Waterstressmetingen bij peer

Verkennende studie naar toepassingen waterstressmetingen aan perenbomen voor wortelsnoei en irrigatie

Frank Maas

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.

Sector Fruit

December 2006

Rapportnr.
2006-10

© 2006 Wageningen, Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.
Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Praktijkonderzoek Plant & Omgeving.

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V. is niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen die kunnen ontstaan bij gebruik van gegevens uit deze uitgave.

Rapportnummer 2006-10; € 15,-



Projectnummer: 32 610240 00

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.
Sector Fruit
Adres : Lingewal 1, 6668 LA Randwijk
Postbus 200, 6670 AE Zetten
Tel. : 0488 - 47 37 00
Fax : 0488 - 47 37 17
E-mail : infofruit.ppo@wur.nl
Internet : www.ppo.wur.nl

© Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V

Inhoudsopgave

pagina

SAMENVATTING 5

1 INLEIDING 7

2 PROEFOPZET 9
2.1 Plantmateriaal 9
2.1.1 Proef 2002 9
2.1.2 Proef 2003-2005 10
2.2 Meetapparatuur 11
2.2.1 Verplaatsingsopnemers 11
2.2.2 Digitale schuifmaat 11
2.2.3 Watermarksensoren 11
2.2.4 Temperatuur 12
2.2.4.1 Luchttemperatuur 12
2.2.4.2 Bodemtemperatuur 12
2.2.5 Luchtvochtigheid 12
2.2.6 Dampdrukdeficit 12
2.2.7 Datalogger 12
2.3 Wortelprofiel 12
2.4 Waarnemingen 12
2.4.1 Vruchtproductie 12
2.4.2 Scheutgroei en diktegroei stam 12
2.4.3 Vruchtkwaliteit 13
2.5 Dataverwerking 13

3 RESULTATEN 15
3.1 Dynamiek stam- en vruchtgroei Conference 15
3.1.1 Proef 2002 15
3.1.2 Proef 2003-2005 18
3.2 Metingen vochtspanning bodem 25
3.3 Wortelprofiel 27

4 DISCUSSIE 29
4.1 Gebruiksmogelijkheden en betrouwbaarheid meetapparatuur 29
4.1.1 Verplaatsingsopnemers 29
4.1.2 Watermarksensoren 30
4.2 Toepasbaarheid resultaten 30

5 CONCLUSIES & AANBEVELINGEN 31

6 DANKWOORD 33

7 GERAADPLEEGDE LITERATUUR 35

© Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V

Samenvatting

Van 2002 tot en met 2005 is onderzocht of met behulp van sensoren de mate van waterstress die een 'Conference' perenboom ervaart kan worden bepaald door de dagelijkse krimp die de stam van de boom vertoont. Behalve de dagelijkse krimp van de stam werd ook bepaald hoe het dagelijkse patroon in diktegroei van de vrucht verloopt en hoe deze dagelijkse patronen samenhangen met de klimatologische omstandigheden in de boomgaard en de vochtspanning in de bodem. Tevens is onderzocht welke invloed wortelsnoei had op deze patronen. Naast het verkrijgen van een beter inzicht in het patroon van vruchtgroei had het onderzoek ook tot doel om de bruikbaarheid van de dagelijkse krimp van de stam als maat voor het watergeven of effectiviteit van wortelsnoei te onderzoeken.

De diktegroei van de stam en de vruchten van perenbomen vertonen een dagelijkse ritmiek. Zodra gedurende de dag door zonnestraling de temperatuur stijgt en de boom gaat verdampen door een toename van het dampdrukverschil (VPD) tussen waterdamp in het blad en de omgevingslucht, neemt de diameter van de stam af en stopt de diktetoename van de vrucht. Pas wanneer aan het einde van de dag de instraling afneemt en de VPD daalt neemt de stamdiameter weer toe en herstelt ook de vruchtgroei zich. De maximale dagelijkse krimp (MDK) in stamdiameter vertoont een rechtlijnig verband met het VPD. De diktegroei van de peren was omgekeerd evenredig aan de MDK in stamdiameter en varieerde van ongeveer 0,5 mm per dag bij een MDK van 0,6 mm tot 0,8 mm per dag bij een MDK in stamdiameter van 0,1 mm. Echter, gemeten over de periode mei tot september was de diktegroei van Conference peren vrijwel lineair en werd deze voornamelijk bepaald door het aantal vruchten per boom en niet betrouwbaar door uitgevoerde wortelsnoeibehandelingen of watergifte van de boom. Bij een drachtniveau van 100 vruchten per boom bedroeg de diktegroei van de peren van 4-takker geplant op 3,00 x 1,09 m 0,48 mm per dag. Per 10 peren meer of minder nam de diktegroeisnelheid van de peren achtereenvolgens met 0,012 mm per dag af of toe.
Gedurende een etmaal bleken de peren alleen te groeien tijdens uren dat de boom over voldoende water beschikte en er geen krimp van de stam optrad tengevolge van een groter waterverlies via verdamping door de bladeren dan wateropname via de wortels.
De verschillende behandelingen met wortelsnoei en watergifte toegepast tijdens het onderzoek hadden een veel groter effect op de toename in stamdiameter en scheutgroei dan op de productie en het vruchtgewicht van de peren. Wel is gebleken dat wortelsnoei tot peren met een iets minder groene achtergrondskleur kan leiden.

De gebruikte sensoren bleken onder Nederlandse teeltomstandigheden erg gevoelig voor storingen. De verplaatsingsopnemers moesten zeer regelmatig opnieuw worden bevestigd aan de stam of vruchten en waren ook corrosiegevoelig. De door de dataloggers geregistreerde waardes van de watermarksensoren bleken binnen enkele maanden zeer onbetrouwbaar. Grote afwijkingen werden vastgesteld ten opzichte van de waardes bepaald met de handmatige uitlezing van de watermarksensoren. Bovendien bleek de levensduur van de sensoren aangesloten op de dataloggers zeer sterk te worden bekort door het elektronische circuit via welke zij aan de dataloggers waren aangesloten. Vanwege deze technische problemen konden geen goede verbanden worden gelegd tussen de vochtspanning in de bodem en de MDK in stamdiameter bij de verschillende behandelingen met wortelsnoei en irrigatie. Aanvullend onderzoek is nodig om een grenswaarde te bepalen voor de MDK van de stam waarbij irrigatie dient te worden gegeven om onherstelbare achterstand in vruchtgroei te vermijden.

© Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V

1 Inleiding

Groeibeheersing is een noodzakelijke voorwaarde om in de teelt van Conference bomen te verkrijgen die jaarlijks een hoge productie van kwalitatief goede peren leveren. Zonder goede groeibeheersing vormen de bomen te veel en te lange scheuten. Dit leidt tot te weinig licht in de boom waardoor de vruchtkwaliteit vermindert en minder en kwalitatief slechtere bloemknoppen worden aangelegd.

Tot maart 2001 hadden fruittelers in Nederland de beschikking over de chemische groeiregulator CCC waarmee de scheutgroei van hun bomen goed kon worden geremd en de bloemknopvorming werd bevorderd. Mechanische methoden voor groeiremming als het inzagen van de stam en het afsnijden van wortels (wortelsnoei) zijn de alternatieve methode voor groeiremming geworden in de Nederlandse perenteelt vanaf het moment dat duidelijk werd dat het gebruik van CCC zou worden verboden.
Het toepassen van wortelsnoei vereist kennis van het normaal niet voor het oog zichtbare deel van de boom, het wortelstelsel. Vragen die spelen bij het toepassen van wortelsnoei zijn:

1. hoe ziet het wortelstelsel van de boom er uit, hoe breed en diep wortelt de boom?
2. welk deel van het wortelstelsel moet worden weggesneden om de groei te remmen zonder dat de productie negatief wordt beïnvloed?
3. hoe wordt vruchtzetting, vruchtgroei, vruchtkwaliteit en bloemknopontwikkeling beïnvloed door wortelsnoei?
4. op welk manier (afstand, type mes, éénzijdig of tweezijdig, etc.) kan wortelsnoei het best worden uitgevoerd?
5. wat is het optimale tijdstip in het seizoen voor het toepassen van wortelsnoei?
6. moet watergifte worden aangepast bij wortelsnoei?
7. moet bemesting worden aangepast bij wortelsnoei?

Het lijkt zeer aannemelijk dat met het afsnijden van een deel van het wortelstelsel de opnamecapaciteit voor water en nutriënten van de boom wordt beperkt. In de praktijk wordt ook algemeen geadviseerd om alleen wortelsnoei toe te passen op percelen waar kan worden gefertigeerd of ieder geval water gegeven kan worden.

Door een beperking van de wateropname zal een boom sneller symptomen van waterstress gaan vertonen. De vraagstelling van het in dit rapport beschreven onderzoek is of de mate van dagelijkse krimp in stamdiameter een bruikbare parameter is om een uitspraak te doen over:

- de mate van waterstress die een boom ondervindt;
- de effectiviteit van een uitgevoerde wortelsnoeibehandeling;
- de bruikbaarheid voor het regelen van de irrigatie van de bomen

Tevens is onderzocht of er een verband bestaat tussen de dagelijkse krimp in stamdiameter en de vruchtgroei bij peer.

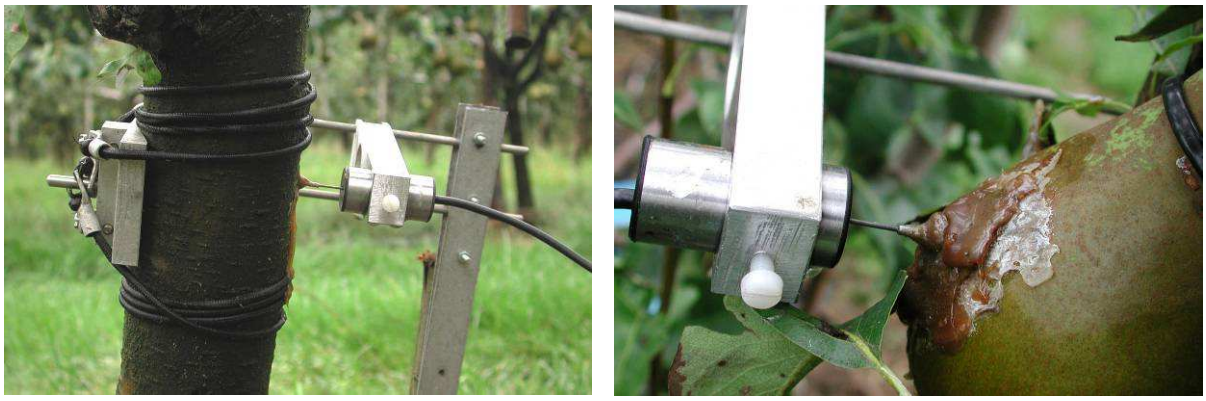
© Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V

2 Proefopzet

2.1 Plantmateriaal

2.1.1 Proef 2002

In 2002 werd de proef uitgevoerd op in 1997 als tweejarige bomen geplante Conference op Kwee MC. De plantafstand bedroeg 3,5 x 1 m. De bomen zijn opgekweekt als een V-haag van viertakkers. Doyenné du Comice diende als bestuiverras. Naast iedere boomrij Conference stond een rij Doyenné du Comice
De meetapparatuur werd op tussen eind mei en begin juni in het veld geplaatst. Bij in totaal 6 waarnemingsbomen verdeeld over de drie herhalingen van de twee behandelingen van de groeibeheersingsproef (onbehandeld en wortelsnoei) werd een verplaatsingsopnemer geplaatst op de stam van de boom op circa 30 cm boven de veredeling en aan een vrucht (figuur 1).



Figuur 1. Verplaatsingsopnemer voor continue registratie stam- (links) en vruchtdiameter(rechts).



