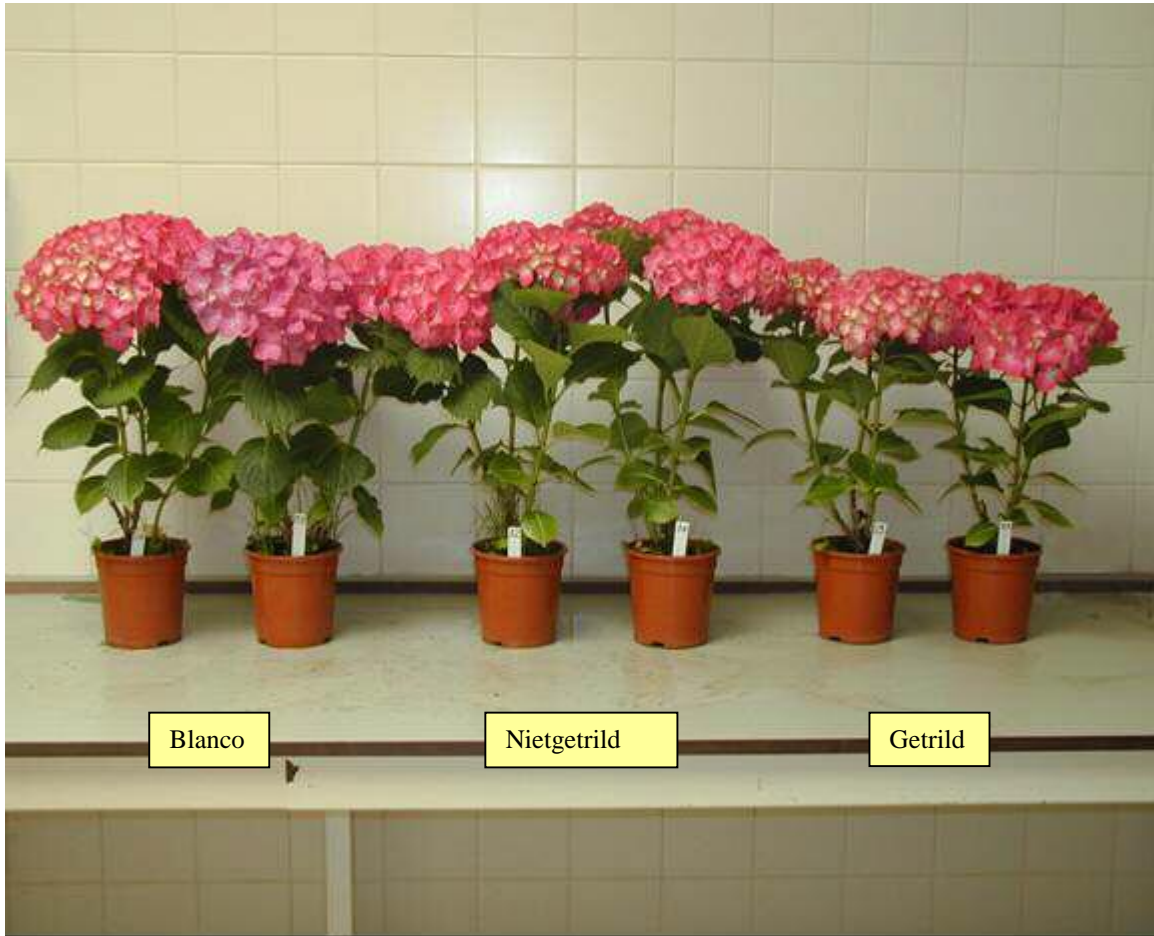


Fig.3a: het effect van een trilbehandeling, 10 minuten per dag gedurende 6 weken, op de lengtegroei van Hortensia planten. Van links naar rechts: blanco, niet getrild maar wel verplaatst en getrild planten.

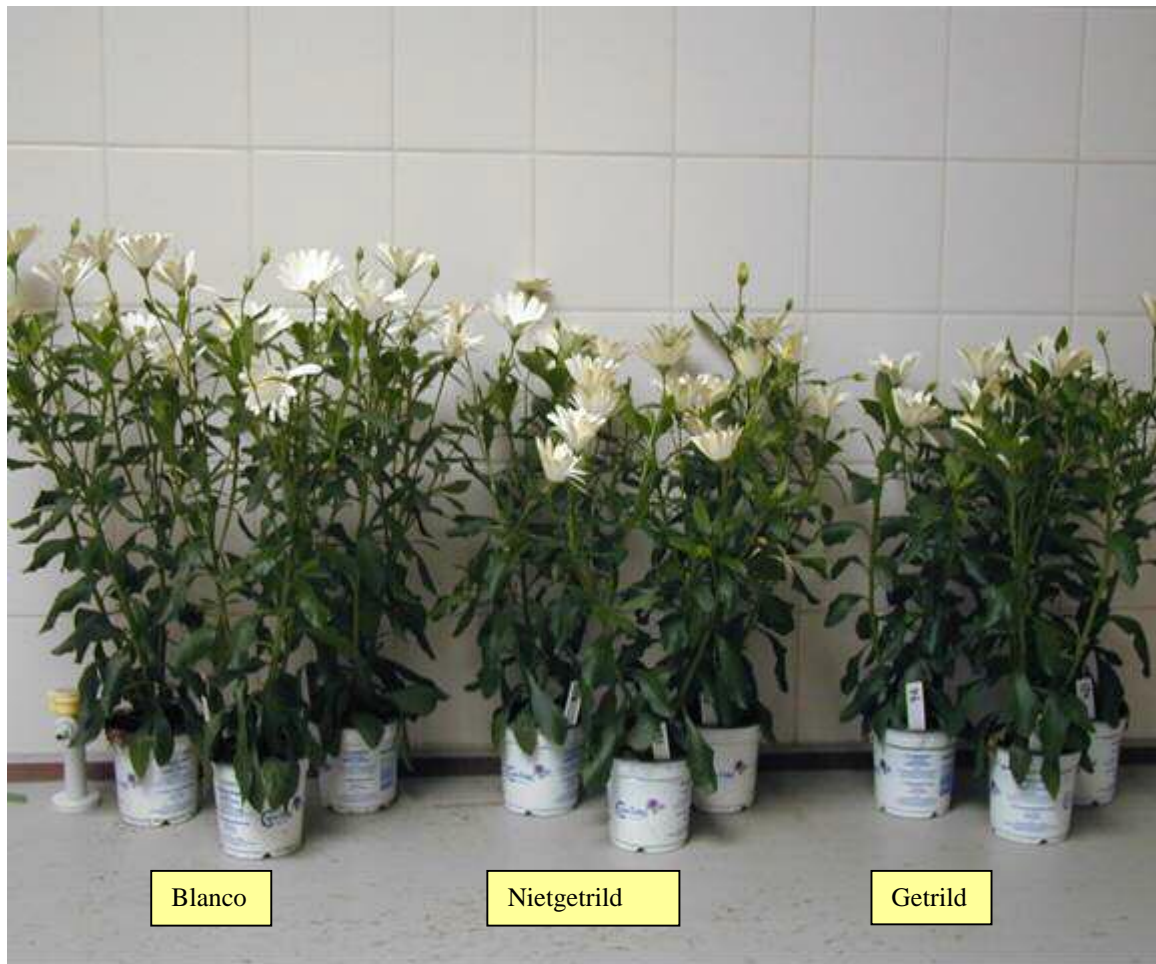


Fig. 3b: het effect van een trillbehandeling, 10 minuten per dag gedurende 6 weken, op de lengtegroei van Osteospermumplanten. Van links naar rechts: blanco, nietgetrild maar wel verplaatst en getrild planten.

