

A
G
67

Proefstation voor Bloemisterij en Glasgroente
Vestiging Naaldwijk
Postbus 8, 2670 AA Naaldwijk
Tel. 0174-636700, fax 0174-636835

WATERGEVEN BIJ ROZEN ONDER GLAS

Toepassing van het PBG-watergeefrekenmodel bij de teelt van rozen

Proef 222-1705

R. de Graaf en L. Spaans

Naaldwijk, december 1998



Intern verslag 171

2203430

COLOFON

© 1998 Proefstation voor Bloemisterij en Glasgroente

Niets uit deze opgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een automatisch gegevensbestand, of openbaar gemaakt in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier, zonder schriftelijke toestemming van de uitgever.

No part of this book may be reproduced and/or published in any form, photoprint, microfilm or by any other means without written permission from the publisher.

Het Proefstation voor Bloemisterij en Glasgroente stelt zich niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen die kunnen ontstaan bij het gebruik van de gegevens in deze uitgave.

<i>Inhoudsopgave</i>	<i>pag.</i>
<i>Woord vooraf</i>	
<i>Samenvatting</i>	
<i>Inleiding</i>	1
<i>Toepassing van het watergeefrekenmodel bij rozen op substraat</i>	2
<i>Gewasverdampingsmodel</i>	2
<i>Standaardberekening</i>	3
<i>Berekening voor extreme omstandigheden</i>	3
<i>Cultivar-effect</i>	3
<i>Berekening van wateropname voor versgewichtgroei</i>	4
<i>Opbouw van het watergeefrekenmodel</i>	5
<i>Rekenvoorbeeld</i>	6
<i>Reactie van het watergeefrekenmodel op teelthandelingen</i>	7
<i>Invloed CO₂-concentratie op het waterverbruik</i>	8
<i>Invloed plantgrootte op het waterverbruik</i>	9
<i>Waterverbruik gedurende de nacht</i>	9
<i>Invloed kunstmatige belichting op het waterverbruik</i>	9
<i>Startbakken en weegschalen werkingsprincipe</i>	10
<i>Doorspoelen</i>	10
<i>Gietfrequentie</i>	11
<i>Veranderingen in vochtgehalte mat</i>	11
<i>Watergift bij teelten in de grond</i>	12
<i>Eisen aan het watergeefstelsel</i>	13
<i>Waterbehoefte</i>	13

Woord vooraf

Voor een optimale productie van rozen van een goede kwaliteit is een juiste watervoorziening essentieel. Een goede watervoorziening kan worden verkregen door op het juiste moment de door een rozengewas verbruikte hoeveelheid water aan te vullen. Om de benodigde hoeveelheid water te kunnen bepalen moeten een aantal gegevens die van grote invloed zijn op de waterbehoefte van roos bekend zijn. Een en ander houdt in dat een aantal klimaat- en gewasfactoren frequent moet worden gemeten en worden vast gelegd. Het bepalen welke factoren in welke maten van invloed zijn op de waterbehoefte is de afgelopen 7 jaren punt van onderzoek geweest.

Samenvatting

Bij het onderzoek bleken Klimaatfactoren als straling, temperatuur (stoken), luchtvochtigheid binnen en buiten de kas van grote invloed te zijn op de mate van waterverbruik. Ook gewasfactoren als hoeveelheid blad, inbuigen, oogst, teeltmethode en niet in de minste mate de gebruikte cultivars bleken in meer of mindere mate de waterbehoefte te bepalen. Daarnaast bleken ook de concentratie aan CO₂ en bespuiting met bepaalde bestrijdingsmiddelen invloed op de waterbehoefte van roos te hebben. De verkregen gegevens over de invloed van klimaat- en gewasfactoren op de waterbehoefte van roos hebben geleid tot de ontwikkeling van een zogenaamd watergeefrekenmodel. Een vergelijkbaar watergeefrekenmodel werd reeds eerder door het PBGN ontwikkeld en met succes toegepast bij een aantal groentegewassen. Het goede resultaat van het PBGN watergeefrekenmodel wordt voor een belangrijk deel bepaald door metingen van de hoeveelheid drainwater na elke gietbeurt. Bij afwijking van de gemeten drain van de door het model berekende drainpercentage wordt bij de eerst volgende gietbeurten gecorrigeerd (terugkoppelingssysteem). Juist de terugkoppeling door middel van de drainmeting maakt dat het watergeefrekenmodel goed kan werken en in staat is (plotselinge) wisselingen in de waterbehoefte goed op te vangen. Hiermee is voor o.a. de roos een watergeefrekenmodel ontwikkeld dat zich al een aantal jaren met succes bewezen heeft bij het onderzoek op het PBGN.

Watergeven bij rozen onder glas

Inleiding

Een goede water- en luchthuishouding in het wortelmilieu is van groot belang bij de teelt van rozen. Dit geldt zowel voor teelten op kunstmatige substraten als voor teelten in de volle grond. Een plant moet over voldoende water kunnen beschikken en tevens over voldoende zuurstof. Te veel watergeven leidt tot O₂-gebrek (verzuipen), te weinig tot watergebrek (waterstress).

Een op het juiste moment gegeven en op de behoefte van een gewas afgestemde watergift is voor rozen essentieel voor een optimale productie en een goede kwaliteit. Bij een goed afgestemde watergift wordt zowel overmaat (te nat) als te kort (te droog) voorkomen.

Er wordt in de praktijk bij vergelijkbare teelten zeer verschillend watergegeven. Naast verschil in teeltwijze, er bestaan "natte" en "droge" tuinders, is men zich niet altijd voldoende bewust dat er veel te weinig of veel te veel water wordt gegeven. Tussen rozenbedrijven komen dan ook vaak niet logisch verklaarbare bijzonder grote verschillen in watergiften voor, die uit een lopen van 800 tot 2400 mm per jaar. Grof weg een derde van de bedrijven geeft (te) zuinig water een derde geeft naar "behoefte" water en een derde geeft veel tot (te)veel water.

In het verleden, maar ook nu nog in veel gevallen, werd en wordt de grootte en het moment van water geven vaak gevoelsmatig bepaald. Hoewel reeds langere tijd systemen bestaan om de watergift op de behoefte van het gewas af te stemmen, is pas sinds de laatste jaren in de praktijk veel belangstelling ontstaan om de watergift nauwkeurig te regelen en te automatiseren. Bij de rozenteelt is die belangstelling echter nog beduidend kleiner dan bijvoorbeeld bij de groenteteelt waar al honderden bedrijven van een watergeefrekenmodel gebruik maken.

In 1987 werd door het PBG-Naaldwijk een watergeefrekenmodel ontwikkeld. Dit model is in eerste instantie ontwikkeld voor teelten op substraat, maar kan met enige aanpassingen ook worden gebruikt voor teelten in grond.