Figuur 2. Wortelsnoei met recht mes

Wortelsnoei vond plaats op 26 juni en op 8 juli. Op 26 juni werd de wortelsnoei uitgevoerd met een verticaal mes dat tot 40 cm diepte op 35 cm vanaf de stam in de rijrichting langs de boom werd getrokken (figuur 3) en op 8 juli 2002 met behulp van een selectieve boomrooimachine uitgerust met een halfcirkelvormig mes met een straal van 30 cm (figuur 3). Door het mes vanaf één zijde op 30 vanaf de stam van de boom tot recht onder de boom door de grond te laten snijden werd door deze machine 50% van de wortelkluit afgesneden op een afstand van 30 cm van de stam. Beide wortelsnoeibehandelingen werden uitgevoerd aan dezelfde bomen en vanaf dezelfde zijde van de boom.



Figuur 3. Selectieve rooimachine gebruikt voor wortelsnoei

2.1.2 Proef 2003-2005

In 2003 werd een nieuwe proef gestart op in 1999 als tweejarige bomen geplante Conference op Kwee MC met tussenstam Doyenné du Comice. De bomen zijn geplant op 3,00 x 1,09 m en opgekweekt als een V-haag van viertakkers. Begin juni werd de meetapparatuur in het veld geplaats. Bij in totaal 12 waarnemingsbomen verdeeld over 4 behandelingen werd een verplaatsingsopnemer bevestigd aan de stam op ongeveer 30 cm boven de entplaats met de tussenstam. De in 2003 uitgevoerde behandelingen waren:

1. Optimaal water, geen wortelsnoei
2. Optimaal water, wortelsnoei
3. Geen water, geen wortelsnoei
4. Geen water, wortelsnoei

Bij optimaal water kregen de bomen via druppelleiding water als de gemiddelden vochtspanning van de bodem gemeten tussen 2 bomen op de zwartstrook met watermark sensoren op 35 en 75 cm diepte groter was dan 30 kPa (tijdens eerste 6 weken na bloei en vanaf 12 weken na bloei) of 80 kPa (6 tot 12 weken na bloei).

Wortelsnoei werd uitgevoerd in februari 2003 verticaal met een ca. 35 cm lang recht mes op 25 tot 30 cm vanaf de stam aan beide zijden van de boomrij.
In 2004 werd de proef uitgevoerd met dezelfde waarnemingsbomen als in 2003, maar met een aangepaste behandeling ten opzichte van 2003 (zie tabel 1).
De proefopzet van 2004 werd in 2005 herhaald wat betreft de watergifte, maar wortelsnoei werd in 2005 niet toegepast (zie tabel 1).

Tabel 1. Behandelingschema proefveldjes

Jaar	2003		2004		2005	
Proefveldjes	wortelsnoei	water	wortelsnoei	water	wortelsnoei	water
1A, 1B, 1C	-	+	-	-	-	-
2A, 2B, 2C	-	-	+	-	-	-
3A, 3B, 3C	+	+	-	+	-	+
4A, 4B, 4C	+	-	+	+	-	+

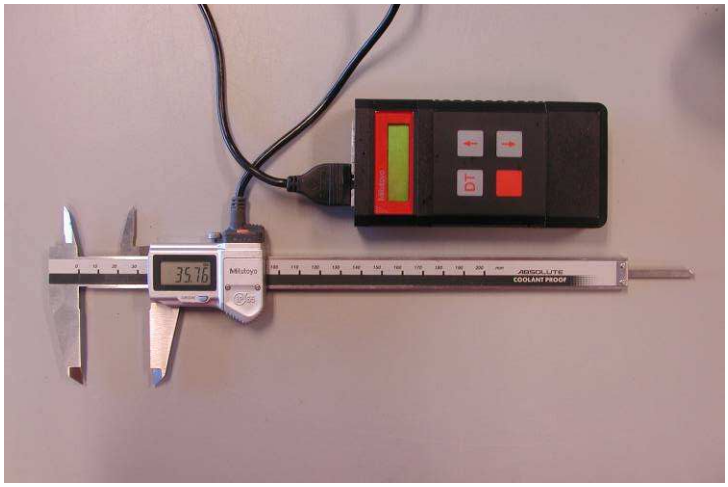
2.2 Meetapparatuur

2.2.1 Verplaatsingsopnemers

Voor het continu meten en registreren van de dikte van de stam en de vruchten van Conference peren is gebruikt gemaakt van *Linear Voltage Displacement Transducers (LVDT's)* van Progres S.A., Llerida, Spanje (www.progres-spain.com). De LVDT-sensor bestaat uit een metalen stift die deels binnen een cilindervormige spoel kan heen en weer bewegen. Beweging van het meetstaafje in de spoel leidt tot een verandering van de stroomspanning die afhankelijk is van de mate van verplaatsing. Voor het meten van de veranderingen in de diameter van de stam en vrucht van Conference werden de spoelen van de LVDT-sensoren gefixeerd in een houder gemaakt van INVAR, een metaallegering die ongevoelig is voor veranderingen in temperatuur, en werd het naar buiten stekende deel van het meetstaafje met entwas vastgeplakt aan de stam of de wang van de vrucht (figuur 1).

2.2.2 Digitale schuifmaat

Voor het bepalen van de diktegroei van de vruchten werd in 2003, 2004 en 2005 gebruik gemaakt van een digitale schuifmaat en bijbehorende datalogger (Mitutoyo Nederland BV, Veenendaal) (figuur 4). Hiermee werd wekelijks de diameter van 25 gemerkte vruchtjes per waarnemingsboom gemeten gedurende de periode juni tot aan de oogst in september.



Figuur 4. Digitale schuifmaat en datalogger

2.2.3 Watermarksensoren

Voor het registreren van de vochtspanning in de bodem is gebruik gemaakt van watermarksensoren ingegraven in de zwartstrook halverwege de afstand in de rij tussen 2 bomen op een diepte van 35 en 75 cm aan weerszijde van een boom.

2.2.4 Temperatuur

2.2.4.1 Luchttemperatuur

De luchttemperatuur in de boomgaard werd gemeten met behulp van Progress temperatuursensoren gemonteerd in het meetkastje van de luchtvochtigheidsmeter. Deze meting van de luchttemperatuur vond plaats op ca. 1,5 hoogte in het midden van de V-haag peren.

2.2.4.2 Bodemtemperatuur

De temperatuur in de grond werd gemeten met hetzelfde type sensor als de luchttemperatuur op dezelfde diepte van 35 en 75 cm als de vochtspanning van de bodem.

2.2.5 Luchtvochtigheid

De relatieve luchtvochtigheid werd gemeten met een Progress luchtvochtigheidsmeter gemonteerd in een geventileerd meetkastje op circa 1,5 m hoogte in de boomrij.

2.2.6 Dampdrukdeficit

De verdamping van water door bladeren wordt bepaald door de gradiënt in waterdamp tussen water in het blad en de buitenlucht, het zogenaamde dampdrukdeficit (VPD = vapour pressure deficit). De VPD is een functie van temperatuur en relatieve luchtvochtigheid en kan worden berekend met de formule:

VPD = ((100-RV)/100) x EXP(6.434 + ((17.27x T)/(237,2 + T)))/1000 (kPa)

waarin: RV = % relatieve luchtvochtigheid van de lucht, en T = temperatuur van de lucht in °C (Spomer & Tibbets, 1997).

2.2.7 Datalogger

De meetsignalen van de verplaatsingsopnemers, watermark-, temperatuur- en luchtvochtigheidssensoren werden geregistreerd met Microlsis dataloggers.

2.3 Wortelprofiel

In november 2005 werd bij een aantal waarnemingsbomen uit de verschillende behandelingen uitgevoerd in 2003-2005 een kuil gegraven en werd het aantal wortels per 100 cm² in kaart gebracht in een verticaal vlak op 45 en 30 cm afstand van de boom evenwijdig aan de boomrij.

2.4 Waarnemingen

2.4.1 Vruchtproductie

Jaarlijks werd bij de oogst van iedere waarnemingsboom het aantal vruchten en het totaal gewicht van de vruchten per boom bepaald. Uit deze gegevens werd per boom het gemiddelde vruchtgewicht berekend. De oogstdata waren achtereenvolgens: september 2002, september 2003, september 2004.

2.4.2 Scheutgroei en diktegroei stam

De mate van scheutgroei werd bepaald per boom na de bladval door middel van het tellen en meten van de lengte van de eenjarige scheuten langer dan 10 cm. Uit deze metingen werd per boom de gemiddelde scheutlengte berekend. De mate van groei van de bomen werd tevens vastgelegd door middel van stamomtrekmetingen. De toename daarvan over een bepaalde periode is vooral bij jongere bomen een goede maat voor de groei van de boom.

2.4.3 Vruchtkwaliteit

De vruchtkwaliteit werd gemeten aan monster van 25 vruchten van de meest representatieve vruchtgrootte per herhaling. De grondkleur werd bepaald met Minolta colorimeter, de hardheid met een Instron penetrometer met 8-mm diameter plunjer. Zetmeel werd colorimetrisch bepaald via een iodium-zetmeelkleuring uitgevoerd op het snijvlak van een gehalveerde vrucht en gekwantificeerd op een schaal van 1 (zeer veel zetmeel) tot 10 (geen zetmeel). Het suikergehalte werd bepaald met een refractometer.

2.5 Dataverwerking

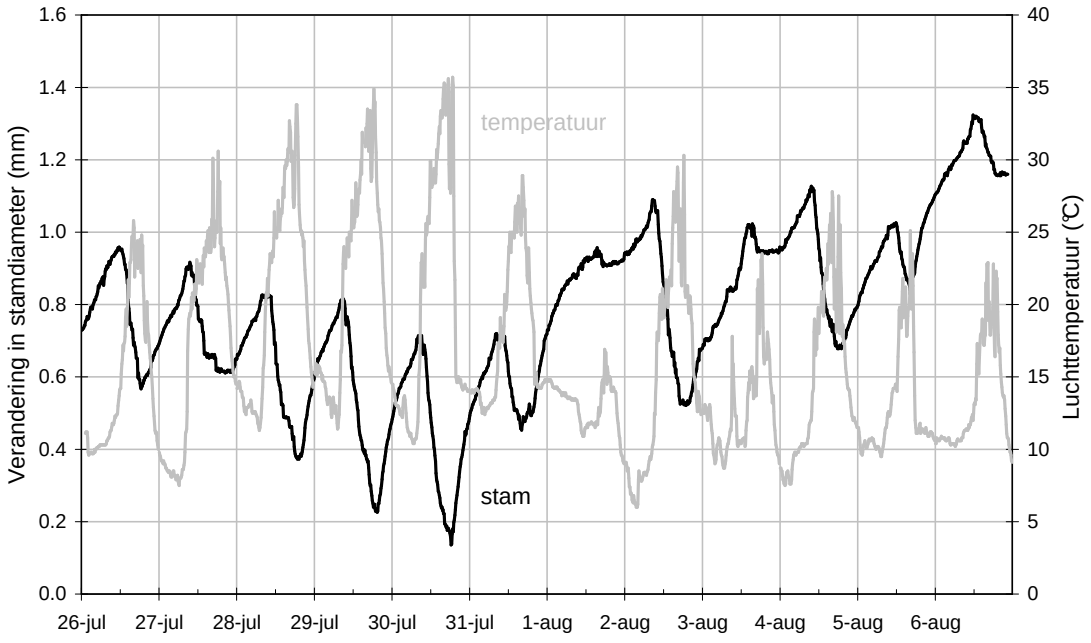
De gegevens van deze proef zijn geanalyseerd met een variantie-analyse van het statistische programma Genstat (Lawes Agricultural Trust, Rothamsted Experimental Station, Groot Britannië). Significante F-toetsen ($P<0,05$) werden gevolgd door een LSD-toets voor paarsgewijze vergelijking van de gemiddelden van de objecten.