De verschillende blanco's

Voor de Hortensia's geldt dat de blanco en de blanco elektrostimulatie (planten die wel met elektrostimulatieapparatuur werden behandeld maar geen behandeling ondergingen) de grootste planten opleverden. De lengte was 37,5 cm, het gemiddelde van de 3 stengels. Ook de blanco van het in trilling brengen van planten (planten wel verplaatst naar het trillapparaat maar het apparaat niet aanzetten) had weinig effect op de groei van de planten (fig. 1a). Er is geen verschil tussen de schermgrootte van de blanco en blanco controlen. De blanco van elektrostimulatie heeft echter significant grotere scherm en dat de blanco. Dit zou betekenen dat de blanco's kunnen hebben met het verwijderen van één van de 3 takken door beschadiging, waardoor de plant meer energie in de overgebleven groei scherm en het kunnen stekken (fig. 1c).

Voor Osteospermumplanten geldt dat de blanco plantenzichtbaar groter waren dan vrijwel alle behandelde planten. Hierbij viel ten opzichte van de Hortensia plant op dat

deblanco'svantrillen(welverplaatsennaarhettrila pparaatmaarnietaanzetten)een duidelijkeffectopdegroeivandeplantenhad.Kennelijkishetverplaatsenvande Osteospermumplantenalgenoeegomeenbepaaldematevangroeiremmingteinduceren (fig.2a).

DeblancovanelektriciteitvoorOsteospermum plantenisnietechtgoedtevergelijken metdestandaardblancoplanten ,omdatnaenigetijdbijdezeplantenlvandedrie stengelsisverwijderd.Ditwasnodigomdatineersteinstantiedemethode(klem)voor hetaanbrengenvanhetcontactmetdespanningsbronschadeaandestengeltoebracht. Heteffectvanelektriciteitkandusalleenvergelekenwordenmetzijneigenblanco.

HortensiaenOsteospermumplantenwarenaafloopvandeproefverkoopwaardig. De Osteospermumwarenechtertelang. Ditgeeftaan datdeplantengegroeidzijnconform omstandighedenzoalsdieindedagelijkspraktijkbijkwekerszijntevinden.

Heteffectvantrillen

Hortensia'sdiedagelijksgedurendeslechts10minutenopeentrillendeondergrond werdengezetblekengemiddeld overde3stengels4á5cmkortertezijndandeblanco planten(fig.1aen3a).Ditisingemiddeldongeveer11%korterdandeblancowaarde(fig. 1b).Plantenwerdendoordebepalingzichtbaarevoelbaartotindebovenste bladerenintrillinggebracht.Deschermgroottebleekniettelijdenonderdebepaling zoalsisaftelzenuitfiguur1c.Hierbijmoetbedachtwordendatdemethodendiezijn toegepastnognietgeoptimaliseerdzijn.

Osteospermumplantendiedagelijks10minutenwerdengetrildbleken,evenalsde Hortensiaplantensignificantinhungroeitezijngeremd(Fig.2aen3b).Deplantgrootte namafvan35.7naar30,5cmwatovereenkomtmeteenlengteafnamevan14.5%(fig. 2b).Ookhiervoorgelddatdemethodenognietgeoptimaliseerd is.Mogelijkkaneeen hogerpercentagegroeiremmingwordenbereiktdoorlangere, bijanderefrequentie, of meerderemalenperdageenbepalingtegeven.Welisopvallendathetaantal bloemenbijOsteospermumplantenafneemtindiendeplantenwordengetrild(fig.2c). Vangemiddeldronde12voordeblanconaarruim8bloemenbijgetrildeplanten.Het afnemenvanhetaantalreproductieveorganenisindeliteratuurbeschreven(Cipollini, D.F.,1999),maarethzouookkunnenzijndatdeplantendoordebepalingvertraging inhunontwikkelinghebbenopgelopenopeenlatertijdstiptochaanhetaantal bloemenvandeblancokomt.Ookditisingeliteratuurbeschreven(Cipollini,D.F., 1999),maardooronsnietnaderonderzocht.

Heteffectvanluchtverplaatsing

Luchtverplaatsingvondplaatsd.m.v.ventilatoren.Plantenstonden2maalperdag gedurendeéénuurineenluchtstroom(fig.1a).Hortensiaplantenswerdendoor de luchtbehandelinginhungroeigeremd,zeihetminderdandegetrildeplanten.Planten warenaafloopvanhetexperimentgemiddeld6,2%kleinerdandeebehandelde planten(fig.1b).Deschermgroottewerdminimaalbeïnvloeddoordewindbehandeling (fig.1c).Watwelopvielwasdatdeplanteneenzichtbaarkleinerbladoppervlakhadden. Ditisechternietnadergekwantificeerd.Verdervielopdatdeplantenerwatmeer

versleten uit zagen dan bij elke andere behandeling die werd uitgevoerd. Het eerder verouderen van planten als gevolg van mechanische perturbatie, zoals (sterke) windstromingen, is een effect dat in de literatuur is beschreven (Niklas, K.J., 1998; Giridhar, Gand Jaffe, M.J. 1988).

In tegenstelling tot Hortensia bleek er bij Osteospermum geen effect op het gedrag van planten in een luchtstroom te zetten (fig. 2a). Planten bleven even groot als de standaard, maar er was wel een duidelijk effect op het aantal bloemen dat werd geproduceerd. I.p.v. gemiddeld 12 bleken er nu slechts 6 bloemen in dezelfde groeitijd te zijn geproduceerd (fig. 2c), een vermindering van 50%. Er was echter geen sprake van slijtage zoals bij de Hortensia's.

Het effect van tactiele beweging

De effectiviteit van het aanraken van planten kwam voor Hortensia overeen met het effect van wind (fig. 1a). Door de planten eenmaal per dag te behandelen werden de groeiremming van 8.1% verkregen (fig. 1b). Hierbij viel op dat de planten langer in ontwikkeling achterbleven o.v.d. rest van de planten. Dit was waartoe men al het achterblijven van de groei van de bloesems. In de literatuur zijn de regelmatige effecten beschreven (Cipollini, D.F., 1999). Er trad geen slijtage op zoals bij luchtverplaatsing, ondanks het feit dat de planten handmatig werden beroerd. Er was echter een relatief groot effect op de grootte van de schermen. De schermen van de planten onder tactiele beweging bleken 12% kleiner dan de blanco (fig. 1c). Mogelijk heeft het vertragen van de bloei periode invloed op de grootte van de schermen groter zijn geworden in de planten langer waren blijven staan. Bij Osteospermum planten is een experiment gezet met tactiele beweging.