Het watergeefrekenmodel is gebaseerd op de berekening en/of meting van de factoren: gewasverdamping, wateropname voor versgewichtgroei en de meting van de hoeveelheid drainwater na elke watergift. De meting van de drain vormt een essentieel onderdeel van het watergeefrekenmodel, omdat hiermee wordt teruggekoppeld en gecorrigeerd voor een eventueel verschil in berekend en werkelijk waterverbruik.

Hierdoor wordt voorkomen dat te veel of te weinig water wordt gegeven. De draincorrectie maakt het model een stuk minder gevoelig voor teelthandelingen aan het gewas en veranderingen in het substraat.

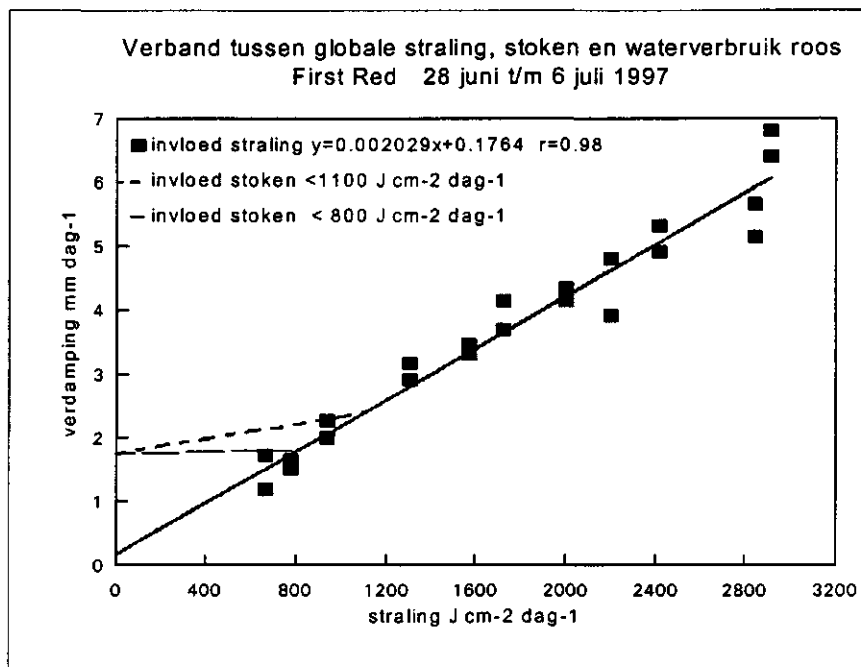
Voor berekening van de gewasverdamping en wateropname voor versgewichtgroei wordt gebruik gemaakt van de volgende factoren: globale straling (buiten), kasluchttemperatuur, buistemperatuur en luchtvochtigheid buiten de kas.

Tussen de globale straling en de gewasverdamping (waterverbruik) bestaat op dagbasis een nauw rechtlijnig verband (figuur 1).

Beneden een hoeveelheid straling van circa 1100-1200 J cm⁻² (winter, voorjaar) en 800-900 J cm⁻² (najaar) per dag bestaat er een toenemende rechtlijnige invloed van stoken op de verdamping (figuur 1).

Het waterverbruik is mede afhankelijk van de cultivar. Gedurende de nacht komen verschillen van 100% tussen cultivars onderling wel voor en overdag kunnen de

verschillen 5 -10% bedragen. Ook kan de ene cultivar s' nachts meer verdampen dan een andere cultivar en overdag juist andersom.



figuur 1. Verband tussen globale straling (buiten gemeten, J cm⁻² dag⁻¹) en het waterverbruik (mm dag⁻¹) van roos (First Red)

Toepassing van het watergeefrekenmodel bij rozenteelten op substraat

Voor het watergeefrekenmodel moeten de volgende zaken worden berekend en/of worden gemeten:

- * per minuut via een model berekenen en/of meten met behulp van een weegschaal van de verdamping van roos
- * per daglichtperiode berekenen van de wateropname voor versgewichttoename (groei)
- * meting, na elke watergift, van de gerealiseerde hoeveelheid drainwater
- * berekenen voor elke afzonderlijke watergift van het waterverbruikdeel, drainagedeel en correctiedeel (is het verschil tussen berekende en gemeten drain)

Gewasverdampingsmodel

Berekening van de gewasverdamping per minuut vindt plaats door middel van een verdampingsmodel.

In principe kan voor de berekening van de verdamping van roos elk model dat redelijk betrouwbaar is worden gebruikt. Het PBG gebruikt hiervoor het hieronder beschreven model. Door de toepassing van de terugkoppeling van de drain worden via het watergeefrekenmodel afwijkingen van het berekende met het gerealiseerde waterverbruik gecorrigeerd in de volgende watergiften.

In het watergeef rekenmodel worden twee berekeningen voor de verdamping gebruikt. De eerste (1) is de standaard formule. De tweede (2) berekening is alleen voor dagen met extreem hoge temperatuur en een zeer lage luchtvochtigheid buiten de kas. Een situatie die soms in de zomer optreedt.

Standaard berekening

$$Tr = (\alpha_r R + \beta_r Gm) Plf \quad \text{mm (1)}$$

Tr = verdamping mm min⁻¹ (liters per m² minuut)

α_r = door proeven vast gestelde gewasfactor (mm cm⁻² J⁻¹). norm $2.00 \cdot 10^{-3}$ die afhankelijk van de cultivar soms moet worden bijgesteld, tussen de grenzen $1.60 - 2.40 \cdot 10^{-3}$

(in de zomer kan het beste worden gecorrigeerd, bij steeds terug komende correcties, door middel van de factor (α_r) voor straling te veranderen)

Indien er steeds te weinig water wordt gegeven, het geen zichtbaar is aan de draincorrecties, kan verhoging van de normfactor het model verbeteren.

Bij een te veel aan water kan de normfactor worden verlaagd.

R = globale straling J cm⁻² min⁻¹

β_r = door proeven vastgestelde gewasfactor (mm min C⁻¹), norm $2.2 \cdot 10^{-5}$ die afhankelijk van de cultivar ook hierbij soms moet worden bijgesteld, tussen de grenzen $2.00 - 2.40 \cdot 10^{-5}$

(in de winter kan het beste worden gecorrigeerd, bij steeds terug komende correcties, door middel van de factor voor stoken (β_r) te veranderen)

Aanpassen van de normfactor kan nodig zijn en werkt op de zelfde manier als bij de factor straling. Geldt voor $6 \cdot \varnothing 51$ cm verwarmingsbuizen, bij een andere buisligging en/of diameter moet de factor worden aangepast.

Gm = "graad-minuut" is het verschil tussen de gemiddelde buistemperatuur en de gemiddelde kas luchttemperatuur gedurende een minuut.