3 Resultaten

3.1 Dynamiek stam- en vruchtgroei Conference

3.1.1 Proef 2002

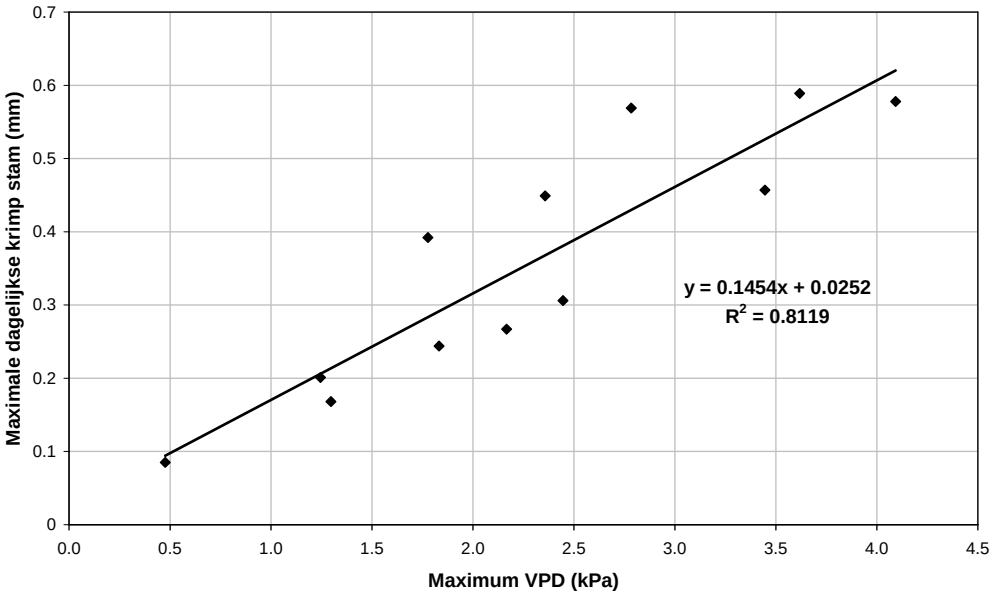
De stamdiameter van perenbomen vertoont een dagelijks patroon van toe- en afname (Figuur 6). Op een zomerse dag in juli neemt de stam tussen middernacht tot circa 11 uur in dikte toe. Rond 11 uur begint de stam in diameter af te nemen en deze krimp gaat door tot ongeveer middernacht. Het moment van krimp en de mate van krimp varieert per dag en is sterk afhankelijk van de weersomstandigheden. Zonnige warme dagen leiden tot meer krimp dan bewolkte dagen. De mate van krimp van de stam lijkt dus sterk gekoppeld aan de verdamping van de boom en te worden bepaald door de mate waarin deze de wateropname door de boom overstijgt. De verdamping van water door bladeren wordt bepaald door de gradiënt in waterdamp tussen water in het blad en de buitenlucht, het zogenaamde dampdrukverschil (VPD = vapour pressure deficit). De VPD is een functie van temperatuur en relatieve luchtvochtigheid (zie 2.2.5)



Figuur 6. Variatie in luchttemperatuur en stamdiamter Conference tussen 26 juli en 7 augustus 2002

Er bestaat een duidelijk rechtlijnig verband tussen het maximum VPD en de maximale dagelijkse krimp van de stam (figuur 7). Op warme zonnige dagen met een lage luchtvochtigheid vertoonde de diameter van de stam een sterkere krimp dan op bewolkte regenachtige dagen met een hoge luchtvochtigheid.

© Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V

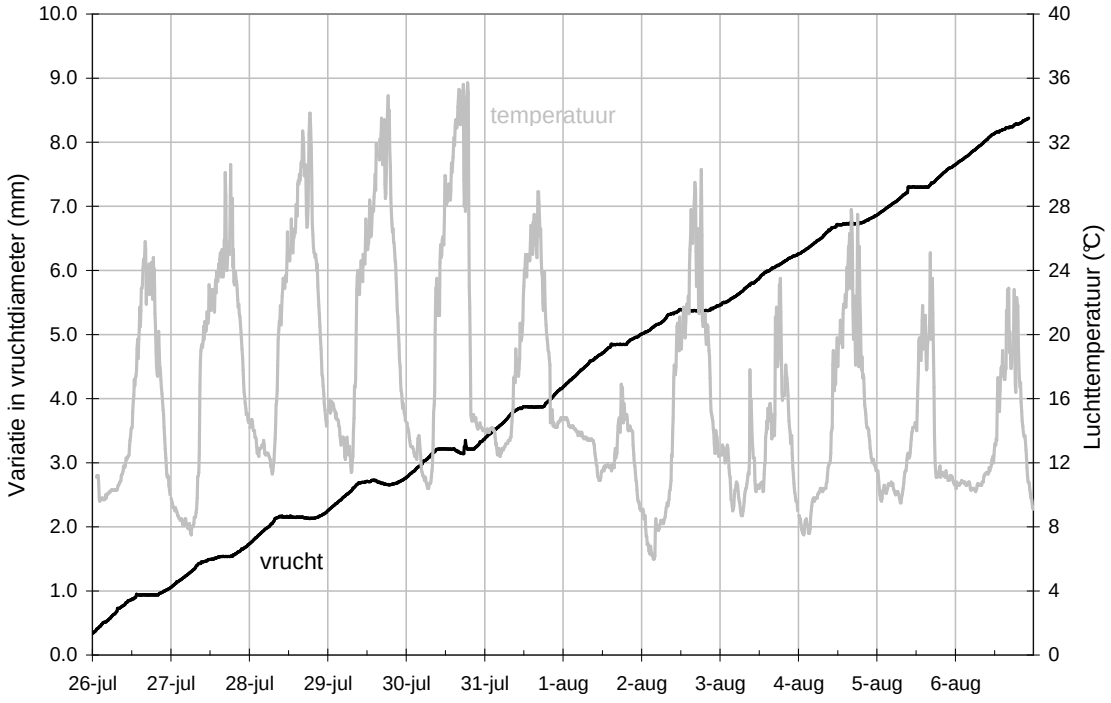


Figuur 7. Verband tussen dagelijkse maximum VPD en krimp stam

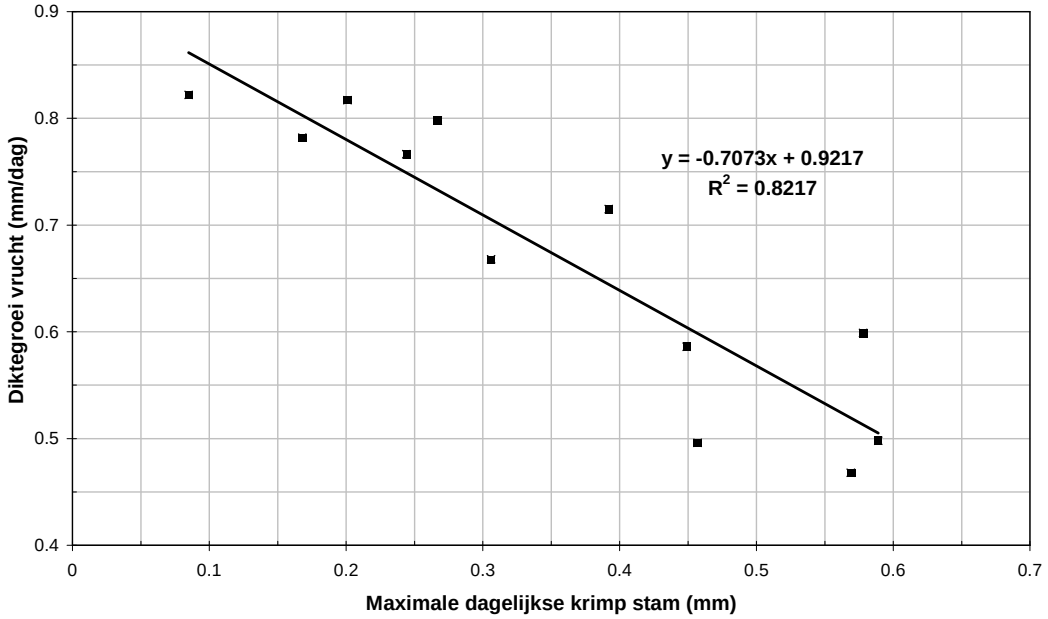
Ook de diktegroei van Conference peren vertoonde een karakteristiek dagelijks patroon (Figuur 8). Op een zonnige zomerdag namen de peren met een constante snelheid van 0,04 mm/uur in dikte toe tussen ongeveer 21 uur en het eind van de ochtend van de volgende dag. De overige uren trad er over het algemeen geen verandering in vruchtdiameter op. Een enkele keer trad er gedurende de dag een lichte krimp van de vrucht op. Het aantal uren per etmaal dat de vruchten in dikte toenamen varieerde per dag en was afhankelijk van de weersomstandigheden. Op zeer sombere, bewolkte dagen bleef de vrucht ook gedurende de middag met dezelfde snelheid in dikte toenemen.

Wanneer de verdamping via de bladeren groter wordt dan de wateropname door de wortels ontstaat er een tekort aan water in de boom. In deze situatie van waterstress wordt water aan bepaalde cellagen in de stam ontrokken en krimpt de stam in diameter. Onder deze omstandigheden komt de vruchtgroei tot stilstand, waarschijnlijk omdat er niet langer water naar de vruchten wordt getransporteerd. Uit figuur 7 blijkt dat er een zeer duidelijk verband bestaat tussen het maximum waterdampdrukverschil tussen bladeren en lucht (VPD) en de krimp van de stam op een dag. Hoe meer een stam krimpt op een dag, hoe groter het watertekort in de boom is en hoe langer het duurt voordat het watertekort aan het einde van de dag en 's nachts weer wordt aangevuld. De duur en mate van het watertekort in de boom lijken dus bepalend te zijn voor het aantal uren per etmaal water dat een boom water beschikbaar heeft voor de groei van de vruchten. Figuur 9 laat zien dat de toename in vruchtdiameter per dag minder is op dagen dat de stamdiameter sterker krimpt, oftewel de mate van waterstress op een dag groter is.

© Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V



Figuur 8. Variatie in luchttemperatuur en vruchtdiameter Conference tussen 26 juli en 7 augustus 2002



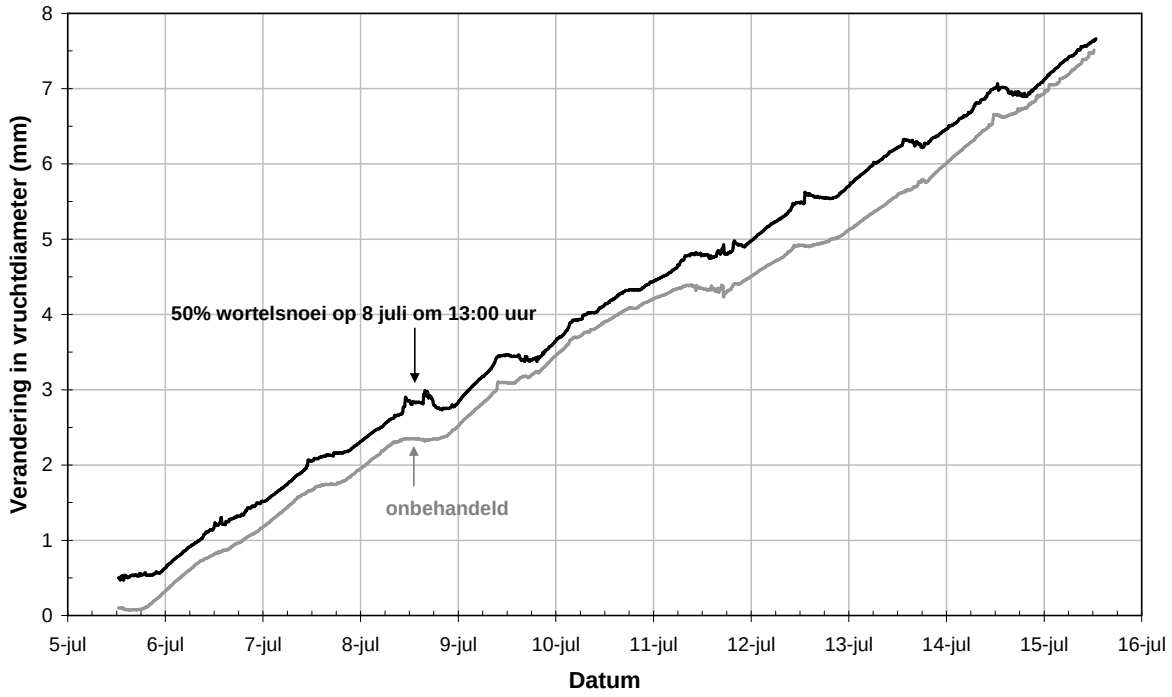
Figuur 9. Verband tussen dagelijkse krimp stam en diktegroei vruchten

Tabel 2. Effecten wortelsnoei en watergifte op productie en groei Conference in 2002

Behandeling[1]	Vruchten/ boom	Kg/boom	Gemiddeld vrucht-gewicht (g)	Aantal scheuten/ boom[2]	Scheutgroei (m/boom)	Gemiddelde scheutlengte (cm)
onbehandeld	23,3	6,8	291	108	45,3	41,8
wortelsnoei	24,7	6,8	274	99	37,1	37,4
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	ns
lsd 0,05						

[1] wortelsnoei, uitgevoerd op 26 juni, éénzijdig met recht mes en op 8 juli met selectieve rooimachine met 60 cm diameter mes vanaf één zijde tot recht onder de boom. [2]scheuten > 10 cm

De in 2002 uitgevoerde wortelsnoei leidde niet tot betrouwbare effecten op de productie, vruchtmaat en scheutgroei van de bomen (tabel 2). Het late tijdstip in het groeiseizoen waarop de wortelsnoei werd uitgevoerd lijkt hiervoor de meest waarschijnlijke verklaring. Het wegsnijden van de helft van de wortelkluit met een selectieve boomrooimachine (figuur 4) op een afstand van 30 cm vanaf de stam van één zijde van de boom tot recht onder de stam was in 2002 niet van invloed op de diktegroei van de vruchten. De groeisnelheid bleef voor het na het moment van wortelsnoei ongewijzigd en er was geen verschil waarneembaar tussen de vruchten van een onbehandelde en een gewortelsnoeide boom (figuur 10).

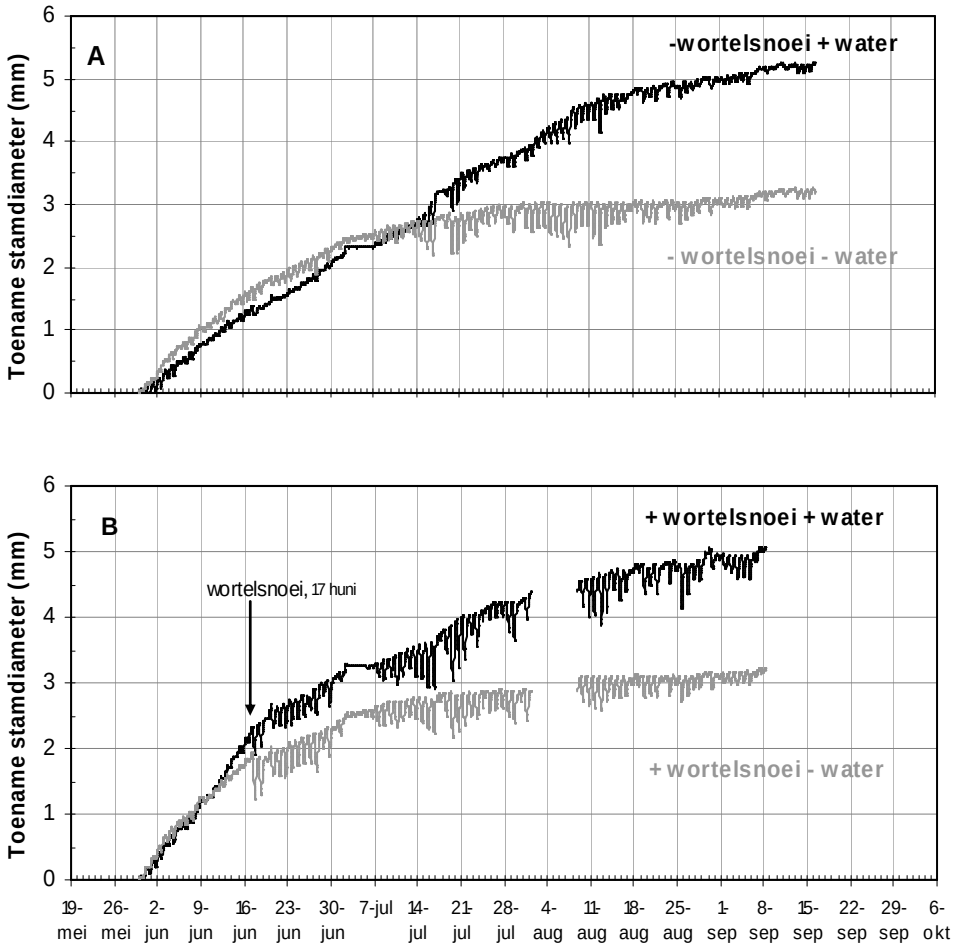


Figuur 10. Verandering vruchtdiameter Conference onbehandelde en op 13 juli 2002 gewortelsnoeide boom

3.1.2 Proef 2003-2005

In 2003 traden betrouwbare verschillen op in de toename van de stamdiameter tussen de bomen die wel en geen water kregen toegediend (figuur 11, tabel 3). De toename van de stamdiameter, gemeten op 30 cm boven de veredeling, bedroeg in 2003 voor de geïrrigeerde bomen gemiddeld 6,1 mm, die van de niet geïrrigeerde bomen gemiddeld 4,1 mm. Bij zowel de geïrrigeerde als niet geïrrigeerde bomen had wortelsnoei geen betrouwbaar effect op de uiteindelijke diktegroei van de stam in 2003.

© Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V



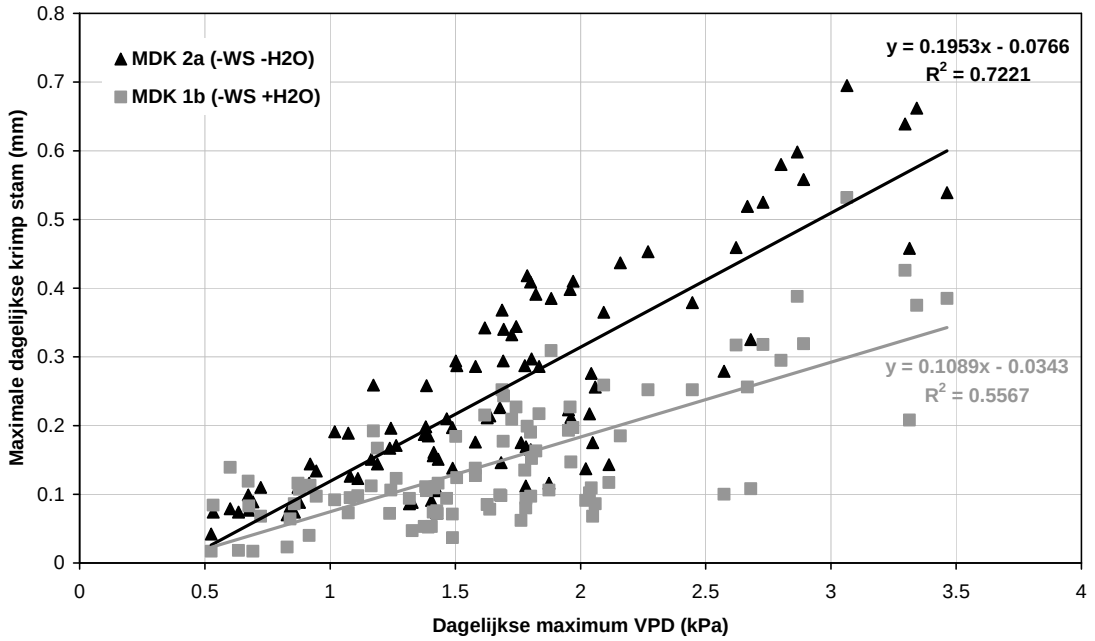
Figuur 11. Toename diameter stam Conference bomen in 2003 onder invloed van wortelsnoei en watergifte.

Wortelsnoei op 17 juni gaf een direct waarneembare toename van de dagelijkse krimp van de stam (figuur 11). Er is geen groot verschil waarneembaar in de mate van dagelijkse krimp van de stammen van bomen die wel of niet werden geïrrigeerd.

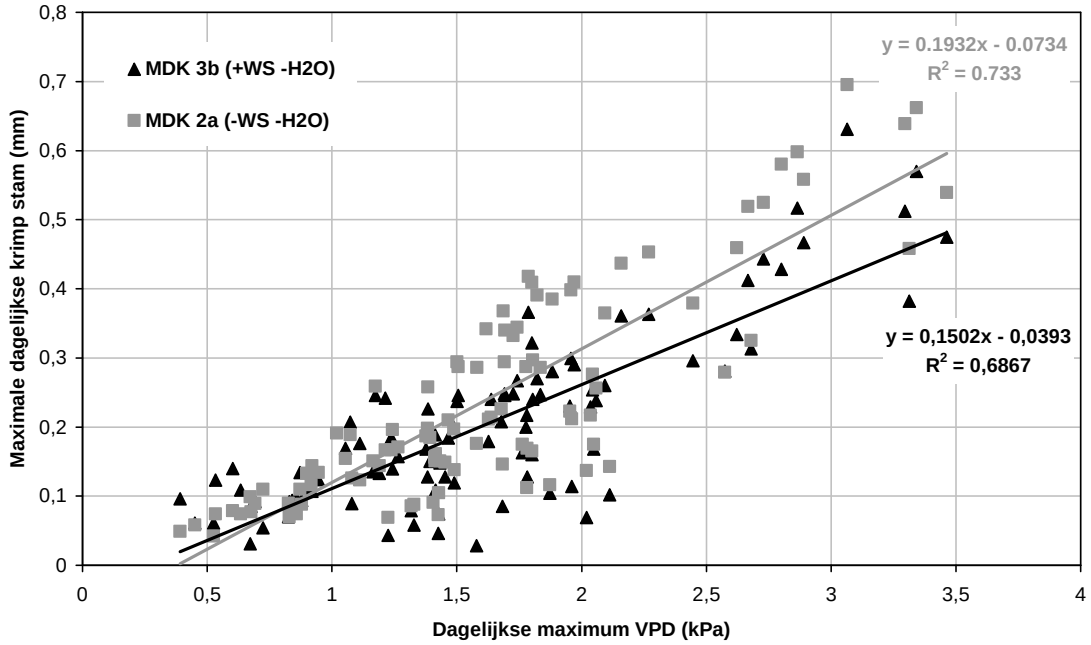
Zonder wortelsnoei nam de maximale dagelijkse krimp van de stam vanaf half juli duidelijk toe en was deze gemiddeld groter bij de niet geïrrigeerde bomen. De mate van krimp per dag vertoont ook hier een rechtlijnig verband met het maximale dampdrukverschil gedurende de dag (figuur 12). De kleinere hellingshoek van de lijn van de geïrrigeerde bomen geeft aan dat deze bomen minder krimp van de stam vertonen bij een bepaald dampdrukdeficit dan bomen die geen water kregen.