Het effect van ultrageluid

De behandeling van planten met m.v. ultrageluid was een methode die op zuiver theoretische gronden werd gekozen (fig. 1a). Toch bleek deze zeer experimentele methode een effect te hebben op de lengte van de groei van zowel Hortensia die afnam met 4,5% als Osteospermum waarbij de groei met 11,2% werd gereduceerd (fig. 1b en 2b). Alhoewel de groei-effecten gering zijn voor Hortensia en bij Osteospermum binnende ruimstandaard deviatie vallen, geldt dit zeker niet voor de effecten van ultrageluid op het aantal bloemen dat door Osteospermum planten worden geproduceerd. Bij een andere behandeling worden zowat een bloem geproduceerd als onder invloed van ultrageluid. Het aantal daalt van gemiddeld 12 bij de blanco naar 5 bij ultrageluid, een afname van 58% (fig. 2c). De bloesems van de Hortensia planten worden niet beperkt in hun groei door ultrageluid (fig. 1c). Hoewel de groei van de planten bij de gebruikte behandeling niet wordt geremd, blijkt uit het effect op het aantal bloemen dat ultrageluid toch invloed heeft op de planten die ermee worden behandeld. Mogelijk dat andere frequenties of een andere manier van behandelen, door bijvoorbeeld meerdere malen per dag een behandeling te geven, de methode effectiever kan maken.

Het effect van elektriciteit

De behandeling van planten door het toedienen van spanning waaraan een stroom door de plant gaat lopen bleek in eerste instantie voor problemen te zorgen. Van elke plant was 1 stengel verbonden met de spanningsbron. De gebruikte klemmen om contact met de plantenstengels te maken zorgde voor een zodanige beschadiging van de stengels bij zowel Hortensia als bij Osteospermum planten, dat moest worden besloten om deze stengels (na enigedagen) te verwijderen. Van de controleplanten is daarom ook het aantal stengels teruggebracht naar 2 i.p.v. 3 stengels. De oplossing voor dit probleem is gevonden in de toepassing van een aluminiumring in combinatie met een geleidende pasta die om de stengel werd aangebracht zodat op deze manier een spanning kon worden overgebracht. Daarom is ervoor gekozen om de planten behandeld met elektriciteit niet te vergelijken met de standaard blanco maar alleen met zijn eigen blanco. Dit zijnde plant die welde manchet van aluminium omkregen maar niet werden aangesloten op de spanningsbron. Ook in de hernieuwde proef opzet is ervoor gekozen om 1 van de 2 stengels onder spanning te zetten, omdat uit andere experimenten bij TNO duidelijk is dat aangebrachte potentiaalveranderingen vanuit het stimulatiepunt door de hele plant lopen.

Hortensia

Hortensia planten werden bijna 7% in hun groei geremd ten opzichte van de eigen blanco (fig. 1a). Er was overigens geen lengteverschil tussen de standaard blanco en de 'behandelde' blanco. Opvallend was dat de scherme van de elektrostimulatie blanco (onbehandelde planten) veel groter waren dan die van de standaard blanco (fig. 1c). Dit fenomeen is mogelijk wel het gevolg van het verwijderen van één van de stengels waardoor de plant zijn groei kracht over 2 i.p.v. 3 stengels kan verdelen. Door de behandeling met elektriciteit bleven de bloeischermen 17,7% kleiner nl, 17,7 cm vs 21,5 cm. De spreiding is echter wel vrij fors (fig. 1c).

Osteospermum

Voor Osteospermum geldt dat de elektrostimulatie blanco veel kleiner (meer dan 20%) is dan de standaard blanco (fig. 2a). Dit is waarschijnlijk veroorzaakt door de stress die door de verwonding aan de stengel is ontstaan door het in eerste instantie aanbrengen van een te scherpe klem. De lengte afname ten opzichte van de interne blanco bedraagt bijna 8% (zie ook fig. 2b). Het aantal bloemen daalt van gemiddeld 8 voor de elektrostimulatie blanco naar gemiddeld 5,4 voor de behandelde planten (fig. 2c). Geëxtrapoleerd naar 3 stengels zou dit 8,1 zijn.

Hortensia		
Behandeling	Relatieve groeiremming(%) t.o.v.onbehandeld	Relatieve groeiremming(%) t.o.v.blanco behandeld
Luchtverplaatsing	7.1	-
Trillen	10.8	13.7
Ultrageluid	4.2	-
Elektrostimulatie	6.3	6.6
Tactielebeweging	7.9	-
Onbehandeld	0.0	-
Osteospermum		
Behandeling	Relatieve groeiremming(%) t.o.v.onbehandeld	Relatieve groeiremming(%) t.o.v.blanco behandeld
Luchtverplaatsing	3.7	-
Trillen	29.2	21.2
Ultrageluid	11.1	-
Elektrostimulatie	23.4	7.7
Onbehandeld	0.0	-

Tabel 3: behandelingen,%groeiremming t.o.v.onbehandelde plantenent.o.v.de blanco'svandebehandeldeplanten .

5. Economische overwegingen.

Omeenindruk te krijgen van aanvaardbare kosten voor het toepassen van alternatieven voor groeiremming in de praktijk is een schatting gemaakt van de huidige kosten (chemische groeiremming) per hectare. Hierbij is uitgegaan van een teeltplan met op jaarbasis 1 x hortensia, 1 x Osteospermum en 1 x kerstster, met gebruik van de remmiddelen Alar, Bonzi, CCC en Dazide. Geschatte kosten per hectare bedragen ongeveer €6000,-. Uitgaande van een afschrijving in 5 jaar, zijn bijgebleefde kosten voor groeiremming, de toegepaste investeringskosten in de orde van €25.000,- per hectare.

6. Conclusies

De experimenten om de mechanische perturbatie en andere fysische methoden voor groeiremming bij planten te vergelijken hebben een aantal interessante resultaten opgeleverd. Tabel 4 geeft een overzicht van de verschillende methoden en de (relatieve) mate waarin ze aan verschillende criteria voldoen.

- Bij alle beproefde methoden kon in de test gewassen een bepaald mate van groeiremming te weeg worden gebracht.
- Sommige methoden lijken effectiever te zijn dan andere.
- De gevonden effecten op de twee gewassen zijn niet helemaal identiek. *Voorbeeld hiervan is dat wind bij Hortensia planteneenduidelijke groeiremming oplevert maar bij de Osteospermum planteneenkeleffect had. Een ander voorbeeld is het effect van wind op veroudering dat wel was waarteneen bij Hortensia als gevolg van sommige behandelingen maar niet bij Osteospermum.*
- Het grootste effect op de groei werd bij beide soorten behaald met de trilling brengen van de planten. *Met trilling kon bij beide soorten een significante groeiremming worden veroorzaakt. De methode had geen effect op de grootte van de bloemschermen van Hortensia en het kleinste effect op het aantal bloemen van Osteospermum planten.*
- Ultrageluid heeft een klein effect op de groei van zowel Hortensia als Osteospermum, maar juist een zeer groot negatief effect op de productie van Osteospermum bloemen.
- Tactiele beweging (aanraking) heeft een redelijk, maar duidelijk meetbaar effect op de groei van Hortensia, het beperkt echter ook de grootte van de bloemschermen.
- Luchtverplaatsing heeft de meest geringe groeiremmende werking. Daarbij komt als potentieel groot nadeel dat de planten (in het bijzonder Hortensia) er zichtbaar sneller door verouderen.
- Elektrische spanning heeft een klein maar duidelijk effect op de groeiremming tot gevolg. De grootte van de bloemschermen (Hortensia) en het aantal bloemen (Osteospermum) nemen echter ook significant af.