Plf = plantgrootte factor (is actuele plantlengte gedeeld door de lengte van een volwassen plant. ($LAI > 3 = 1$))

LAI = leaf area index = vierkante meter blad per vierkante meter grondoppervlak

Berekening voor extreme omstandigheden

$$Tr = (\alpha_r R + \beta_r GM) s * [(175 - 1.5rv)] / 100 \quad \text{mm (2)}$$

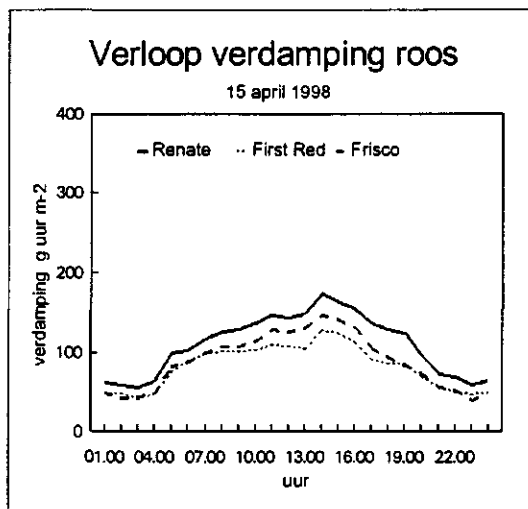
rv = relatieve luchtvochtigheid

Indien de buitentemperatuur gelijk is of hoger dan 22 °C en de rv buiten gelijk is of kleiner dan 50% gebruik dan berekening (2). In alle andere gevallen gebruik berekening (1)

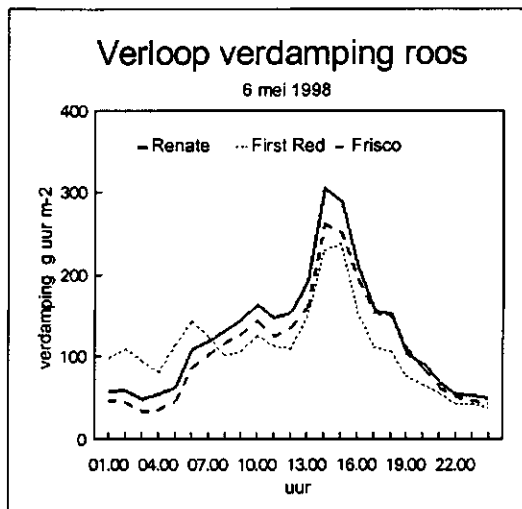
Cultivar-effect

Zoals reeds opgemerkt blijkt dat rozencultivars bij gelijke klimaatomstandigheden wat verdampingsniveau betreft nogal uit een kunnen lopen. Een duidelijk voorbeeld is de

cultivar Renate waarvan de verdamping aanmerkelijk groter is dan die van First Red (overdag verdampte in een onderzoek in het voorjaar First Red 33-40 % minder dan Renate en 's nacht 26-34% minder (figuur 2a). Geconstateerd is dat de huidmondjes opening/weerstand tussen cultivars bij overigens gelijke kasomstandigheden niet gelijk zijn en dit de verklaring kan zijn voor de verschillen in verdamping en daarmee in waterverbruik. De verschillen in waterverbruik tussen cultivars zijn niet het hele seizoen even groot en kunnen de dag- en/of nachtperiode ook wel eens omgekeerd zijn (figuur 2b).



figuur 2a. Verloop verdamping roos, invloed cultivar, 15 april 1998



figuur 2b. Verloop verdamping roos, invloed cultivar, 6 mei 1998

Berekening van wateropname voor versgewichtsgroei

Een punt van niet te verwaarlozen invloed is de hoeveelheid water die, met name gedurende de nacht, wordt opgenomen voor versgewichtsgroei (de nieuwe cellen strekken zich maximaal door water op te nemen). Na een dag met veel straling zal gedurende de nacht de wateropname in verhouding bijzonder groot zijn. Op die dagen, met vaak een grote stijging van de verdamping, treedt er zelf krimp op door wateronttrekking aan het gewas. In de avond wordt dit aan het gewas onttrokken water weer aangevuld en wordt in de verdere nacht ook water opgenomen voor nieuw versgewichtsgroei. Deze versgewichtsgroei is groter naar mate er op de voorafgaande dagperiode meer zon is geweest en een groter drogestofproductie, die wordt omgezet in meer cellen (is meer groei).

De wateropname voor versgewichtsgroei wordt in het model verrekend via berekening van de totale drogestofproductie gemiddeld per minuut tijdens de lichtperiode. De drogestofproductie wordt omgerekend naar een hoeveelheid water. In de erop volgende nacht- en dag periode wordt voor elke minuut tussen twee watergeefbeurten de wateropname voor groei in de berekening opgenomen. Door de grote pauzes gedurende de nacht zal de voor groei berekende wateropname vooral s' nachts worden verrekend. NB. Bij assimilatiebelichting is de nacht veel korter dan zonder belichting, echter het lichtniveau is veel lager dan gemiddeld overdag, waardoor de pauzetijd tussen watergeefbeurten toch relatief lang is.

$$W_{op} \text{ min}^{-1} t_0 = W_{op} 24ht_{0.1}/1440 \quad \text{mm (3)}$$

$$W_{op} 24ht_{0.1} = [47.3 + (par + 29)/(796 + par)] \% dg \quad \text{mm (4)}$$

$W_{op} \text{ min}^{-1}$ = wateropname voor vers gewichtsgroei (mm per minuut)

$W_{op} 24ht_{0.1}$ = wateropname per 24 uur

1440 = minuten per dag

t_0 = betreffende dag

$t_{0.1}$ = dag voor de betreffende dag

dg = droge stofpercentage norm = 25%

par = fotosynthese actieve straling (licht) $J \text{ cm}^{-2} \text{ dag}^{-1}$

*) formule van A.N.M. de Koning, 1993. Growth of a tomato crop. Measurements for model validation. Acta Horticulturae 328, 1993, blz. 141-146

Opbouw van het watergeefrekenmodel

$$\text{Gift}(a) = \text{waterverbruikdeel}(b) + \text{drainagedeel}(c) + \text{correctiedeel}(d) \quad \text{mm}$$

Gift = hoeveelheid water in mm (mm = liter per m^2)

Waterverbruikdeel = een berekende (ingestelde) hoeveelheid waterverbruik die moet worden bereikt om een watergeefbeurt in werking te stellen (gesommeerd waterverbruik is dan gelijk aan het berekende waterverbruikdeel), de grootte van het waterverbruikdeel hangt af van de ingestelde gift, het drainpercentage en de mate van berekende correctie.

Drainagedeel = een berekende extra hoeveelheid water (% van de verdamping).

Correctiedeel = een hoeveelheid water, positief of negatief, voor correctie bij afwijking van het achteraf gemeten waterverbruik en drain ten opzichte van het berekende waterverbruik.

Waterverbruik = gewasverdamping plus wateropname voor versgewichtsgroei.

Het waterverbruik wordt per minuut berekend en/of deels gemeten en per minuut opgeteld tot dat dit gelijk is aan het berekende waterverbruikdeel.