Figuur 13 toont dat bij bomen zonder watergifte de toename in maximale dagelijkse krimp bij een toename van het dagelijkse dampdrukdeficit tussen iets groter is (groter hellingshoek regressielijn) bij de niet gewortelsnoeide bomen.

© Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V

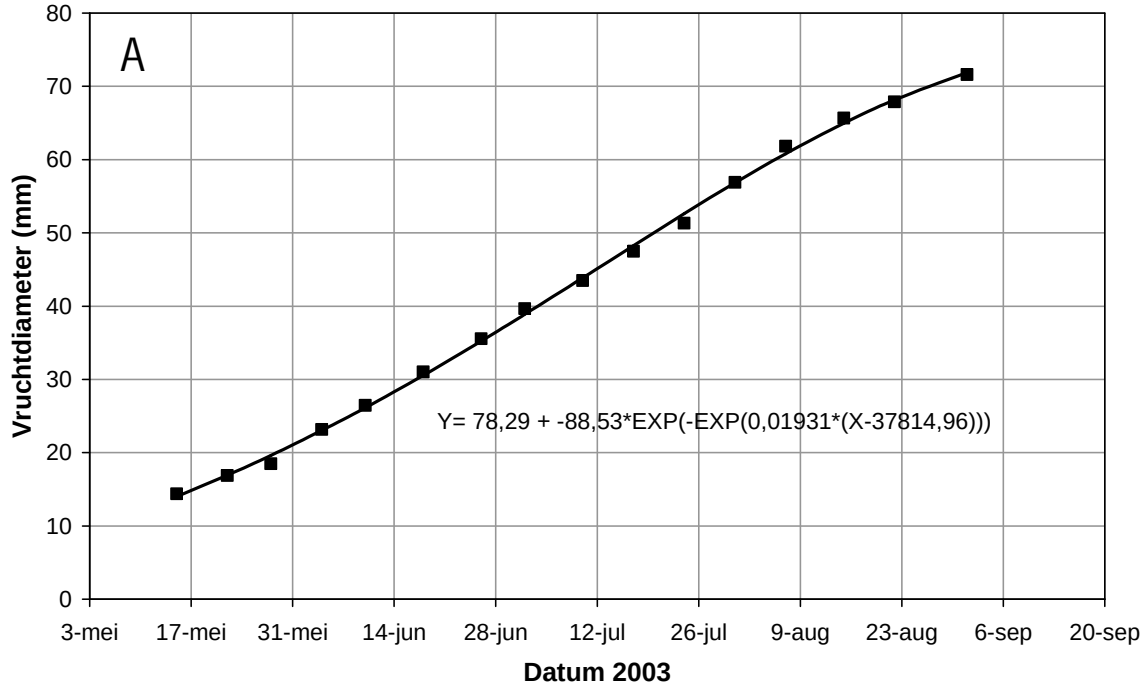


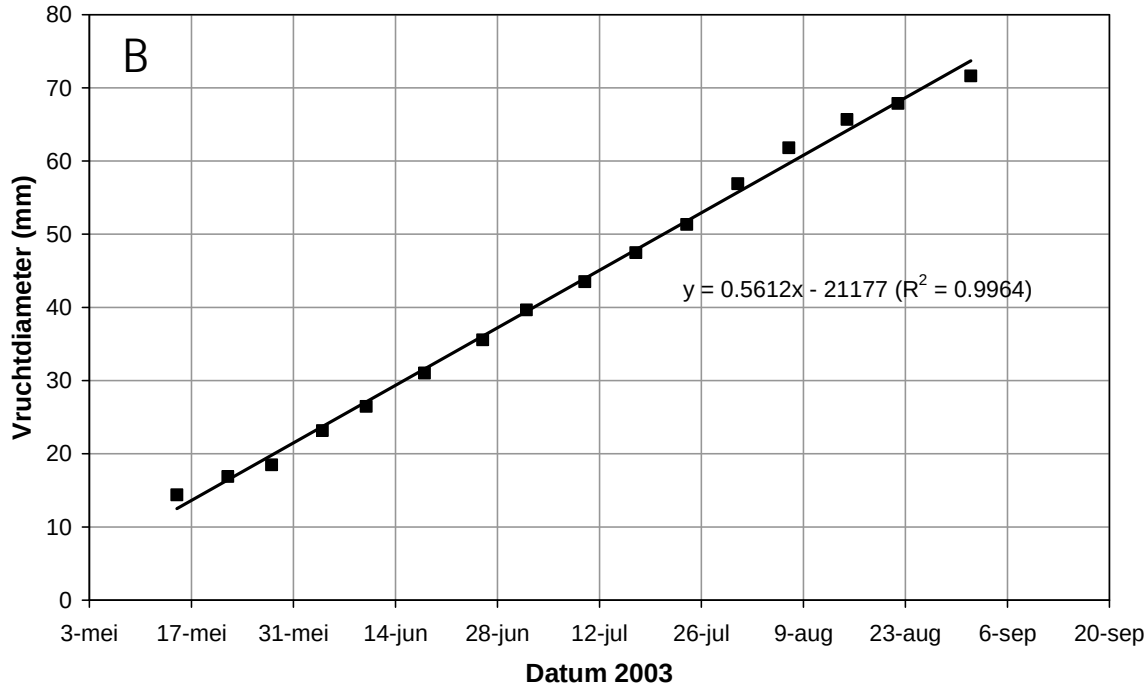
Figuur 12. Maximale dagelijkse krimp (MDK) in stamdiameter in afhankelijkheid van maximum VPD bij niet gewortelsnoeide perenbomen met (-WS+H20) en zonder (-WS-H20) watergifte in 2003.



Figuur 13. Maximale dagelijkse krimp (MDK) in stamdiameter in afhankelijkheid van maximum VPD bij wel (+WS-H20) en niet gewortelsnoeide perenbomen (-WS-H20) zonder watergifte in 2003.

© Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V





Figuur 14. Diktegroei peren gedurende teeltseizoen 2003. De data zijn het gemiddelde van 25 vruchtjes van een waarnemings van de behandeling 'geen wortelsnoei - water' . Groeisnelheid bepaalt via Gompertz curve (A) en lineaire regressie (B). De richtingscoëfficient van de lineaire regresselijn in figuur 14B is de snelheid van diktegroei in mm per dag.

© Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V

In 2003 werd de diameter van de vruchten vanaf half mei tot aan de oogst in september wekelijks bepaald. De toename in vruchtdiameter verloopt via een S-vormige groeicurve (Figuur 14A). Over de periode half mei tot aan de oogst is de toename vrijwel rechtlijnig (Figuur 14B) en is de snelheid van diametergroei goed te berekenen als de hellingshoek van de lineaire regressielijn. In 2003 nam de vruchtdiameter tussen mei en september met 0,56 mm per dag toe.

In tegenstelling tot de diktegroei van de stam werd het aantal meters scheutgroei niet beïnvloed door irrigatie van de bomen. Wortelsnoei leidde alleen bij de niet geïrrigeerde bomen tot een afname van de gemiddelde scheutlengte (tabel 3).

Wortelsnoei en watergifte hadden in 2003 geen betrouwbaar effect op het aantal vruchten en kg vruchten per boom (tabel 3). Wel was de trend waarneembaar dat het gemiddeld aantal vruchten en kg vruchten per boom afnam door wortelsnoei en door niet te irrigeren. Het gemiddeld vruchtgewicht was het hoogst bij de geïrrigeerde bomen, maar verschilde niet betrouwbaar van dat van de niet geïrrigeerde bomen. Wortelsnoei had geen effect op het gemiddelde vruchtgewicht.

Tabel 3. Effecten wortelsnoei en watergifte op productie en groei Conference in 2003

Object	Vruchten/ boom	Kg/boom	Gemiddeld vruchtgewicht (g)	Scheutgroei (m/boom)	Gemiddelde scheutlengte (cm)	Toename stamdikte (mm)
1	43.7	10,1	234	49,5	54,8 b	6,12 c
2	39,6	9,1	229	50,9	54,4 b	4,46 ab
3	38,3	8,6	237	49,9	51,8 ab	6,06 bc
4	36,4	7,8	217	46,5	46,8 a	3,75 a
F-test	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	P<0,05	P<0,05
lsd 0,05	-	-	-	-	5,1	1,6

De vruchtkwaliteit van Conference bij oogst staat weergegeven in tabel 4. De hardheid van de vruchten verschilde niet betrouwbaar tussen de behandelingen. Het suikergehalte van vruchten van gewortelsnoeide bomen was gemiddeld hoger dan van de niet gewortelsnoeide bomen, maar alleen het suikergehalte van de behandeling wortelsnoei zonder irrigatie (+WS –water) verschilde betrouwbaar van dat van de behandelingen zonder wortelsnoei. Irrigatie had noch bij gewortelsnoeide noch bij niet gewortelsnoeide bomen een betrouwbaar effect op het suikergehalte.

Tabel 4. Effecten wortelsnoei en watergifte op vruchtkwaliteit Conference bij oogst in september 2003

Object	Hardheid[1]	Suiker	Kleur peer[2]		
	(kg)	(%)	A-waarde	B-waarde	L-waarde
1	6,7	12,9 a	-14,4 a	32,2	63,1
2	6,8	13,8 a	-13,1 b	30,2	64,7
3	6,5	14,1 ab	-12,7 bc	31,4	64,4
4	6,4	15,2 b	-11,8 c	29,8	66,5
F-test	n.s.	P<0,05	P<0,01	n.s.	n.s.
lsd 0,05	-	1,3	1,0	-	-

[1]bepaald met 8-mm diameter plunjer; [2]gemeten met Minolta kleurmeter aan grondkleurzijde vrucht. A-waarde: negatievere waarde = groener; B-waarde: positievere waarde = geler; L-waarde: hogere waarde = lichter gekleurd

De grondkleur van de vruchten bij oogst verschilde alleen in de mate van groen (A-waarde). De groenste vruchten waren afkomstig van niet gewortelsnoeide bomen, waarbij de geïrrigeerde bomen betrouwbaar groener waren dan die van de niet geïrrigeerde bomen. Gemiddeld waren de peren van de gewortelsnoeide bomen iets minder groen en lag ook bij deze bomen de A-waarde van vruchten van bomen zonder irrigatie iets lager dan van die van de geïrrigeerd bomen, maar deze verschillen waren niet statistisch betrouwbaar. Ten opzichte van de niet gewortelsnoeide bomen waren alleen de vruchten van de gewortelsnoeide bomen zonder irrigatie betrouwbaar minder groen.

In 2004 werden dezelfde behandelingen uitgevoerd als in 2003, maar op andere veldjes (tabel 1). De bomen van object 1 die in 2003 niet zijn gewortelsnoeid en water kregen, kregen in 2004 geen water. De

bomen van object 2 die in 2003 niet zijn gewortelsnoeid en ook geen water kregen, zijn in 2004 gewortelsnoeid. De in 2003 gewortelsnoeide en geïrrigeerde veldjes van object 3 werden in 2004 niet gewortelsnoeid, maar kregen wel opnieuw water. De in 2003 gewortelsnoeide maar niet geïrrigeerde bomen van object 4 werden in 2004 opnieuw gewortelsnoeid en kregen toen ook water.