Gezien het doelende opzet van het uitgevoerde onderzoek kunnen alleen kwalitatieve uitspraken worden gedaan over de effectiviteit van het geteste methoden om

groeiremming te induceren. Op basis van de resultaten kan worden geconcludeerd dat, ondanks het feit dat alle methoden ten minste enige effect lieten zien, een beperkt aantal methoden perspectief biedt voor toepassing in de praktijk. De meest in het oog springende remming werd behaald met het trillen (50 Hz) van de planten (zowel voor Hortensia als Osteospermum). Zeker gezien het feit dat de behandelingslechts 10 minuten per dag werd toegepast met alleen maar één trillfrequentie biedt deze methode veel perspectief voor verfijningenontwikkeling na een volwaardige groeiremmingmethode. Daarnaast heeft deze methode het minste effect op de grootte van de bloem schermen en het aantal bloemen. Naast het trillen bieden methoden als aanraking (tactiele beweging) en elektrische spanningenig perspectief. Beide methoden zijn in de geteste vorm even effectief. Optimalisatie zou hiernog extraremming kunnen opleveren. Zowel luchtverplaatsing als ultrageluid geven groeiremming, maar negatieve factoren als slijtage en sterke vermindering van het aantal bloemen (knoppen) maken deze methoden minder geschikt voor verdere exploratie.

Criteria	Behandelingen				
	Lucht-verplaatsing	Trillen	Elektro-stimulatie	Ultra-geluid	Tactiele beweging
Effectiviteit ¹ (+perspectief)	+/-	++	+	o	+
Bijeffecten ² (+perspectief)	--	+/o	-	--	o
Algemeen toepasbaar ³	-	+	+	-	+
Doseerbaarheid ⁴	+	++	++	+	+
Technisch uitvoerbaar ⁵	+	+	o	-	+
Relatieve kosten ⁶	o	o	+	--	o

Tabel 4: Relatieve beoordeling van de verschillende geteste methoden op verschillende criteria. ¹Effectiviteit: mate van groeiremming bij geteste behandelingsparameters en geschat perspectief voor verbetering door parametersverandering. ²Bijeffecten: ongewenste bijeffecten zoals slijtage en de plant, aantal bloemen etc. geschat perspectief om deze bijeffecten te kunnen voorkomen. ³Algemeen toepasbaar: methode werkt op verschillende gewassen even effectief. ⁴Doseerbaarheid: mate waarin verschillende parameters van de methode kunnen worden gevarieerd, zoals intensiteit, duur, frequentie etc. ⁵Technisch uitvoerbaar: mate waarin de methode eenvoudig (dwz met bestaande apparatuur) kan worden uitgevoerd. ⁶Relatieve kosten: geschatte kosten voor technische installatie (relatief o.v.elkaar). (++) = zeer gunstig, (+) = gunstig, (o) = neutraal, (-) = ongunstig, (--) = zeer ongunstig.

7.Aanbevelingen voor vervolg onderzoek

De bevindingen van het hier gepresenteerde onderzoek in ogenschouwnemend wordt voor vervolg onderzoek het volgende geadviseerd:

- 1. Opzet van semi -praktijkproef waarbij het toepassen van trilling en tactiele beweging verder wordt uitgewerkt /geoptimaliseerd: verschillende intensiteiten, verschillende frequenties, verschillende toedienings duuren -frequentie, meer verschillende gewassen.**
- 2. Studienaar beschikbare en/of eenvoudige construerende trilapparatuur en tactiele aanraking apparatuur ten behoeve van praktische toepassing.**
- 3. Grotere schaalproef in de praktijk waarbij meest optimale trillingen en/of tactiele aanraking worden toegepast.**

8.Literatuur

Albu,N.andSpirchez,C.(1972)Residualeffectofultra -soundconcerningthe height andweightoftheplantandrootofMarquisspeciesofwheat.Cluj -Univ Babes-bolyai Stud-Ser-Biol,1972,17(1):69 -74.

Braam,J.(1992)Touch -inducedregulationofexpressionofthecalmodulin -relatedTCH genesandthigmomorphogenesisinArabidopsis.Curr -plant-sci-biotechnol-agric. Dordrecht:KluwerAcademicPublishers.13:82- 95.

Cipollini,D.F.(1999)Costtofloweringoftheproductionofamechanicallyhardened phenotypeinbrassicainapus.Int.J.Plant.Sci.160(4):735 -741

DesrosiersM.F.andBanddurski,R.S(1988)Effectofalongitudinallyappliedvoltage uponthegrowthofzeamaysseedlings.PlantPhysiol.87:874 -877

Giridhar,GandJaffe,M.J.(198 8)Thigmomorphogenesis:XXIII.Promotionoffoliar senescencebymechanicalperturbationofAvenasativaandf ourotherspecies. PhysiologiaP lantarum74:473 -480

vanIersel,M.(1997)Tactileconditioningincreaseswaterusebytomato.J.Amer.Soc. Hort.Sci.122(2):285 -289

Ishikawa,H.andEvans,M.L.(1990)Electrotropismofmaizeroots.PlantPhysiol.94: 913-918

Jaffe,M.J.andForbes,S.(1993)Thigmomorphogenesis:theeffectofmechanical perturbationonplants.PlantGrowthRegul.12:313 -324.

Niklas,K.J.(1998)Effectsofvibrationonmechanicalpropertiesandbiomassallocation patternofcapsellaburs -pastoris. Annalsof Botany82:147 -156

Appendix

LiteratuurgebruiktvoordestudiemetNederlandstaligesamenvatting:

Plantene nelektriciteit

Desrosiers,M.F.andBanddurski,R.S.(1988)Effectofalongitudinallyapplied voltageuponthegrowthofzeamaysseedlings,;PlantPhysiol.87:874 -877

- Voltagesvan5tot40voltwerdengebruiktom4dagenoudezaailingenvanmaïs onderspanningtezettengedurende3tot4uur. Dezaailingenwaren8cmlang
- Wortelswerdenineenbekerglasmetelektrolytgezet,omdetopeenschuimringmet elektrolytgeplaatst.
- Ervondsignificantegroeiremmingplaats
- Opvallendwasdathetgroeï -inhibitieeffectvandespanningveelsterkerwasindien opdetopeenpositiefpotentiaalwerdgezeti.p.v.negatief.
- Erwerdgebruikgemaaktvaneengelijkstroomapparaat,eentraafodus.
- AlleenbijhethoogstevoltagevondeenveranderingindepHplaats,watdu idtopde disruptievanmembranen.
- Erwerdgeengroeistimulatiegevonden.
- Hoehogordespanninghoesterkerdegroeiremming
- Hoehogordespanninghoeerderdegroeïinhibitieoptreedt.
- Hoemeerinhibitiehoeslechterenlangzamerhetherstel.
- Ervondgeen zichtbareschadeaandeplantenplaats.
- Indezestudiezaalingengebruiktdezonderlicht(dusgeetyoleerd)waren.
- Vooreeneffectmoetminimaal0.625Vpercmwordengeven.
- Redenvaninhibitieisonbekendmaarheeftmogelijktemakenmetauxine.

Ishikawa,H.andEvans,M.L.(1990)Electrotropismofmaizeroots,PlantPhysiol. 94:913 -918

- derichtingvangroeivanbepaaldecelenorganenkanwordenveranderddoor elektriciteit=electrotropismeofgalvanotropisme
- devoorkeursgroeirichtingisspecies afhankelijk.
- Gravistimulatieveranderthetpatroonvanelektrischestroomomdeworteltipende membraanpotentiaalindewortelkap.
- Wortelsrichten zichaltijdnaardepositieveelektrode.
- Mais,elektroden4cmuitelkaarenwortelertussen,in1mMMes.
- Elektrischveldvan6.3tot63V/cm
- Bijhogevoltageswasdekrommingvandewortelsterkmaarbinnen45mintrad inhibitievangroeïop.
- Indiendewortelkapwerdverwijderdnadematevankrommingsterktoe.
- Bijhetwegvallenvandespanningblevendewo rtelstochdegroeïrichtingnaarde positieveelektrodevolgen,vooralbij degenuaarvandewortelkapwasverwijderd.
- Bijeenhogeconductiviteitvandeoplossingtradeensterkekrommingopdanbij oplossingenmeteenlagereconductiviteit,maarertrad ookeerdergroeïremmingop.