Drainagedeel (c) plus correctiedeel (d) wordt samen de startwaarde genoemd (Sw)

De startwaarde is het deel water dat wordt gegeven naast waterverbruikdeel Als startwaarde en waterverbruikdeel gelijk zijn aan de ingestelde gift wordt het watergeven gestart.

Het waterverbruik wordt per minuut berekend of gemeten met behulp van weegschalen. Berekening van het waterverbruik vindt plaats volgens de omschreven berekeningen (1) of (2) en (3).

De startwaarde wordt na meting van de gerealiseerde drain en berekening van het (nieuwe) waterverbruikdeel, (nieuwe) drainagedeel en eventueel (nieuw) correctiedeel in het model verrekend. Als norm wordt de drain gemeten na een gemeten of berekende verdamping van 50 % van de ingestelde gift).

Na dat de reeds verdampte hoeveelheid water plus startwaarde en de nog resterende verdamping gelijk is aan de ingestelde gift wordt er water gegeven.

Waterverbruikdeel, drainagedeel en correctiedeel worden als volgt berekend:

$$\text{waterverbruikdeel} = \frac{(\text{gift} - \text{correctiedeel})100}{100 + P} \quad \text{mm (5)}$$

$$\text{drainagedeel} = \frac{(\text{gift} - \text{correctiedeel})P}{100 + P} \quad \text{mm (6)}$$

P = percentage gewenste drain berekend t.o.v. de verdamping

$$\text{(nieuw) correctiedeel} = \text{(voorafgaande) startwaarde} - \text{gemeten drain} \quad \text{mm (7)}$$

$\text{(voorafgaande) startwaarde} = \text{(voorafgaand) drainagedeel plus (voorafgaand) correctiedeel.}$

Indien de (nieuwe) startwaarde de maximale gift overschrijdt, wat voor kan komen bij een zeer grote afwijking, dan wordt de overgebleven rest verrekend in de eerst volgende watergift(en).

Rekenvoorbeeld

Startpositie:

$$\begin{aligned} \text{setpoint gift} &= 0.3 \text{ mm} \\ \text{setpoint drain} &= 50\% = P \\ \text{correctie (start)} &= 0.0 \text{ mm} \end{aligned}$$

a. Berekening eerste watergift als programma wordt gestart

$$\begin{aligned} \text{waterverbruikdeel (b)} &= 0.2 \text{ mm} \quad (5) \quad (0.3 - 0.0)100/100 + 50 = 0.2 \text{ mm} \\ \text{drainagedeel (c)} &= 0.1 \text{ mm} \quad (6) \quad (0.3 - 0.0) 50/100 + 50 = 0.1 \text{ mm} \\ \text{correctiedeel (d)} &= 0.0 \text{ mm} \quad (7) \\ \text{Gift} &= 0.2 + 0.1 + 0.0 = 0.3 \text{ mm (a)} \end{aligned}$$

$$\text{startwaarde (Sw)} = 0.1 + 0.0 = 0.1 \text{ mm (c+d)}$$

b. Berekening tweede en volgende watergift

$$\begin{aligned} \text{gemeten hoeveelheid drain} &= 0.08 \text{ mm} \\ \text{(nieuw) correctiedeel} &= \text{(oude) startwaarde} - \text{gemeten drain} \\ \text{(nieuw) correctiedeel} &= 0.1 - 0.08 = 0.02 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{waterverbruikdeel (b)} &= 0.1866 \text{ mm} \quad (5) \quad (0.3 - 0.02)100/100 + 50 = 0.1866 \text{ mm} \\ \text{drainagedeel (c)} &= 0.0933 \text{ mm} \quad (6) \quad (0.3 - 0.02) 50/100 + 50 = 0.0933 \text{ mm} \\ \text{correctiedeel (d)} &= 0.02 \text{ mm} \quad (7) \end{aligned}$$

$$\text{Gift} = 0.1866 + 0.0933 + 0.02 = 0.3 \text{ mm (a)}$$

$$\text{startwaarde (Sw)} = 0.0933 + 0.02 = 0.1133 \text{ mm (c+d)}$$

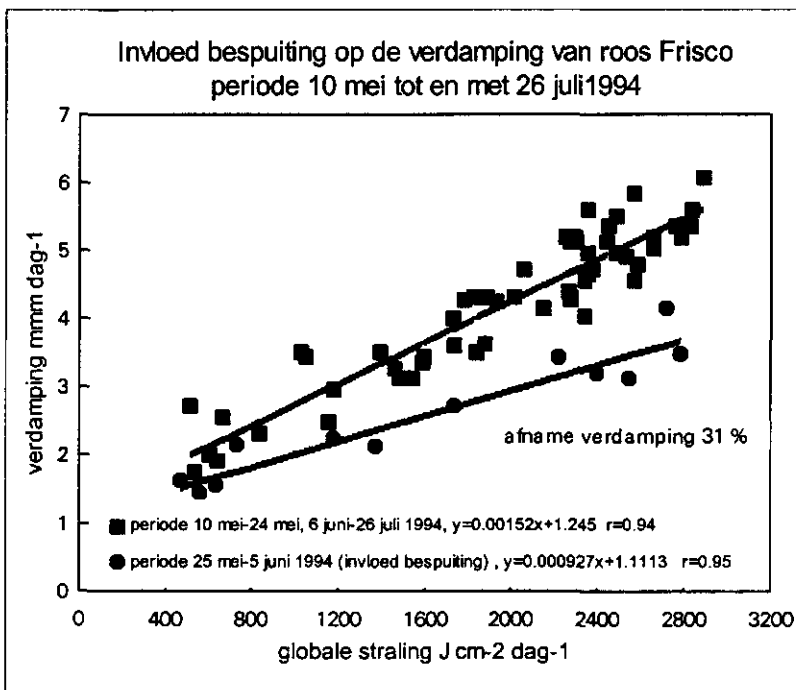
De startwaarde wordt na een berekende of gemeten waterverbruik van 50% van de ingestelde gift (0.15 mm) verrekend en opgeteld bij het reeds berekende of gemeten waterverbruik ($0.15 + 0.1133 = 0.2633$ mm).

Na meting of berekening van nog een (aanvullend) waterverbruik van 0.0367 mm wordt watergegeven en begint het hele proces opnieuw voor de volgende watergift.

Reactie van het watergeefrekenmodel op teelthandelingen

Met name in een rozenteelt kunnen er diverse teelthandelingen optreden die de waterbehoefte direct sterk beïnvloeden.