De productie van de veldjes verschilde in 2004 niet betrouwbaar van elkaar en bedroeg gemiddeld 15,9 kg per boom (tabel 5). Het aantal vruchten varieerde tussen gemiddeld 76 en 104 vruchten per boom, maar door de grote variatie in vruchtdracht tussen de waarnemingsbomen waren de verschillen in dracht tussen de veldjes niet statistisch betrouwbaar. Betrouwbare verschillen werden wel waargenomen voor het gemiddelde vruchtgewicht. Dit was met 203 g het hoogst voor de objecten 1 en 2. Een iets lager vruchtgewicht van 181 g werd waargenomen voor de bomen van object 3 en het laagste vruchtgewicht van 147 g werd waargenomen voor de bomen van object 4, bomen die zowel in 2003 als 2004 zijn gewortelsnoeid.

Tabel 5. Effecten wortelsnoei en watergifte op productie en groei Conference in 2004

Object	Vruchten/ boom	Kg/boom	Gemiddeld vrucht-gewicht (g)	Scheutgroei (groeicijfer[1])
1	75,6	15,4	203 c	5,3
2	81,7	16,3	203 c	5,0
3	92,7	16,8	181 b	4,7
4	104,4	15,2	147 a	3,0
F-test	ns	ns	P<0,001	ns
lsd 0,05	-	-	19,4	

[1]op schaal van 1 (geen groei) tot 9 (zeer sterke groei)

De vruchtkwaliteit bij oogst vertoonde enige kleine verschillen tussen de vier behandelingen (tabel 6). De hardheid was gemiddeld 1,4 kg lager dan in 2003 varieerde tussen 5,0 en 5,4 kg. De laagste hardheid werd waargenomen bij vruchten van object 4, de hoogste bij die van de objecten 2 en 3. Het gemiddelde suikergehalte bedroeg 12,5 % en lag daarmee 1,5% onder het niveau van 2003. Met slechts 11,4% was het suikergehalte van de peren van object 3 betrouwbaar lager dan dat van de overige 3 objecten. De intensiteit, hoeveelheid groen en geel varieerde enigszins tussen de verschillende behandelingen, maar deze verschillen waren niet statistisch betrouwbaar.

Tabel 6. Effecten wortelsnoei en watergifte op vruchtkwaliteit Conference bij oogst in september 2004

Object	Hardheid[1]	Suiker	Kleur peer[2]		
	(kg)	(%)	A-waarde	B-waarde	L-waarde
1	5,2 ab	12,7 b	-13,1	32,6	58,3
2	5,4 b	12,9 b	-11,9	29,7	56,4
3	5,4 b	11,8 a	-13,4	33,2	56,6
4	5,0 a	12,6 b	-13,2	29,0	60,4
F-test	P<0,05	P<0,01	ns	ns	~
lsd 0,05	0,26	0,55	-	-	2,9

[1]bepaald met 8-mm diameter plunjer; [2]gemeten met Minolta kleurmeter aan grondkleurzijde vrucht. A-waarde: negatievere waarde = groener; B-waarde: positievere waarde = geler; L-waarde: hogere waarde = lichter gekleurd

De productie in 2005 bedroeg gemiddeld 112 vruchten en 21,5 kg per boom, een toename van 23 vruchten en 5,5 kg per boom ten opzichte van 2004 (tabel 7). Het aantal vruchten per boom verschilde niet betrouwbaar tussen de behandelingen, maar de bomen van object 4 hadden met gemiddeld 19 kg een significant lagere productie dan die van de overige objecten. Deze lagere productie was het gevolg van een lager gemiddeld vruchtgewicht. Het twee jaar achtereen wortelsnoeien lijkt hiervoor de meest logische verklaring.

© Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V

Tabel 7. Effecten wortelsnoei en watergifte op productie en groei Conference in 2005

Object	Vruchten/ boom	Kg/boom	Gemiddeld vrucht-gewicht (g)	Scheutgroei (groeicijfer[1])
1	110	22,2 b	208 b	5,3
2	121	22,9 b	192 ab	5,0
3	108	22,2 b	209 b	4,4
4	108	19,0 a	178 a	2,8
F-test	ns	P<0,05	P<0,05	ns (P= 0,094)
lsd 0,05		2,8	22	2,1

[1]op schaal van 1 (geen groei) tot 9 (zeer sterke groei)

De vruchtkwaliteit van Conference verschilde in 2005 niet betrouwbaar tussen de 4 behandelingen (tabel 8). Wel is er een tendens zichtbaar dat de peren van de in zowel 2004 als 2005 gewortelsnoeide bomen (behandelingen 3 en 4) de minst groen gekleurde vruchten (minst negatieve A-waarde) gaven.

Tabel 8. Effecten wortelsnoei en watergifte op vruchtkwaliteit Conference bij oogst in september 2005

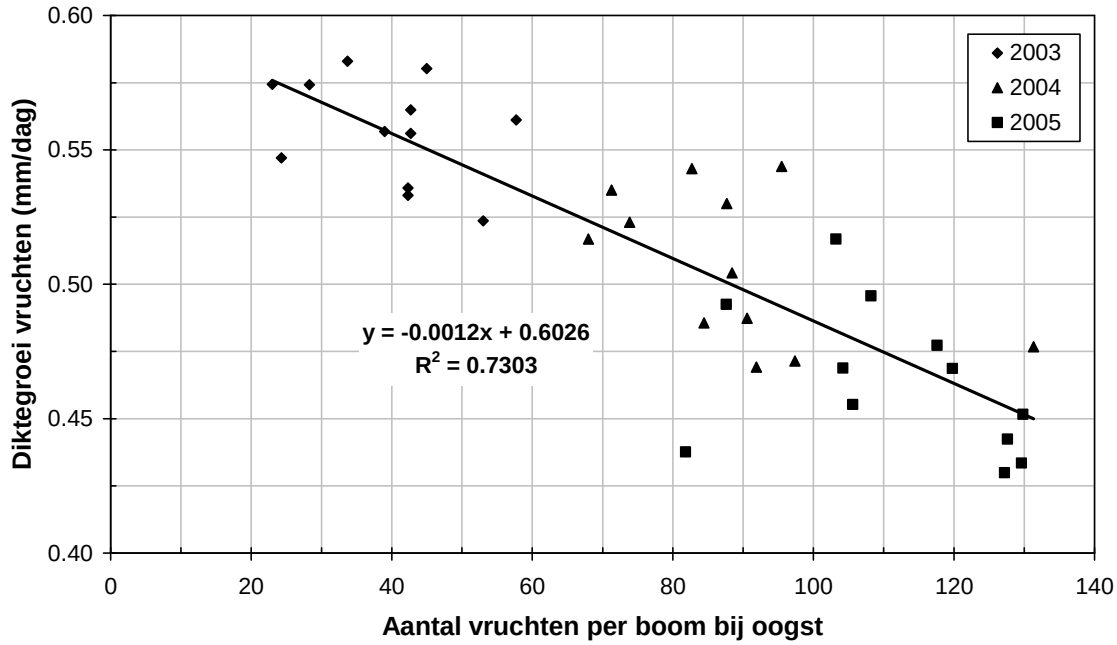
Object	Hardheid[1]	Suiker	Kleur peer[2]		
	(kg)	(%)	A-waarde	B-waarde	L-waarde
1	5,1	12,0	-12,4	31,1	52,4
2	5,1	12,1	-12,9	32,0	53,7
3	4,9	12,3	-11,4	31,0	52,1
4	4,4	11,9	-11,5	31,1	53,6
F-test	ns	ns	~	ns	ns
lsd 0,05	-	-	1,3	-	-

[1]bepaald met 8-mm diameter plunjer; [2]gemeten met Minolta kleurmeter aan grondkleurzijde vrucht. A-waarde: negatievere waarde = groener; B-waarde: positievere waarde = geler; L-waarde: hogere waarde = lichter gekleurd

Uit wekelijkse metingen van de vruchtdiameter vanaf circa half mei tot aan de oogst werd in 2003, 2004 en 2005 de snelheid van de diktegroei berekend. In geen van de jaren werd er een betrouwbaar verschil in diktegroei gemeten tussen de vier behandelingen. De gemiddelde groeisnelheid was echter niet in alle jaren gelijk. Tabel 9 laat zien dat de snelste diktegroei werd waargenomen in 2003 en de langzaamste diktgroei in 2005. De verschillen tussen de jaren lijken goed te verklaren door verschillen in vruchtdracht, waarbij een hogere dracht leidde tot langzamere diktegroei (Figuur 15). Uit de berekende regressielijn valt af te lezen dat bij de proefbomen de diktegroei van de vruchten met 0,0012 mm/dag afnam voor ieder extra vrucht aan de boom. Bij een drachtverschil van 10 vruchten en een groeiduur van 120 dagen ontstaat hierdoor een verschil in diameter bij oogst van 1,44 mm. Hoeveel dit betekent voor de toename van het versgewicht hangt af van de maat van de peer. Op basis van de door Mitchell (1986) voor Bartlett peren bepaalde relatie tussen diameter en versgewicht ($G = 0{,}851 \times D^{2{,}831}$, waarin G = versgewicht en D = diameter vrucht in cm) betekent een toename van 1 mm voor een peer van 60 mm een gewichtstoename 6,3 g en voor een peer van 70 mm 8,4 g.

Tabel 9. Effecten wortelsnoei en watergifte op diktegroei vruchten Conference in 2003, 2004 en 2005

Object	Snelheid diktegroei vrucht (mm/dag)		
	2003	2004	2005
1	0,57	0,52	0,45
2	0,56	0,49	0,45
3	0,55	0,53	0,47
4	0,55	0,50	0,49
F-test	ns	ns	ns
lsd 0,05			

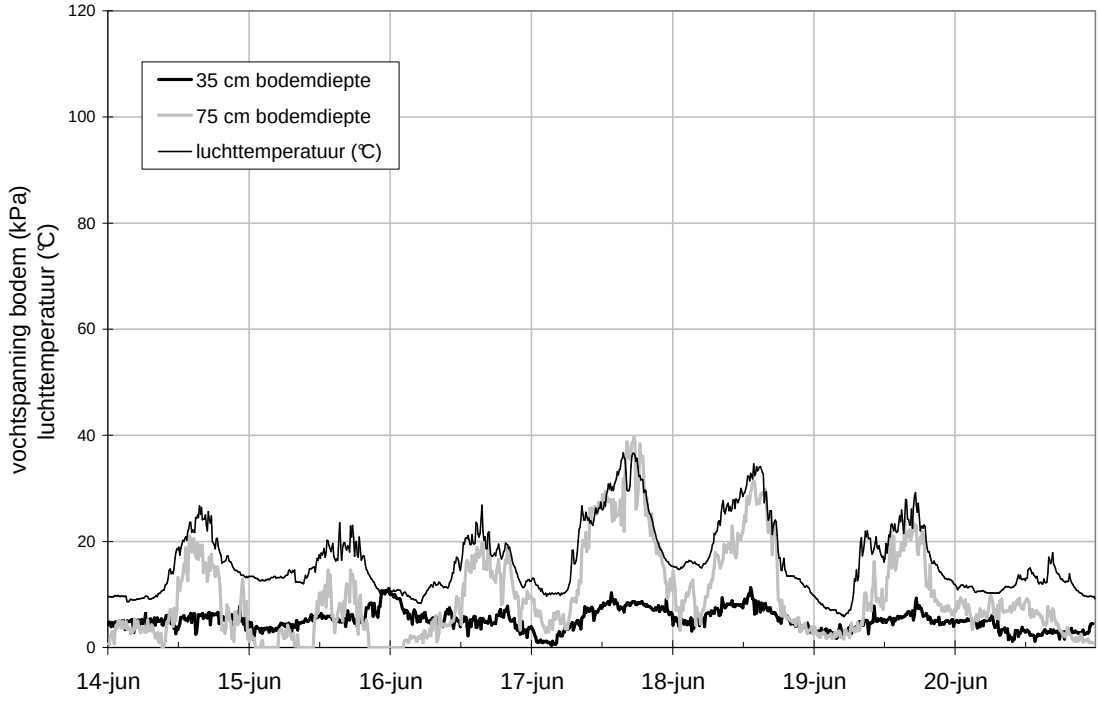


Figuur 15. Effect vruchtdracht op snelheid diktegroei Conference peren.