- Electrotropisme wordt sterker geïnhibeerddoor auxine.

Botyanski, P. et al. (2001) Influence of direct current upon bud dormancy in grape vine (*Vitis vinifera*). *Bulgarian J. of Agric. Sci.* 7(4-5):373-379 (alleen abstract)

- 60V gelijkstroom gedurende 24 uur, waarbij de anode (+) aan het uiteinde van de stengel (acropetaal) en de anode (-) aan de wortelkant (basipetaal) van een stek werd gezet verbrak de dormantie van de knoppen gedruif.
- Dit was echter afhankelijk van de variëteit en het tijdstip waarop de spanning werd toegediend. Tussen oktober en november werkte de methode goed, maar in december niet meer en zelfs in hibernatie op de lagere knoppen.

Matsou, M. and Uchino, T. (1993) Effect of electric field on culture multiplication of tissue-cultured plant. *J. of the Jap. Soc. Of Agri. Machinery* 55(1):93-100 (alleen abstract)

- mintplantjes werden continue blootgesteld aan een elektrisch veld.
- Zowel DC positief als negatief hoog voltage werd gegeven en het effect op de groei van de plantjes bekeken.
- Er bleek een optimum elektrisch veld sterkte te zijn van 75 kV/m dat groei stimuleert tot gevolg had.
- Opmerkelijk was dat zowel laag als hoog veld sterkte groei-inhibitie veroorzaakte.
- De inhibitie trad vooral op bij de wortels.

Mechanische perturbatie; Thigmomorphogenese, wind, trillen en tactiel

Jaffe, M. J. and Forbes, S. (1993) Thigmomorphogenesis: the effect of mechanical perturbation on plants; *Plant growth regulation* 12:313-324

- planten hebben "zintuigen" en groeimechanismen ontwikkelen om veranderingen in MP waartoe nemen zoals wind, trillen, regen of waterspray, het schuren tegen andere planten of takken, enz.
- reacties kunnen zijn: kleiner blijven, zijwaarts groeien, afname in stressgevoeligheid. Al deze responsen zijn geassocieerd met afname van fotosynthese en toename van respiratie.
- Planten blootgesteld aan wind worden gehard tegen sterke luchtstromen terwijl plant die beschut hebben gestaane grote kans hebben om te scheuren.
- Als bomen worden gestut, zodat er geen MP kan optreden blijkt dat de stammen langer en dunner zijn dan de genedie aan wind zijn blootgesteld.
- Dit geldt ook voor alle andere gewassen, b.v. bonen worden o.i.v. MP beter bestand tegen scheuren en veel minder breekbaar.
- Er ontstaat door MP 2 type biomechanische veranderingen: meer elasticiteit en veerkracht en flexibiliteit. Zeg maar samen met toename van verhouting van het xyleem en celwandpolymeren.
- MP zorgt er ook voor dat plant gehard wordt tegen o.a. droogte en vorststress.

- Opvallend is dat bij MP planten holle stelen niet voorkomen, iets wat bij veel planten normaal voorkomt, waarschijnlijk via de productie van ethyleen.
- Hoe hoger de windsnelheid hoe meer planten worden geremd in hun groei. Wortels worden minder geremd dan scheuten, waardoor een relatief groter worteloppervlak ontstaat en grotere wateropnamecapaciteit. Afname van fotosynthese wordt veroorzaakt door kleinere bladeren en niet door afname van fotosynthese capaciteit. Verder verliezen bladeren van planten gegroeid bij hogewindsnelheden veel minder water per oppervlakte.
- Door MP neemt ABA toe.
- De afname in grootte wordt veroorzaakt door het schudden van de plant.
- Door wind wordt er meer was aangemaakt op blad.
- Ethyleen is zeer waarschijnlijk betrokken bij veel van deze processen.
- Thigmomorfogenese kan verandering geven in het aantal bloemen, vruchten en zaden.
- Alhoewel fotosynthese bij lage windsnelheden toeneemt (1,7 m/s) neemt het bij hogere snelheid na afwijking van de respiratie significant toe. Beide zijn verantwoordelijk voor groeiremming.
- Verschillende plant hormonen spelen een rol bij thigmomorfogenese zoals: IAA, GA die afnemen en ethyleen en ABA die toenemen.
- Door MP worden TCH genen en calmoduline geactiveerd en de floemtransport wordt geblokkeerd.
- Wind hoeft niet erg hard te zijn om plantenteharden.

Erner, Y. and Jaffe, M.J. (1982) Thigmomorphogenesis: the involvement of auxin and ABA in growth retardation due to mechanical perturbation, Plant & cell physiology: 935 -941

- Ethyleen is sterk bij MP betrokken.
- MP veroorzaakt o.a. afname van groei en een toename van de dikte van plantestengels, die voornamelijk beperkt is tot de jonge ontwikkelende internoden.
- Actieve cotylen zijn de voornaamste bron van groeiregulatoren echter, als ze worden verwijderd vinden er nog steeds thigmomorfogenetische effecten plaats.
- Exogeen toegevoegd ethyleen geeft dezelfde effecten als MP. Ethyleen stop het polaire auxin transport.
- In MP en ethyleen planten zijn grotere hoeveelheden auxinen en ABA te vinden en GA neemt af.
- ABA kan soms mogelijk niet alle effecten van MP nabootsen.
- MP stimuleert de aanmaak van celwandgebonden peroxidases, net zoals auxine.
- Ethyleen is het enige plant hormoon dat binnen een paar uur ontstaat na MP, de andere hormonen reageren veel trager.

Biro, R.L. and Jaffe, M.J. (1984) Thigmomorphogenesis: ethylene evolution and its role in the changes observed in mechanically perturbed bean plants, Physiologia Plantarum 62: 289 -296

- MP door wrijven of verwonden veroorzaakt een sterke toename in ethyleen evolutie.

- De hoeveelheid ethyleen die vrijkomt, is afhankelijk van de 'ouderdom' van het gestimuleerde gedeelte en het effect van MP was niet altijd direct gecorreleerd met de hoeveelheid ethyleen.
- Inhibitie van ethyleen of ACC voorkomt MP effecten.
- In deze studie zijn bonenplanten tussen vingers gewreven, 1 maal per dag gedurende 10 dagen.
- Afname lengte van stengel samen met toename in stengeldikte. Opvallend was dat hoe jonger het stengelid hoe groter de groeiremming was.
- Tussen MP en ethyleenvorming lag ongeveer 1 uur verschil gedurende 3 uur aan.
- De vorming van ethyleen ging altijd vooraf aan verandering van radiale celdeling.
- Zowel MP als verwonden veroorzaakt een identiek tijdschema van ethyleenontwikkeling.
- De hoeveelheid gevormde ethyleen bij een behandelingsmethode met zowel MP als verwonding was additief, dus ongeveer 2 maal zo hoog als bij een soortbehandeling.
- In gewaterlogde tomatenplanten wordt ACC gevormd in binneneenpaar uur door de hele plant getransporteerd, waardoor de hele plant ethyleen vormt. Bij MP vindt echter alleen ethyleenvorming plaats op de plaats waar MP plaatsvindt.