- * Meerdere malen is uit onderzoek gebleken dat bespuiting met bepaalde bestrijdingsmiddelen de verdamping en daarmee de waterbehoefte met 30-40% voor meerdere dagen kan reduceren (figuur 3).
- * Inbuigen van de primaire scheut vermindert de verdamping van roos voor meer dan een week. De eerste dag zelfs met 50%. Na ruim een week is de reductie weer te niet gedaan.
- * In een keer een rozengewas "opsnee" zetten reduceert direct de verdamping met wel 70%. Binnen drie dagen wordt, indien er voldoende groen "oud" blad aanwezig is de verdamping door dit "oude" blad voor honderd procent over genomen. Via drainmeting en terugkoppeling wordt voor deze "verstoringen" gecorrigeerd.



figuur 3. Invloed bespuiting met bestrijdingsmiddel op de verdamping van roos (Frisco) 10 mei tot en met 26 juli 1994

Een belangrijk punt waarmee rekening moet worden gehouden is het gegeven dat binnen een kas grote verschillen in verdamping en daarmee waterbehoefte kunnen optreden. Verdampingsverschillen treden zowel systematisch, bijvoorbeeld links en rechts van een goot op, als bij toeval tussen individuele planten onderling. Verschillen in verdamping tussen rijen/bedden rozen en planten onderling kunnen gedurende enkele uren wel oplopen tot 30-40%. Deze grote verschillen tussen rijen/bedden treden op tijdens zonnig weer. Gedurende de ochtend verdampen rijen of delen van een bed die meer licht onderscheppen aanzienlijk meer

dan rijen die minder licht onderscheppen, terwijl gedurende de middag door het draaien van de zon dit juist andersom is.

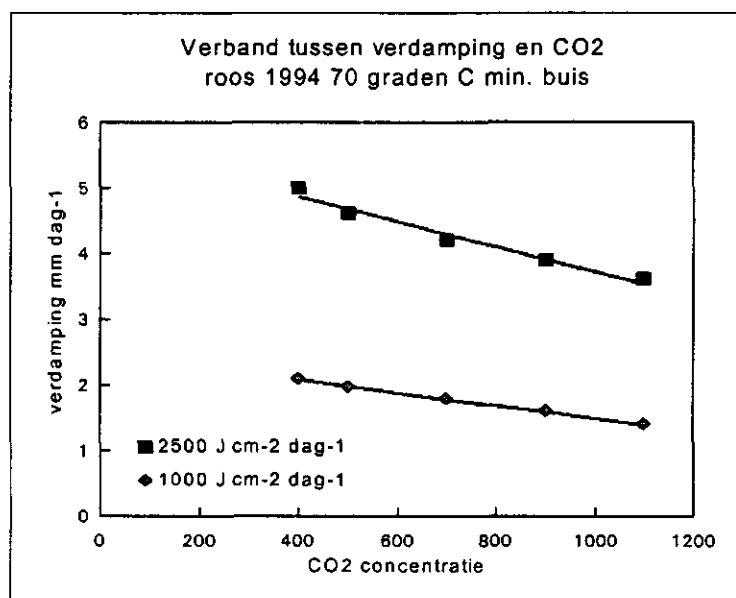
Vanwege genoemde verschillen in verdamping binnen een kas moet er altijd een zekere hoeveelheid extra water worden gegeven en moet het substraat een voldoende grote waterbuffer hebben. Er moet zeker voor een zonnige dag een voorraad van 5-6 liter per m² aanwezig zijn.

Invloed CO₂-concentratie op het waterverbruik

De concentratie van CO₂ in een kas is een belangrijke factor voor de mate van opening van huidmondjes. De huidmondjesopening is weer van invloed op de gewasverdamping en daarmee op het waterverbruik. Naarmate de CO₂-concentratie hoger is zullen huidmondjes zich meer of minder sluiten. De mate van sluiten hangt mede af van het soort gewas en zelfs cultivars van een zelfde gewas kunnen duidelijk verschillend reageren. Bij een verhoging van de CO₂-concentratie in de kas van 350 ppm naar een niveau van 700-800 ppm is wel geconstateerd dat de huidmondjes opening met 40% afneemt

Wat het gevolg voor het waterverbruik is hangt af van de omstandigheden, maar in het algemeen is het gevolg betrekkelijk klein. Een en ander is als volgt te verklaren:

Door sluiting van huidmondjes bij een hoge(re) CO₂-concentratie daalt, ten gevolge van de afname van de gewasverdamping, de luchtvochtigheid in de kas. Door de afname van verdamping stijgt vervolgens de bladtemperatuur, waardoor de dampspanning in het blad toeneemt. De toegenomen dampspanning in de plant en de lagere dampspanning van de drogere kaslucht vergroten de verdampende kracht en zal hierdoor de "verminderde" verdamping ten gevolge van een hogere CO₂-concentratie voor een deel compenseren. Het is een zogenaamd terugkoppelingproces. Het totale effect van CO₂-concentratieverhoging van 350 naar 700-800 ppm is hierdoor slechts 10-20% minder verdamping, terwijl de huidmondjes toch voor circa 50% meer gesloten zijn (figuur 4).



figuur 4. Invloed CO₂-concentratie op de verdamping van roos (Frisco), juni 1994

De grootte van het terugkoppelingseffect hangt van meerdere factoren af. Voor rozen blijkt het nog gecompliceerder te zijn dan bijvoorbeeld bij groentegewassen, doordat de reactie van huidmondjes op onder andere CO₂ per rooscultivar sterk kan verschillen. Een indeling maken van rooscultivars op huidmondjes opening kan hierbij van pas komen, maar is gezien het grote aantal cultivars en nieuwe cultivars nauwelijks te realiseren. De hiervoor genoemde percentages geven dan ook niet meer dan de orde van grootte aan. Verschillen in gewasverdamping ten gevolge van CO₂-verschillen worden door het model opgevangen, waardoor het niet noodzakelijk is om een volledig kloppende berekening, inclusief het CO₂-effect, van de gewasverdamping te gebruiken.

Invloed plantgrootte op het waterverbruik

Naast klimaatfactoren is de plantgrootte, de mate van lichtonderschepping door het rozengekas, van invloed op het waterverbruik. Een rozengekas verdampt bij een gegeven hoeveelheid straling maximaal in een toestand waarbij een maximale bodembedekking en/of stralingsinterceptie wordt bereikt ($LAI > 3$). Door ingrepen tijdens een rozenteelt, zoals oogsten, inbuigen, snoeien en bladval kan ook bij reeds volgroeide planten op bepaalde momenten de lichtonderschepping (tijdelijk) beneden maximaal komen. Ook hierbij geldt dat het model via terugkoppeling hiervoor corrigeert. Vermelden bij welke plantlengte en plantdichtheid rozen maximaal licht onderscheppen, maximaal verdampen, is door de vele factoren die hierbij van invloed zijn niet eenvoudig aan te geven. Grof weg zal bij een dicht gegroeid rozengekas met een lengte van 50 - 70 cm de verdamping maximaal zijn bij een bepaald lichtniveau. Dit geldt min of meer ook voor het effect van stoken.

Waterverbruik gedurende de nacht (is donkere periode)

Uit onderzoek blijkt dat het waterverbruik van een rozengekas gedurende de nachtperiode, zowel absoluut als relatief, vrij groot kan zijn. Gedurende de zomermaanden met niet of weinig stookinvloed vindt 5-8% van het totale waterverbruik tijdens de (korte) nachtperiode plaats. In de winter, met lange nachten en veel stookinvloed, kan dit percentage oplopen tot ruim 50% van het totale waterverbruik per etmaal. Zowel het water opgenomen voor versgewichtstoename als de met stoken in de kas gebrachte energie dragen bij tot het relatief grote waterverbruik gedurende de nacht.