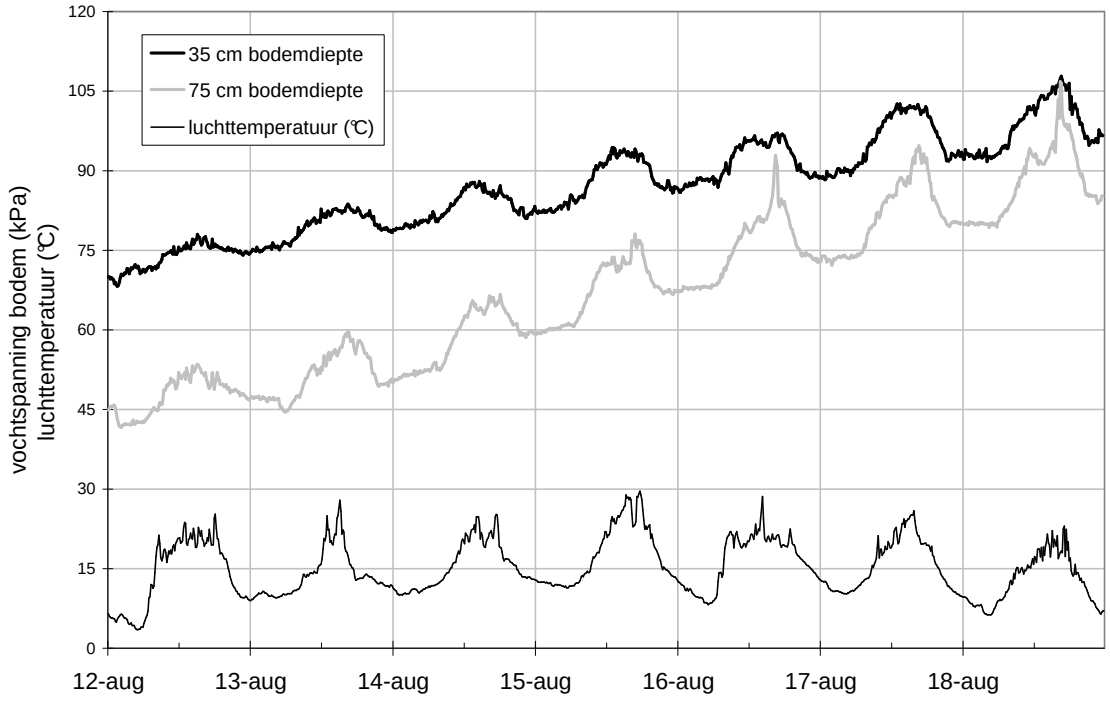
3.2 Metingen vochtspanning bodem

De vochtspanning van de bodem, gemeten in de rij midden tussen 2 bomen op een diepte van 35 en 75 cm, vertoonde een dagelijkse fluctuatie en seizoensfluctuatie die samenviel met het patroon in luchttemperatuur (Figuur 16). Bij een toename in luchttemperatuur nam de vochtspanning in de bodem toe. In figuur 3 is te zien dat hierbij de vochtspanning op 75 cm overdag sterker toenam dan op 35 cm. Later in het groeiseizoen was de vochtspanning in de bodem sterk toegenomen en hoger op 35 cm dan op 75 cm diepte (Figuur 17). Echter, door storingen en defecten in de meetapparatuur kon de vochtspanning slechts gedurende een korte periode continu worden geregistreerd. In vergelijking met de luchttemperatuur vertoonde de bodemtemperatuur minder sterke schommelingen gedurende een etmaal (Figuur 187). Vooral op 75 cm diepte was de temperatuur vrij constant

© Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V

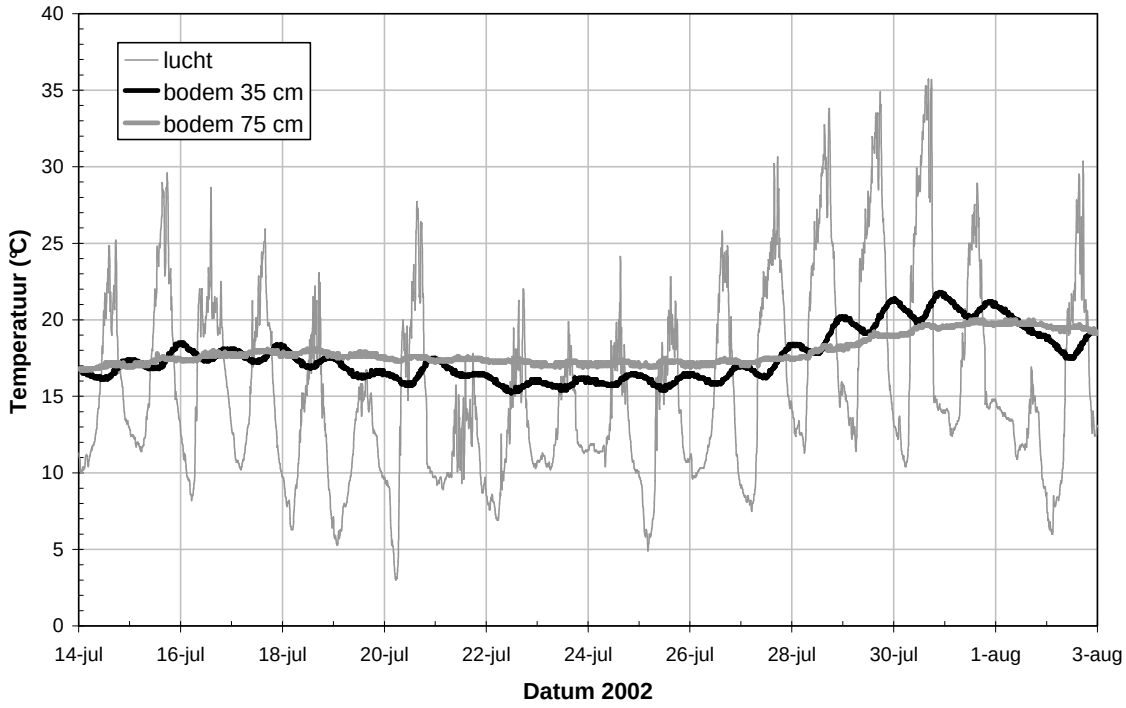


Figuur 16. Vochtspanning bodem in rij Conference en luchttemperatuur tussen 14 en 21 juni 2002.



Figuur 17. Vochtspanning bodem in rij Conference en luchttemperatuur tussen 12 en 18 augustus 2002

© Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V

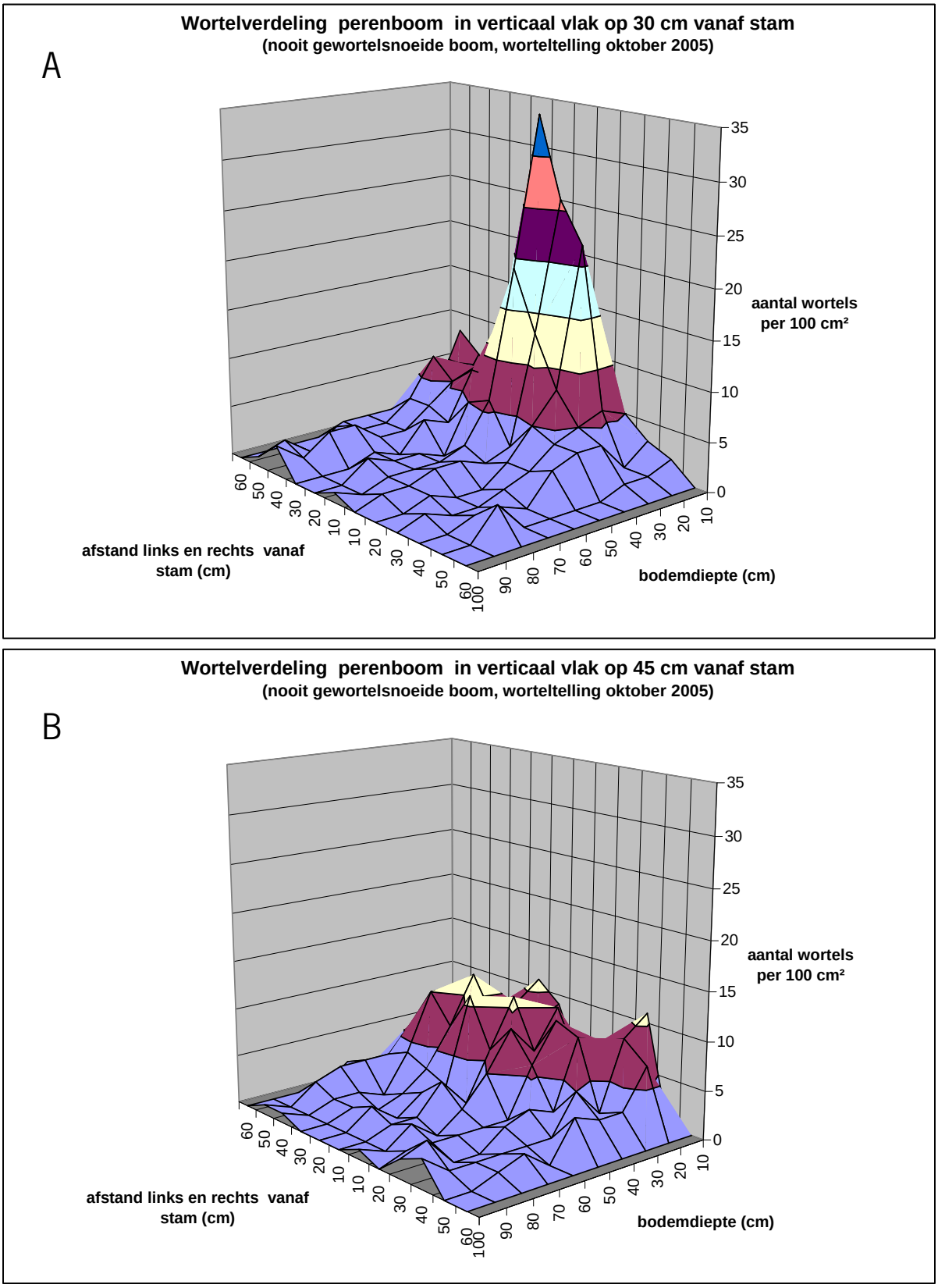


Figuur 18. Temperatuurverloop in lucht en bodem.

3.3 Wortelprofiel

In 2005 zijn bij een aantal bomen wortelkuilen gegraven om te bekijken hoe de verdeling van de wortels in de grond was van bomen die nooit gewortelsnoeid waren. Parallel aan de boomrij werd op 45 en 30 cm afstand van de stam een wortelkuil gegraven en werd per 10 cm^2 profiel geteld hoeveel wortels werden waargenomen. In figuur 19 zijn de aantallen wortels op beide afstanden van de boom weergegeven als functie van bodemdiepte en afstand van de stam van de boom. De meeste wortels (tot 34 per dm^2) werden waargenomen binnen een afstand van 20 cm vanaf de stam en de bovenste 30 cm van de bodem. Op 40 cm en dieper in de grond en op meer dan 20 cm afstand van de stam nam het aantal wortels zeer sterk af en werden gemiddeld minder dan 5 wortels per dm^2 waargenomen.
Bomen die in 2003 of 2004 waren gewortelsnoeid vertoonden nauwelijks tot geen hergroei van wortels op de plaats waar de wortels waren afgesneden.

© Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V



Figuur 19. Wortelprofiel Conference bepaald op 30 cm en 45 cm afstand parallel aan boomrij. Totaal aantal wortels op 30 cm afstand: 359. Totaal aantal wortels op 45 cm afstand: 354

4 Discussie

De resultaten van de proef in 2002 tonen aan dat bij Conference peren de vruchtgroei alleen plaatsvindt wanneer de boom geen waterstress ondervindt. Dit betekent dat, uitgezonderd op sombere, bewolkte of regenachtige dagen, de vruchtgroei aan het einde van de ochtend tot het begin van de avond stilvalt. Opvallend is dat de vruchtgroei niet meetbaar werd geremd door een eenmalige eenzijdige snoei van de wortels of het onthouden van irrigatie. Vooral in de droge zomer van 2003 was goed waarneembaar dat de toename van de stamgroei vooral werd bepaald door de watergifte en niet door wortelsnoei. Ondanks de grote verschilen in groeiremming in 2003 tussen bomen die wel of niet waren geïrrigeerd en wel of niet waren gewortelsnoeid werden tussen deze bomen nauwelijks verschillen in vruchtgroei en productie waargenomen. Hieruit kan worden afgeleid dat de secundaire diktegroei van de stam gevoeliger is voor waterstress dan vruchtgroei.

De waarneming dat de groei van peren alleen stilvalt tijdens periodes waarin de boom veel water verdampt en met een vrij constante snelheid verloopt gedurende de donkerperiode en op sombere dagen waarop de bomen weinig verdampen doet vermoeden dat de potentiële groei van de vruchten groter is dan in het veld ten gevolge van periodes met waterstress wordt gerealiseerd. Dit betekent dat teeltmaatregelen die de verdamping op zonnige warme dagen beperken een positief effect kunnen hebben op de vruchtgroei. Deze hypothese zal in een nieuw project onderzocht, waarbij getracht zal worden de verdamping van de bomen te remmen door het blad te bespuiten met een tweetal typen verdampingsremmende middelen.

Uit de resultaten weergegeven in figuur 15 blijkt duidelijk dat vruchtdracht een zeer belangrijke factor is voor de snelheid waarmee de peren tussen ongeveer half mei en de oogst in diameter toenemen. Iedere peer extra aan de boom betekent een afname in diktegroei van 0,0012 mm per dag. Dit is een zeer klein verschil, maar voor een boom die bijvoorbeeld 20 vruchten meer draagt dan het gewenste drachtniveau betekent dit bij een groeiduur van 125 dagen bij de oogst een verschil van 3 mm. Omgerekend naar het vruchtgewicht bij oogst volgens de formule van Mitchell (1986) leidt een verschil van 3 mm extra diameter tussen een vrucht van 60 en 63 mm tot een verschil in versgewicht van 20,1 g, tussen vruchten van 65 en 68 mm tot 23,2 g en tussen vruchten van 70 en 73 mm tot 26,5 g. Bij 100 vruchten per boom leidt dit tot productieverschillen van achtereenvolgens 2, 2,3 en 2,65 kg en, bij 2285 bomen per hectare, tot verschillen van maar liefst 4592, 5301 en 6055 kg/ha. Deze verschillen tonen duidelijk aan hoe belangrijk het voor de uiteindelijke opbrengst van een perceel is de vruchtgroei zo optimaal mogelijk te laten verlopen.

4.1 Gebruiksmogelijkheden en betrouwbaarheid meetapparatuur

Gedurende de looptijd van het project bleken veel onderdelen van de gebruikte meetapparatuur ongeschikt of niet robuust genoeg voor langdurig gebruikt onder de Nederlandse teeltcondities.

4.1.1 Verplaatsingsopnemers

De verplaatsingsopnemers lenen zich niet goed voor het continu registreren van de vruchtgroei. Omdat de houder van de verplaatsingsopnemers was gefixeerd ten opzichte van de boom raakte het aan de peer gelijmde meetstaafje na een aantal dagen los. Dit werd veroorzaakt omdat de peer niet alleen in de dikte groeide, maar ook in de lengte. In 2004 en 2005 vielen een aantal sensoren uit, waarschijnlijk door oxidatie van de meetspoel door blootstelling aan vocht, gewasbeschermingsmiddelen en bladmeststoffen. Inmiddels is door het bedrijf Ecomatik (www.ecomatik.de) een ander type meters voor het continu registreren van stam en vruchtgroei op de markt gebracht die geschikter lijken voor langdurige registratie van stam- en vruchtgroei. Het bedrijf Phytech (www.phytech.nl) levert zelf draadloze sensoren die hun gegevens over een afstand van 1500 m kunnen doorzenden naar een dataloggers en dataloggers die via een modem op afstand zijn uit te lezen.

4.1.2 Watermarksensoren

De gebruikte dataloggers waren niet geschikt voor het continu registreren van de vochtspanning van de bodem. Na een aantal weken gebruik bleek dat de bij aansluiting van twee of meer watermarksensoren per datalogger de meetwaarde een grote afwijking te vertonen met de waarde bepaald met het handmatige uitleeskastje. Daarnaast bleek dat door het stroomcircuit van de datalogger te vaak en te lang stroom liep door de watermarksensoren waardoor de sensoren snel in kwalititeit achteruitgingen. Recent is een speciaal voor watermarksensoren ontwikkelde datalogger (Watermark monitor) op de markt gekomen (www.irrometer.com/pdf/85%20Monitor.pdf) die naar verwachting wel geschikt is voor een betrouwbare continue registratie van 7 watermarksensoren in het veld. Voor het regelen van de watergifte van een boomgaard zijn verschillende sensoren verdeeld over de boomgaard en op verschillende dieptes in de bodem nodig alsmede een goede kennis het bodemprofiel van de verdeling van de wortels in de bodem. De in deze studie gebruikte apparatuur voor het continu registreren van de vochtspanning in de bodem leverde onbetrouwbare resultaten. Daarnaast is ook onvoldoende onderzocht in hoeverre wortels, die dieper in de grond zitten dan de 30 en 65 cm diepte waar de watermarksensoren waren geplaatst, bijdragen aan de wateropname van de perenboom of de wateropname kunnen compenseren als de bovenste 65 van de bodem uitdroogt.

4.2 Toepasbaarheid resultaten

De doelstelling van het project was het vaststellen van de effectiviteit van wortelsnoei, vroegtijdig signaleren van waterstress in de boom en watertekort in de bodem met behulp van een aantal sensoren en het op basis van deze metingen beter kunnen regelen de groeibeheersing van de bomen en de irrigatie van de boomgaard.

De resultaten van het in dit rapport beschreven onderzoek laten zien dat met behulp van verplaatsingsopnemers en watermarksensoren de veranderingen in stam- en vruchtgroei en de waterbeschikbaarheid in de bodem continu zijn te volgen. Ook kwam duidelijk naar voren dat de vruchtgroei sterke correlatie vertoont met de verandering in stamdiameter. De veranderingen in stamdiameter vertonen op hun beurt weer een duidelijke relatie met het dampdrukdeficit, het verschil in waterdampdruk, tussen blad en omgevingslucht. Niet vastgesteld is bij welke MDK in stamdiameter de boom water moet krijgen om onherstelbare achterstand in vruchtgroei te vermijden.

Hoewel uit de metingen duidelijk naar voren komt dat de krimp van de stam bij zonnig weer een signaal is van watergebrek in de plant waardoor onder andere de vruchtgroei wordt geremd, zijn voor het op grond van dit meetsignaal regelen van de watergift veel meer meetgegevens nodig van zowel vruchtgroei als vochtspanning in de bodem. Voor rivierkleigronden als in Randwijk waar de perenbomen tot meer dan 1 m bodemdiepte wortelen is het onvoldoende bekend welke bijdragen de wortels in bodemlagen onder de 65 cm bijdragen aan de wateropname van de boom en in hoeverre deze wortels de wateropname kunnen compenseren indien de bovenste grondlagen droog gehouden worden of een deel van de wortels in de bovenste 30-50 cm wordt afgesneden. De resultaten van dit onderzoek tonen aan dat het op grond van fluctuaties in stamdiameter gedurende een etmaal of vruchtdiameter groei moeilijk is vast te stellen of de toegepaste mate van wortelsnoei voldoende is geweest om de scheutgroei te remmen zonder nadelig effect op de vruchtgroei.

5 Conclusies & aanbevelingen

De dynamiek van de vruchtgroei in Conference vertoont een dagelijks patroon dat in belangrijke mate wordt bepaald door beschikbaarheid van water in de boom. Zodra bij stijgende temperatuur het dampdrukverschil voor water tussen boom en atmosfeer toeneemt gaat het blad sterker verdampen. Onder deze omstandigheden treedt een duidelijke meetbare krimp van de stamdiameter op en een stilstand van de vruchtgroei. Zodra de hoeveelheid zonlicht afneemt en de temperatuur daalt neemt de stamdiameter weer toe en begint de vrucht weer te groeien. Dit dagelijkse patroon treedt op bij zowel gewortelsnoeide bomen als bomen met een intact wortelstelsel en bij bomen die wel of geen water kregen toegediend.
De waarnemingen dat de vruchtgroei op zonnige dagen stopt zodra de boom zoveel water begint te verdampen dat er watertekort in de boom ontstaat en de stamdiameter begint af te nemen, en het achterwege blijven hiervan op sombere dagen, suggereert dat de vruchtgroei kan worden bevorderd door op zonnige dagen de verdamping van de bomen te beperken. Het verdient aanbeveling het gebruik van verdampingsremmers of gewasberegening tijdens extreem zonnige en warme periodes te onderzoeken om vast te stellen of hiermee het aantal uren vruchtgroei per dag kan worden verhoogd en daarmee de uiteindelijke vruchtmaat en het vruchtgewicht te laten toenemen.

Om waterstressmetingen als MDK in stamdiameter en dagelijkse fluctuaties in vochtspanning in de bodem te gebruiken voor een gerichter en beter gedoseerde irrigatie is aanvullend onderzoek noodzakelijk.

© Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V

6 Dankwoord

De aanzet tot het in dit rapport beschreven onderzoek was een bezoek aan de proeftuin Mas Badia van IRTA in de Spaans provincie Catalonië. OnderzoekerJoan Bonany wil ik bedanken voor alle hulp die hij tijdens het project heeft verleend bij het installeren en verhelpen van allerlei technische problemen.
Dr. Jinzheng Wang (Shandong Pomology Institute, Shandong, China) wil ik bedanken voor al het werk dat hij als onderdeel van een post-doc onderzoeksproject bij Wageningen Universiteit uitgevoerd binnen het project 'Waterstress peer' en voor het grote aantal waarnemingen aan stam- en vruchtgroei dat hij in 2002 heeft uitgevoerd. Daarnaast wil ik ook de onderzoeksassistenten van PPO Randwijk, Kees Westerweele, Pieter van der Steeg, Jos Kanne en Marc op 't Hof, bedanken voor de technische uitvoering in zowel de boomgaard, het laboratorium en bij de uitwerking van de waarnemingen.

© Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V

7 Geraadpleegde literatuur

Bonany, J., Camps, F. and Salvia, J. 2000. Relationship between trunk diameter fluctuations, stem water potential and fruit growth rate in potted adult apple trees. Acta Horticulturae 511: 43-49.

Huguet, J.G., Li, S.H., Lorendeua, J.Y. and Pelloux G. (1992). Specific micromorphogenetic reactions of fruit trees to water stress and irrigation scheduling automation. Journal of Horticultural Science 67: 631-640.

Mitchell (1986). Pear fruit growth and the use of diameter to estimate fruit volume and weight. HortScience 21: 1003-1005.

Spomer, L.A. and Tibbits, T.W. 1997. Humidity. In: Plant Growth Chamber Handbook, Langhans, R.W. and Tibbits, T.W. (eds), pp. 43-64.

© Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V