Keller, E. and Steffen, K.L. (1995) Increased chilling tolerance and altered carbon metabolism in tomato leaves following application of mechanical stress; Physiologia plantarum 93:519 -525

- Tomaat is een koude gevoelige plant, maar gedurende acclimatisatie kan een gelimiteerde hoeveelheid koudetolerantie worden opgebouwd. Dit gebeurt meestal door koude acclimatisatie. Planten worden korter, kleiner, hebben een lager drooggewicht en donkerder bladeren dan onbehandelde planten.
- Het borstelen van planten wordt bij groente en kamerplanten gebruikt om de hoogte te reduceren (X).
- Geborstelde tomatenplanten werden korter en drooggewicht nam af met 34% en oplosbare suikers en zetmeel met 59% op basis van het drooggewicht.
- Opvallend was dat geborstelde planten veel toleranter waren tegen koude stress waarschijnlijk door een significante hogere PSII efficiëntie.
- Er was minder zichtbare schade aan het blad en sneller hersteld na bij controle planten.
- Bij een koude behandeling gedurende 7 dagen nam bij controle plantende oplosbare suikers 5-voudig toe maar bij geborstelde planten 15-voudig.
- Zowel borstelen als koude behandeling blijkt dezelfde morfologische effecten te hebben op planten. Gesuggereerd wordt dat dezelfde mechanisme opereert tijdens mechanische stress en koude stress, die beide koudetolerantie induceren.
- Tijdens de behandeling gaathet niveau aan suikers omhoog waardoor er een toename van celtuurgoren stabiele celmembranen ontstaan.
- De borstelbehandeling bestond uit het 80 cyclometen houten stok over de toppen van de planten heen en weergaand gedurende 15 dagen, 1 tot 2 uur nadat het licht was aangegaan. Deze behandeling vond plaats na het ontstaan van het 2^{de} echte blad.
- Daarna werden planten gedurende 7 dagen bij 8 -5°C aan koude stress behandeling.
- De fotosynthese van sojaplanten nam door het schudden tijdelijk af (60 min). Door sluiting van de huidmondjes. (X). dit geldt ook voor tomaten (X).

Kraus,E.,Kol loffel,C.andLambers,H.(1994)Theeffectofhandelingon photosynthesis,transpiration,respiration,andnitrogenandcarbohydratecontent ofpopulationofLoliumperenne,PhysiologiaPlantarum91:631 -638

- MPwordtaangeduidalsdeMPdieeenplantom te meten ondervindt tijdens het meten van blad enz.
- Ook van de handeling die nodig zijn om een plant te meten ondervindt een plant dus MP.

Cipollini,D.F.(1999)Costtofloweringoftheproductionofamechanically hardenedphenotypeinbrassicanapus.Int.J. Plant.Sci.160(4):735 -741

- dosesafhankelijke effecten van MP op de groei en ontwikkeling van koolzaad in een kas onderzocht.
- Groei methode van de planten in de kas wordt beschreven.
- 0,10,20,30 of 40 keer per dag werd over de toppen van zaailingen met een bamboe stok heen en weer gestreken gedurende 35 dagen. 30 aaien per minuut tussen 11:00 - 12:00 uur. Bovende 40 maal ontstond schade aan de bladeren. Eenmaal in bloei werd de planten handmatig gebogen om schade aan de knoppen en bloemen te voorkomen.
- Gemeten zijn: stengel, blad, en wortels, hoogte, aantal bloemen.
- Lengte en wortel massa en aantal bloemen namen lineair af na het wijden van de stengeldiameter lineair toenamen de doses afhankelijk wijze.
- Verdere vertraging van de groei en bloei plaats.
- Blad oppervlak, blad massa en stengel massa namen wel af maar niet lineair.
- Door MP ontstonden met een toename van de doses steeds kortere, radiaal dikkere en meer compacte en sterkere planten.
- Door vertraging van de bloei en de afname van het aantal bloemen is aantallen en de fitness van de plantenerook onderlijdt. (andere auteurs beweren overigens ook dat de fitness juist gemaximaliseerd wordt)
- MP kan een plant mechanisch wel sterker maken maar de allocatie van bouwstoffen voor versterking kost ook energie, hetgeen is te zien in een verminderde grootte, blad oppervlak, biomassa en vrucht productie.
- Door MP treedt groei vertraging op en een reductie in bloemen en vruchten.
- Uit de experimenten blijkt dat 20 aaien per dag een soort optimaal resultaat geeft. (dit is waarschijnlijk wel plantafhankelijk. RM)
- Bloei en plantontwikkeling werd 1 dag vertraagd per 10 aaien/buigingen.
- Hetaantal bloemen nam af met 2 bloemen per 10 aaien/buigingen.
- Toename van de stengel was in versgerelateerd aan de plantontwikkeling en bloei.

Cleugh,H.A.,Miller,J.M.andBohm,M.(1998)Directmechanicaleffectsofwindon crops,AgroforestrySystems,41:85 -112

- wind beïnvloedt de groei en opbrengst van gewassen.

- Groeisnelhedenbladmorfologie worden anders, alhoewel het onwaarschijnlijk is dat wind de hoofdoorzaak is van het verschil in groei tussen beschutten en onbeschut groeiende planten.
- Vormen van MP. Sterke wind kan bladeren scheuren. Hoge groeidichtheid verhoogt de kans op schuren en wrijven. Gronddeeltjes kunnen als schuurmiddel werken.
- Wind veroorzaakt veranderingen in anatomie en morfologie zoals dikkere en kleinere bladeren en afname van lengte van de plant. Deze toename van materiaal is een direct gevolg van het bewegen van de plantdelen. Veel soorten worden kleiner en hebben toename van mechanische eigenschappen door schudden of aanraking. Planten verschillen in gevoeligheid voor MP, soms is de hoeveelheid mechanische stimulatie erg klein om al een duidelijk effect te sorteren.
- Planten in een kas groeien zowel in de zomer als in de winter. Totale afwezigheid van wind of MP is.
- Bij een constante blootstelling aan hoge windsnelheden worden de assimilaten omgezet in stengelen wortels i.p.v. in blad. Om een aantal voorbeelden te geven: Populierbladafname van 50% bij een windsnelheid van 6m/s en 70% bij 10m/s: boon, 40% kortere stengel bij 4,7m/s gedurende 10sec, 50% bij 30sec. pas na 3 dagen was er weer sprake van een normale groeisnelheid. Bij courcubit was bij een gelijke MP 37% groei remming waartoe nemen. Bij tomaten werd elke dag 30sec c. gewaaid gedurende 35 dagen waardoor planten 58% korter waren dan de controle groep tomaten die elke dag 10sec. geschud werden hadden een groei remming van 5% per week.
- Beweging heeft een onmiddellijk effect op groeiregulatoren bij planten en groeiko mt onmiddellijk tot stilstand. Herstel kan dagen duren. De drempel waarde voor MP is vaak verrassend laag.

van Iersel, M. (1997) Tactile conditioning increases water use by tomato. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 122(2): 285 - 289

- controle van lengte van groente en sierplanten kan plaats vinden d.m.v. 2 soorten mechanische conditionering: tactiele en non-tactiele stimulatie.
- Tactiele MP bestaat uit het geven van mechanische stress d.m.v. wrijven of borstelen van de scheuten van de plant.
- Non-tactiele MP bestaat uit schudden van potplanten of blazen van lucht. Beide methoden beïnvloeden lengte van de planten.
- Tactiele MP heeft bewezen effecten op komkommer, eierplant, squash, tomaat en watermeloen. Verder is er een vermindering van detripsen luizen populatie waarna een opgroei door borstelen van planten.
- Behandeling: tomaat, 1 l dap, 2 maal 40 strijken met een houten stok over 1/3 van de toppen van de plant gedurende 39 dagen.
- Lengte nam af met 32%, bladoppervlak 34%, scheut dw met 29%, bladconductiviteit nam 35% toe.
- Door andere auteurs zijn ongeveer dezelfde waarden gevonden d.m.v. non-tactiele stimulatie (schudden).
- Ertradepinastie op door MP.