Of gedurende de nacht het verbruikte water moet worden aangevuld is in de praktijk nog steeds een punt van discussie. Onderzoek waarbij gedurende de nacht wel en niet water werd gegeven heeft tot nu toe bij groentegewassen geen duidelijk betrouwbaar verschil in productie of kwaliteit kunnen aan tonen. Voor het goed functioneren van het watergeefrekenmodel is het echter aan te bevelen om, als het model dat aangeeft, ook water te geven. Door het relatief geringe waterverbruik gedurende de nacht zal dit slechts een enkele keer per nacht nodig zijn.

In de praktijk zal, als er discussie is over 's nachts al of niet water geven, veelal sprake zijn van te vaak en hiermee te veel water gegeven gedurende de nacht. Een te nat substraat kan hier het gevolg van zijn en in dat geval is het beter om 's nachts geen water te geven. Bij gebruik van het model treedt dit probleem niet op.

Invloed kunstmatige belichting op waterverbruik

Kunstmatige belichting verhoogt de gewasverdamping met gemiddeld enkele tientale procenten per dag. Dit komt omdat de planten langer fotosyntheseren en de huidmondjes

langer en verder open staan. Bovendien worden de planten verwarmd. Er is echter nogal wat verschil in procentuele verhoging tussen nacht en dag. Hoewel de gewasverdamping gedurende de nacht absoluut veelal klein is kan de invloed van kunstmatige belichting gedurende de nacht procentueel bijzonder groot zijn. Als de lampen branden is het voor de plant geen nacht meer. Hoe groot de invloed is hangt van meerdere factoren af. Per cultivar is het effect van kunstmatige belichting verschillend. De cultivar Renate verdampt bij natuurlijk licht meer dan een cultivar First Red of Frisco en dit verschil in reactie wordt ook gemeten bij kunstmatige belichting. De verschillen tussen cultivars zijn echter niet het gehele teeltseizoen relatief even groot en kunnen wat de dag- en nachtperioden betreft ook wel eens omgekeerd zijn. Uiteraard is de sterkte van de lampen ook bepalend voor het effect op de gewasverdamping. De invloed gedurende de nacht van belichten met Son T plus 400 Watt lampen (1 lamp 10 m²), kan oplopen tot meer dan 400% bij 24 uur belichten en over dag tot 22% (lampen aan beneden een waarde van 150 W m²). Bij 18 uur belichten werden waarden gemeten van respectievelijk tot 215% s' nachts en 7% overdag ten opzichte van niet belichten.

De invloed van kunstmatige belichting wordt door het watergeefrekenmodel automatisch verrekend. Het is ook mogelijk om de energie van de assimilatiebelichting via het model te verrekenen als stralingsenergie in J cm⁻² min⁻¹. $J\text{ cm}^{-2}\text{ min}^{-1} = \text{Watt} * 0.36/60$. Een lamp van 400 Watt per 10 m² geeft per minuut: $400/10 * 0.36/60 = 0.24\text{ J cm}^{-2}\text{ min}^{-1}$. Bij een assimilatiebelichting van 14 uur is dat $14 * 60 * 0.24/0.70 * 0.002 = 0.58\text{ mm}$ per 14 uur. In de gevallen waarbij niet met een volledig watergeefrekenmodel wordt gewerkt zal door de tuinder zelf die extra watergift van 0.58 mm moeten worden ingesteld.

Startbakken en weegschalen werkingsprincipe

Naast het gebruik van een watergeefrekenmodel kunnen ook de zogenaamde startbak of weegschalen worden gebruikt om de watergift te regelen.

Een startbak is een bak waar in een aantal planten wordt geteeld en waarbij door middel van de meting van het waterniveau onder in de bak de watergift wordt geregeld. In veel gevallen is aan de bak tevens een meting van de hoeveelheid drainwater gekoppeld die voor controle en correctie kan dienen. Startbakken meten in principe het waterverbruik.

Met weegschalen wordt in het geval van rozen alleen de verdamping gemeten en bij de nieuwere opstellingen met weegschalen wordt ook de hoeveelheid drainwater gemeten. Beide gegevens kunnen worden toegepast in een watergeefregeling.

In de eerste plaats moet een startbak en weegschaal technisch goed functioneren en indien gekoppeld ook de hoeveelheid drainwater nauwkeurig kunnen meten. De planten op de startbak en weegschaal moeten goed vergelijkbaar zijn met de overige planten in de kas. Een probleem is ook hierbij dat binnen een kas grote verschillen in waterverbruik kunnen optreden. Vier meetopstellingen per hectare zijn voor een bruikbaar gemiddelde zeker nodig. Optimaal is per kraanvak een meetopstelling met de mogelijkheid om per kraanvak te regelen en te corrigeren.

Weegschalen kunnen een onderdeel zijn van een watergeefrekenmodel maar kunnen ook afzonderlijk functioneren.

Doorspoelen

Bij zowel teelten op substraat als teelten in grond is het nodig meer water te geven dan er in de mat of plaatselijk in de grond kan worden opgenomen (overmaat), dit voorkomt zoutophoping en zorgt er voor dat een verschil in watergehalte, veroorzaakt door verschillen in verdamping, bij ieder gietbeurt wordt weggewerkt. Na een gietbeurt zijn alle matten min of

meer even nat.

Over hoeveel en wanneer er bij teelten moet worden doorgespoeld bestaat in de praktijk ook een hele discussie. Vaak is deze discussie in samenhang met de vraag in hoeverre in de loop van een teelt of van het seizoen het vochtgehalte in het substraat hoger of lager moet zijn. In hoeverre verschillen in vochtgehalte positief zijn is nog een punt van onderzoek.

Ervaring in de praktijk zowel als van uit onderzoek tonen aan dat een in verhouding groot doorspoel percentage bij rozen gewenst is. 50% blijkt een goede waarde.

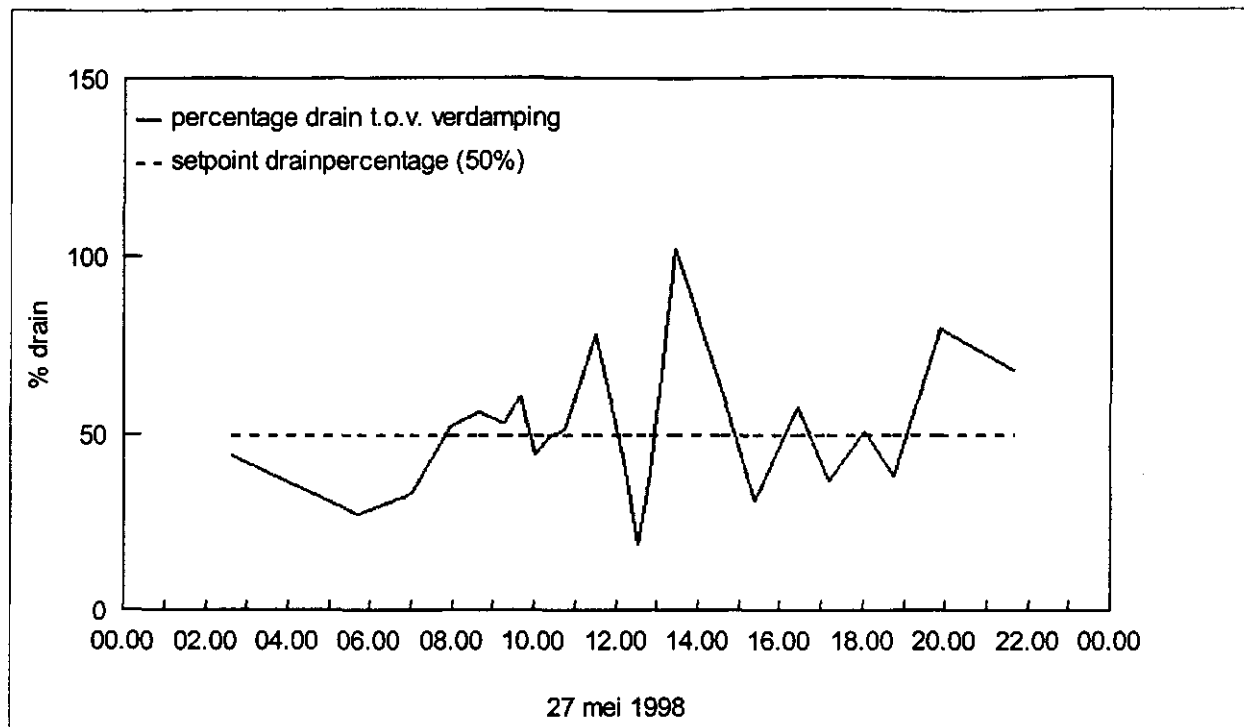
Gietfrequentie

Evenals de discussie 's nachts wel of niet water geven is er in de praktijk de vraag hoe frequent moet er water worden gegeven. Proeven met een verhouding 1:10 bij een aantal groentegewassen hebben, bij een overigens gelijke hoeveelheid water per dag, nooit enig verschil in productie en/of kwaliteit kunnen aantonen. Om het watergeefrekenmodel goed te laten functioneren en bij afwijking de nodige correcties te kunnen toepassen moet de gietfrequentie ook op donkere dagen niet te klein zijn. Lager dan vijf/zes keer per dag is ook op donkere dagen te gering en een maximum van 30-35 keer per dag op zonnige dagen is voldoende. Gietfrequenties tot 50/60 keer per dag hebben echter nooit enig probleem met het gewas gegeven zolang de overmaat maar weg kan lopen, zodat de mat niet te nat blijft, waardoor zuurstofgebrek kan ontstaan.

Veranderingen in vochtgehalte mat

Bij de teelt van rozen wordt de mat in de meeste gevallen meerdere jaren gebruikt. Onderzoek heeft aangetoond dat, naar mate de matten ouder worden, het uitdraineren van de substraatmatten steeds trager gaat verlopen. De matten zakken wat in waardoor het vocht langer wordt vastgehouden. Bovendien blijven er steeds meer organische resten in de mat achter en vindt er op bepaalde plaatsen in de mat zoutophoping plaats. Dit alles heeft duidelijke consequenties voor het vochtgehalte in een mat en het drain percentage gemeten na elke watergift. De kans op zuurstofgebrek bij te veel watergeven neemt hierdoor ook nog extra toe. Op momenten met een groot waterverbruik wordt al weer een watergift gestart zonder dat alle drainwater van de voorafgaande watergift is bepaald. Het model reageert hierop via de terugkoppeling door extra water te berekenen en te geven, terwijl dit in feite niet nodig is en er nog water in de mat aanwezig is, verklaring: omdat er geen (te laat) drain wordt gemeten "denkt" het model dat al het gegeven water is verbruikt, terwijl dit niet het geval is. Op het moment dat de pauzetijd tussen twee watergiften weer groter wordt komt er alsnog nog een deel drainwater uit de mat. Het watergeefrekenmodel werkt hierdoor opnieuw niet geheel correct. Er zijn aanwijzingen dat ook nieuwe matten gedurende de dag nogal kunnen verschillen in watergehalte zonder dat dit samenhangt met wateronttrekking uit de mat door het gewas.

Per watergeefbeurt het drainpercentage regelen exact naar wat is ingesteld is technisch niet of nauwelijks haalbaar en is ook niet noodzakelijk voor een optimale groei. Per dag gemiddeld het ingestelde drainpercentage bereiken lijkt vooralsnog prima te werken. (zie figuur 5)



Figuur 5. Verloop (drainpercentage roos (First Red), drie jaar oude glaswolmatten en watergift via het watergeefrekenmodel, 27 mei 1998

De watergift bij teelten in de volle grond

Een groot gedeelte van de rozenteelt onder glas vindt nog plaats in de volle grond en ook bij deze teelten is een nauwkeurige watergift van belang.

Bij het bepalen van de grootte van de watergift bij teelten in de volle grond moet behalve met het waterverbruik door het gewas rekening worden gehouden met een aantal bijkomende factoren.

Zo heeft de grond waarin wordt geteeld invloed op de hoeveelheid water die moet worden gegeven. Factoren als grondsoort, grondwaterstand, structuur, vochthoudend vermogen, doorlatendheid en capillaire aanvoer zijn van invloed. Een en ander komt vooral tot uiting in de capillaire aanvoer (opdrachtigheid) en de verliezen van water naar het grondwater (wegzijging).

Op zandgronden, die niet diep zijn ontwaterd en een vast grondwaterpeil, kan meestal minder water worden gegeven dan op kleigronden. De capillaire aanvoer is in deze situatie vrij groot. Niet al te zware kleigronden hebben weer een groter vochtbergend vermogen dan zandgronden.

Op zware kleigronden kunnen, vooral bij plaatselijk watergeven, geleidelijk aan grote en diepe scheuren ontstaan. Op deze gronden moet de watergift veelal aanzienlijk groter zijn dan het werkelijke waterverbruik inclusief het deel om door te "spoelen", omdat een deel van het gegeven water via scheuren direct naar de ondergrond verdwijnt en niet ter beschikking komt van het gewas.