Garner, L.C. and Bjorkman, T. (1997) Using impedance for mechanical conditioning of tomato transplants to control excessive stem elongation/HortScience 32(2):227 - 229

- onderzocht het effect van het plaatsen van een plastic film dat gespannen overeen frame van plastic buizen gevuld met zand en een bepaalde druk op de stengel van de plantengeeft.
- Het bleek dat alleen effectief te zijn in die ene druk van 66 N/cm werd gegeven en alle gedurende 15 uur.
- Planten werden door de behandeling 1,5 - 2 cm inelkaar gedrukt.
- Hetzelfde effect kon bereikt worden door planten gedurende 15 tot 30 sec. te borstelen.
- Blijkbaar is groeiverhinderende een veel zwakker mechanische stimulus dan b.v. aaien of borstelen.
- Opvallend was dat alleen bij het toepassen van de drukbehandeling er adventief wortelvorming optrad.
- Ziekte tot de conclusie dat de methoden niet echt praktisch toepasbaar is.

Niklas, K.J. (1998) Effects of vibration on mechanical properties and biomass allocation pattern of capsella bursa-pastoris. Annals of botany 82:147 - 156

- gekeken is naar de invloed van MP d.m.v. vibreren met een elektrische tandenborstel gedurende 60 sec., 250 Hz. per dag en 49 dagen lang.
- De tip van de tandenborstel werd omhuld met een schuimrubber om beschadiging van de epidermis van de plant te voorkomen. De uitgeoefende druk was zodanig dat de hele plant vibreerde. De zijdelingse beweging van de plant was tussen de 0,3 en 1,2 cm.
- De planten hadden een groter wortelsysteem en minder vegetatieve groei en een grotere weerstand tegen breken. De planten hadden ook een lager drooggewicht en afname van reproductieve organen en vertraging in ontwikkeling.
- De stengels van de planten waren 30% korter, 12% dikker, de wortels 15% dikker en produceerde 43% minder zaden. Planten liepen gem. 5 dagen achter in ontwikkeling terwijl de veroudering 8 dagen eerder begon.

Giridhar, G. and Jaffe, M.J. (1988) Thigmomorphogenesis: XXIII. Promotion of foliar senescence by mechanical perturbation of *Avena sativa* and four other species. Physiologia plantarum 74:473 - 480

- naast de bekende respons op MP zoals afname van lengte en toename van radiale groei worden ook de ontwikkeling van bloei, fototropisme, celstrekking en celdeling beïnvloed.
- Veroudering is een normaal fenomeen bij planten en wordt gereguleerd door externe factoren als temperatuur, licht, water, enz.
- Veroudering van blad is zichtbaar als afname van de hoeveelheid chlorofyl (chl), proteïne, RNA, DNA, en een toename van hydrolytische enzymen.

- Het is al eerder opgevallend dat bladeren van planten die MP ondergaan eerder verouderen.
- Gekekennaar de effecten van MP op maïs, haver, boon, pompoenen klis.
- MP=10 maal per wrijven van de stengel tussenduimen wijsvinger, hoeveel dagen dit is gedaan wordt niet aangegeven. De zaailingen werden over het algemeen de behandeling afgesneden en in het donker gelegd om het effect op afname van Chl te bekijken.
- Behandelde bonen planten verliezen meer Chl en proteïnen dan de controle planten, met name in het donker. Na 3 dagen bevatte de behandelde 40% minder Chl. Voor maïs was dit 20%. Conclusie is dat MP veroudering stimuleert.
- Hoe meer MP hoe sneller er veroudering optreedt. 10 Maal wrijven was de maximale stimulatie voor eiwitafname, maar voor Chl nam de afname nog toe met 20 maal.
- Ethephonen ACC versterkte het verlies van Chl slechts marginaal bij zowel de behandelde als de controle planten. Kinetine vermindert de veroudering zeer sterk van zowel de behandelde als de controle planten. Hetzelfde gold voor ABA (in mindere mate) en CHI (cycloheximide).
- Licht vertraagde het verlies van chl en eiwit van voor de controle planten, i.p.v. 3 uur de 6 dag en voordat er veroudering optrad. Voor MP plantentrad er wel verlies van Chl op, ook in het licht.
- Er was eenduidelijk waarneembaar verschil in veroudering tussen verschillende planten. Maïs bijvoorbeeld behield 4 dagen zijn Chl terwijl bij haver al 75% afname was gemeten. Ondanks dat planten in het donker vrij snel verouderend de zelfde verschijnselen ook op in het licht, zelfs bij kasplanten.
- De ontwikkeling van het plant hormoon ethyleen wordt vaak geciteerd als de hoofd factor van bladveroudering. Volgens auteur is het niet de controle rendefactor maar draagt ethyleen bij aan versnelling van het proces als gevolg van MP.

Stokes, A., Nicoll, B. C., Coutts, M. P. and Fitter, A. H. (1997) responses of young Sitka spruce clones to mechanical perturbation and nutrition: effects on biomass allocation, root development, and resistance to bending. Can. J. for. Res. 27: 1049 - 1057

- er wordt een methode beschreven van een plantenschudmachine.
- De machine werd speciaal voor dit experiment geconstrueerd en bestond uit een frame van 3.2*8.0 meter en 27 cm hoog op wieltjes zodat het eenen weer kon rijden. In dit frame lagen 16 dwars balken waarin planten konden worden gezet. De machine werd aangedreven door een elektromotor met 0.62 Hz (37.2 tpm) en de uitslag was 5.5 mm (fig. 1).
- De visuele indruk was dat de planten veel minder bewogen dan normaal (in een veld situatie neem ik aan, de beweging was nogal traag RM).
- De planten werden gedurende 196 dagen gedurende 12 uur per dag geschud, van 9:00-15:00 en van 21:00 -3:00
- Het effect was een significant toename van de wortel massa, grove versus fijne wortel ratio en wortel snamen meer in diameter toe in de laterale dan in horizontale richting.