Uit onderzoek op een groot aantal bedrijven bleek dat naarmate de grondwaterstand lager was dan 85 cm maaiveld er in de maanden mei tot en met juli meer water werd gegeven dan op bedrijven met een "ondiepe" grondwaterstand van 70 cm of minder beneden maaiveld. In deze laatste groep kwamen overwegend zandgronden voor. In de eerste groep met een ontwateringsdiepte van 85 of meer cm kwamen overwegend kleigronden voor. In principe kan bij teelten in de volle grond ook water worden gegeven met het watergeefrekenmodel met dit verschil dat niet of nauwelijks kan worden terug gekoppeld en

worden gecorrigeerd door middel van een drainmeting. Terugkoppelen is ook bij teelten in de grond echter belangrijk en zal op een ander wijze moeten plaatsvinden. Hiervoor komen tensiometers of vochtmeters in aanmerking waarmee continu wordt gemeten. Zij kunnen onderdeel vormen van het watergeefrekenmodel. De eerste proeven van het watergeefrekenmodel bij enkele chrysantenteelten in de grond met tensiometers en/of vochtmeters als terugkoppeling lopen nu en lijken goede mogelijkheden te bieden. Tensiometers en/of vochtmeting zijn bij deze proeven als terugkoppeling in het watergeefrekenmodel ingevoerd.

In die gevallen waarbij geen terugkoppeling mogelijk is kan berekening van de waterbehoefte (verdamping- en groei-model) toch nog een bruikbare leidraad zijn om de watergift op de behoefte van een rozengeewas af te stemmen. Alleen zal door de kweker dan zelf de invloed van grond en grondwater moeten worden ingeschat.

Eisen aan het watergeefstelsel

Om op een juiste wijze met een watergeefrekenmodel te werken moeten van tevoren een aantal zaken bekend zijn.

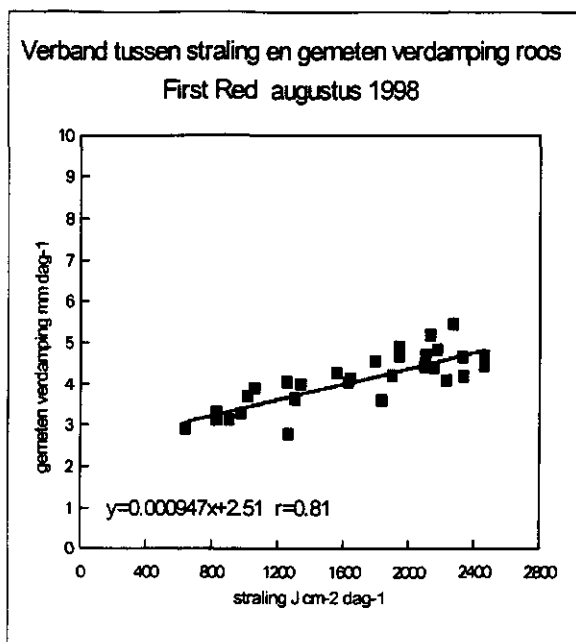
- * De waterafgifte van de druppelaars (of een ander soort watergeefstelsel) moet bekend zijn en omgerekend in mm ($\text{mm} = \text{liter per m}^2$) in het watergeefrekenmodel worden vermeldt.

Hierbij is het van groot belang dat alle druppelaars overal de zelfde waterafgifte hebben en dat de afgifte in de loop van een teelt niet verandert. Regelmatig controleren door middel van metingen op een groot aantal plaatsen in een kas of kasafdeling (20-40 meetpunten per kas(afdeling) is noodzakelijk

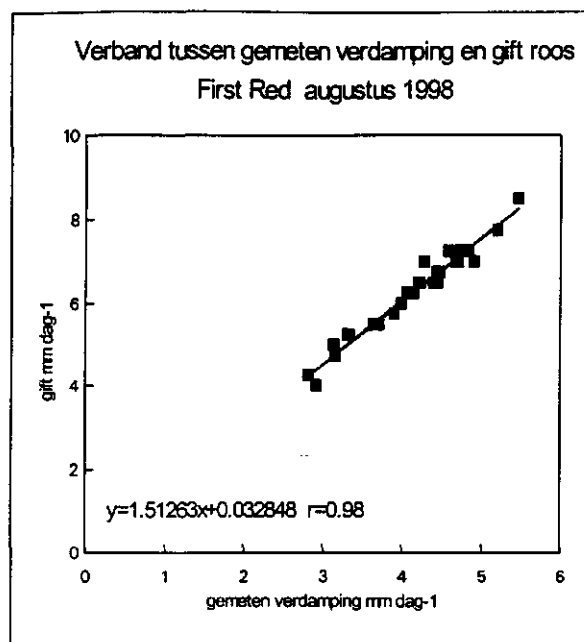
- * Het komt nogal eens voor dat litertellers te veel afwijken (+ 10% tot -10 % afwijking is geen uitzondering).
- * Dit geldt ook voor drainmetingen. Regelmatig controleren is dan ook zeer noodzakelijk. Een juist aanwijzing van de literteller zegt overigens niets van een juiste onderlinge verdeling tussen druppelaars of andere watergeefsystemen.
- * De capaciteit van de watergeefinstallatie moet zeker 1.5 liter per m^2 per uur bedragen

Waterbehoefte

Verschillen in waterbehoefte kunnen van dag tot dag in Nederland sterk uit een lopen en variëren van 1,5 tot 6 mm en onder extreme omstandigheden kan in de zomer het waterverbruik zelfs oplopen tot 7 - 8 mm per dag. Op zulke dagen kan de verdamping per minuut wel oplopen tot 14 - 20 gram per m^2 . Bij de gift komt hier nog eens 30 - 50 % bij om "door te spoelen". Hetgeen betekent dat de watergeefinstallatie voldoende capaciteit moet hebben. In de praktijk schiet dit nogal eens te kort. Wat voor wijze van water geven ook wordt gekozen een juiste op de behoefte afgestemde watergift is essentieel voor een optimale groei en productie van rozen. Het is van belang om gedurende een dag voor elke watergeefbeurt de juiste hoeveelheid en het juiste moment te kiezen. Voorkomen moet worden dat, ook als er per dag genoeg water wordt gegeven, er per watergeefbeurt te weinig of te veel wordt gegeven of te vroeg af te laat wordt gestart met water geven. Grote wisselingen zijn niet bevorderlijk voor een goede groei. Water geven op het "gevoel" of alleen op straling, wat in de praktijk vaak al als voldoende wordt gezien, is zeker niet optimaal. In figuur 6 is duidelijk zichtbaar dat watergeven op alleen straling beduidend minder nauwkeurig is dan met het watergeefrekenmodel.



Figuur 6a. Verband tussen globale straling en de met een weegschaal gemeten verdamping van roos (First Red), augustus 1998



Figuur 6b. Verband tussen de met een weegschaal gemeten verdamping van roos en de gerealiseerde (gecorrigeerde) gift (First Red), augustus 1998

Het onderzoek "*Watergeven bij rozen onder glas*" werd mede mogelijk door sponsoring door de volgende bedrijven:

Grodan Rockwool

Roermond

Cultilène

Zoetermeer

Jan Spekkwekerijen B.V.

Boskoop

De Ruiter's New Roses International B.V.

Boskoop

Preesman

Naaldwijk