Appendix: concept projectomschrijving fase 2

Projectvoorstel Onderzoek
CONCEPT



1. Datum: 24-9-2003
2. Projecttitel: "groeiremming met niet-chemische methoden" fase 2 (a, b)
3. Onderzoek aangevraagd door: TNO Toegepaste Plantwetenschappen en DLV Facet
4. Projectleider: Dr. B. van Duijn
Adres: TNO-TPW, Wassenaarseweg 64, 2333 AL
Leiden
Tel.nr: 071-5274742
Fax nr: 071-5274863
E-mailadres: b.vanduijn@voeding.tno.nl
5. Overige uitvoerende instanties: DLV Facet
6. Intern projectnummer (onderzoekinstelling):
7. Looptijd
Totaal: Fase 2a: 8 maanden, Fase 2b: 14 maanden
Begindatum: z.s.m.
Einddatum: 22 maanden na aanvang
Tijdstip evt. go/no-go: Na fase 2a; 8 maanden na aanvang
beslismoment(en):

8. Gewassen: Hortensia, Osteospermum, Kerstster

9. Probleemstelling: Groeiremming is bij verschillende siergewassen in de tuinbouw een belangrijk aspect in de teelt. Gedurende donkere perioden hebben planten de natuurlijke neiging om te strekken en dus slap te worden. Maar ook in perioden met veel licht en sterke fotosynthese vindt er veel ongewenste strekkingsgroei plaats. Dit geldt ook voor bloemstengels die dan gemakkelijk breken of omvallen. Voor sommige soorten geldt dat groeiremming nodig is om bloemknopvorming te induceren (bijvoorbeeld seringen). Door groeiremming worden planten bossiger en compacter, aspecten welke ook esthetische en economische (bijvoorbeeld ten aanzien van vervoerskosten) belangen dienen. Groeiremming vindt onder andere plaats met behulp van chemische

remmiddelen. In de nabije toekomst zullen er, sectorbreed, in de gehele plantenteelt problemen ontstaan omdat het gebruik van chemische groeiremmers steeds meer wordt terug gedrongen door regelgeving. Om deze problemen het hoofd te bieden hebben TNO Toegepaste Plantwetenschappen en DLV Facet in opdracht van het Productschap Tuinbouw het project **“groeiremming met niet-chemische methoden” fase 1** (PT project nr 11.422) uitgevoerd. Binnen dit project zijn een aantal verschillende methoden op geschiktheid als alternatief voor groeiremming onderzocht bij Hortensia en Osteospermum planten. Zoals in de projectomschrijving van het fase 1 project is omschreven zal het vervolg zich richten op die methoden die het grootste perspectief bieden. De resultaten van fase 1 geven aanleiding om het vervolg onderzoek uit te voeren. Verschillende behandelingen (nog niet geoptimaliseerd) laten zeer significante groeiremming zien. Uit de experimenten en analyses van het fase 1 onderzoek komt naar voren dat “trillen” en “tactiele beweging” behandelingen zijn die de grootste kans van slagen hebben om uitgewerkt te worden naar een in de praktijk bruikbare methode. Voor gesteld wordt om fase 2 in twee delen op te splitsen:

Fase 2a: Optimalisatie experimenten (semi-praktijk) van zowel de “trilling” als de “tactiele beweging” behandelingen bij een drietal gewassen (hortensia, osteospermum, kerstster). Betrekken van een aantal machinebouwers/ bedrijven bij het project voor het uitvoeren en bouwen van apparatuur voor grootschalig praktijkexperiment in fase 2b. Economische evaluatie van de geoptimaliseerde methoden voor praktijk toepassing (inclusief apparatuurkosten evaluatie i.s.m. bedrijven). Go/No-go beslissing

Fase 2b: Experiment in de praktijk waarbij op grotere schaal de meest geschikte methoden in de praktijk situatie worden getoetst.

10. Doelstelling(en) en afbakening: Voor een effectief toepasbare groeiremming is een niet-chemische methode gewenst die gedurende een beperkte tijd in het groeiseizoen toegepast kan worden. Het voorgestelde onderzoek heeft als doel een dergelijke methode te ontwikkelen

11. Te verwachten resultaten:

Een in de praktijk toepasbare en geteste methode die met behulp van niet-chemische behandeling van planten leidt tot groeiremming in die perioden dat de teeltomstandigheden daarom vragen.

12. Bestaande kennis:

Zowel uit de literatuur, maar met name uit het fase 1 onderzoek, is nu veel kennis op gedaan over de verschillende mogelijkheden voor niet-chemische groeiremming. Uit het fase 1 onderzoek is naar voren gekomen welke methoden de beste perspectieven bieden en hoe deze toegepast kunnen worden. Hierbij wordt verwezen naar het projectverslag “groeiremming met niet-chemische middelen (eerste fase)”.

13. Plan van aanpak:

Activiteiten fase 2a	Uitvoerende instellingen
Ontwerp proefopzet	TNO / DLV
Uitvoeren experiment	TNO
Beoordeling planten	DLV
Betrekken apparatuur constructie bedrijven	TNO/DLV
Economische berekening methodes	DLV/Bedrijven
Project management	TNO
Tussenrapportage/ vervolg opzet voor 2b	TNO / DLV
Activiteiten fase 2b	
Praktijk experimenten	TNO/DLV/Bedrijven
Eindrapportage/ Traject tot implementatie	TNO/DLV/Bedrijven

Fase 2a:

Een semi-praktijk experiment zal worden uitgevoerd waarbij de twee meest perspectief biedende methoden uit fase 1 (trillen en tactiele beweging) worden onderzocht op optimalisatie bij drie verschillende gewassen (hortensia, osteospermum en kerstster). Variabelen die worden onderzocht zijn:

Intensiteit van de behandeling, trilfrequentie (bij trillen), aantal herhalingen per dag van de behandeling, duur van de individuele behandeling.

Daarnaast zullen verschillende bedrijven die apparatuur zouden kunnen leveren voor de toepassing in de praktijk worden betrokken bij het project (zowel voor deelname in fase 2b, als voor het geven van inzicht in praktijkapparatuur kosten).

Aan het eind van fase 2a zullen de methoden worden geëvalueerd op basis van mate van groeiremming die in de geoptimaliseerde toepassing kan worden bereikt, de praktische implementatie aspecten en de economische aspecten.

Fase 2b: Op basis van de bevindingen in fase 2a zullen grootschaliger experimenten in de praktijk worden uitgevoerd bij mogelijk twee of drie verschillende gewassen bij telers. In deze fase zal nauw worden samengewerkt met bedrijven die apparatuur construeren die kan worden ingezet ter inductie van groeiremming op grote schaal (te organiseren in fase 2a). De resultaten van zowel fase 2a als 2b zullen leiden tot een eindevaluatie waarin zowel de methoden (protocol) voor optimale niet-chemische groeiremming, de technische uitvoering mogelijkheden en de economische aspecten zullen worden belicht. In samenspraak tussen de sector, constructiebedrijven en de projectuitvoerders zal een traject tot implementatie in de praktijk worden vastgesteld.

14. Beoordelingscriteria go/no-go beslismoment:

Go/no-go moment na afronding fase 2a (8 maanden na start). Criteria: mate van groeiremming die kan worden bereikt in de geoptimaliseerde behandeling, economische aspecten (kosten behandeling), bereidheid tot deelname van (apparatuur)constructiebedrijven voor fase 2b.

15. Kennisoverdracht:

Het resultaat van dit project zal beschikbaar zijn voor de hele sector. Hiertoe zal er regelmatig inzicht worden gegeven in het onderzoek middels lezingen en excursies. Tevens zullen de resultaten breed worden uitgedragen via artikelen en lezingen.

16. Data rapportages:

Naast de gebruikelijke halfjaarsrapportages en de eindrapportage stelt het consortium het op prijs om nauw contact te hebben met de telers. Hiervoor zijn enkele momenten per fase ingebouwd. Daarnaast vindt er overleg met de door het Productschap Tuinbouw aan te wijzen begeleidingscommissie plaats.

Productschap  Tuinbouw