



Effect van substraat op *Pythium* bij komkommer

Dirk Jan van der Gaag, Chantal Bloemhard, Gerrit Wever en Karin Vellekoop

Project 433066

© 2002 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 is niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen die kunnen ontstaan bij gebruik van gegevens uit deze uitgave.

PPO Publicatienr. 566: € 35

Dit onderzoek is gefinancierd door het Productschap Tuinbouw te Zoetermeer

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.

Sector Glastuinbouw

Adres : Kruisbroekweg 5, Naaldwijk
: Postbus 8, 2670 AA Naaldwijk
Tel. : 0174-636700
Fax : 0174-636835
E-mail : infoglastuinbouw@ppo.dlo.nl
Internet : www.ppo.dlo.nl

Inhoudsopgave

pagina

SAMENVATTING.....	5
1 ALGEMENE INLEIDING.....	7
2 EFFECT VAN DE SUBSTRATEN STEENWOL, KOKOS EN PUIMSTEEN OP <i>PYTHIUM</i> AANTASTING BIJ KOMKOMMER.....	9
2.1 Inleiding	9
2.2 Doel.....	9
2.3 Materiaal en methoden.....	9
2.3.1 Substraten	9
2.3.2 Teeltsysteem.....	9
2.3.3 Watergift.....	10
2.3.4 Besmetten met <i>Pythium</i>	10
2.3.5 Waarnemingen.....	10
2.3.6 Analyse van de resultaten	11
2.4 Resultaten.....	11
2.4.1 Aantasting door <i>Pythium</i> en opbrengst.....	11
2.4.2 pH en vochtgehalte	14
2.4.3 Wortelverdeling.....	14
2.5 Discussie	15
3 EFFECT VAN DE SUBSTRATEN STEENWOL, KOKOS, PUIMSTEEN EN PERLIET OP <i>PYTHIUM</i> AANTASTING BIJ KOMKOMMER	17
3.1 Inleiding	17
3.2 Materiaal en methoden.....	17
3.2.1 Substraten en plantmateriaal	17
3.2.2 Teeltsysteem.....	17
3.2.3 Watergift.....	17
3.2.4 Behandelingen en besmetten met <i>Pythium</i>	17
3.2.5 Vochtgehalte	18
3.2.6 Zuurstofconcentratie	18
3.2.7 Temperatuur	19
3.2.8 Waarnemingen aan het gewas.....	19
3.2.9 Analyse van de gegevens	19
3.3 Resultaten.....	19
3.3.1 Aantasting door <i>Pythium</i> en plantgewicht	19
3.3.2 Wortelverdeling in het substraat.....	21
3.3.3 Vochtgehalte	21
3.3.4 Zuurstofgehalte	22
3.3.5 Temperatuur en pH.....	22
3.4 Discussie	23
4 EFFECT VAN DE HOOGTE VAN HET SUBSTRAAT OP AANTASTING VAN KOMKOMMER DOOR <i>PYTHIUM</i>	25
4.1 Inleiding	25
4.2 Doel.....	25
4.3 Materiaal en methoden.....	25

4.3.1	Substraten, teeltsysteem en plantmateriaal.....	25
4.3.2	Watergift.....	26
4.3.3	Behandelingen en besmetten met <i>Pythium</i>	26
4.3.4	Wortelverdeling.....	27
4.3.5	Vochtgehalte	27
4.3.6	Temperatuur	27
4.3.7	Waarnemingen aan het gewas.....	27
4.3.8	Analyse van de resultaten.....	27
4.4	Resultaten.....	27
4.4.1	Aantasting door <i>Pythium</i> en plantgewicht	27
4.4.2	Wortelverdeling in het substraat.....	27
4.4.3	Vochtgehalte	29
4.4.4	Temperatuur	30
4.5	Discussie	31
5	CONCLUSIES	33
6	LITERATUUR.....	35
	BIJLAGE I FYSISCHE EIGENSCHAPPEN SUBSTRATEN	37

Samenvatting

De effectiviteit van biologische middelen tegen *Pythium* bij de teelt van komkommer op steenwol is gering. Om het gebruik en de afhankelijkheid van chemische middelen ter voorkoming en bestrijding van *Pythium* te verminderen zijn dus alternatieven nodig. Op basis van bekende verschillen in biologische en fysische kenmerken van verschillende substraten bestond het vermoeden dat tussen de diverse substraten grote verschillen kunnen bestaan in ziekteverendheid tegen *Pythium*. In dit onderzoek is gekeken naar verschillen tussen de substraten steenwol, kokos, puimsteen en perliet voor wat betreft weerstand tegen *Pythium*. Tevens is gekeken naar het effect van substraathoogte op *Pythium* en zijn diverse metingen (volume water, zuurstofgehalte, temperatuur) uitgevoerd aan de substraten om verschillen in ziekteverendheid tussen substraten te kunnen verklaren.

In de 3 kasproeven die zijn uitgevoerd hadden steenwolmatten een zeer lage weerstand tegen *Pythium* in vergelijking met kokos, puimsteen (2-6 mm) en perliet (no. 2: 0.6 – 2.5 mm). De verschillen tussen kokos, puimsteen en perliet waren klein en statistisch niet significant. Kokos heeft mogelijk een hogere weerstand tegen *Pythium* dan steenwol omdat het organische substraat kokos vermoedelijk een actiever microleven heeft dan steenwol. Dit mogelijk ziekteonderdrukkende mechanisme is in dit onderzoek niet onderzocht. In het onderzoek is gekeken naar verschillen in fysische omstandigheden in de substraten om verschillen in weerstand tegen *Pythium* te kunnen verklaren. Hieruit bleek dat verschillen in temperatuur of zuurstofgehalten verschillen in weerstand tegen *Pythium* tussen steenwol enerzijds en puimsteen en perliet anderzijds niet konden verklaren. Om de verschillen te kunnen verklaren en om aanbevelingen te kunnen doen voor de praktijk werd het effect van substraathoogte op *Pythium* onderzocht bij steenwol en perliet. Hiertoe werden komkommerplanten geteeld op een standaard steenwolmat (hoogte 7 cm), op een 7-cm hoge laag perliet, of werd onder de pot een extra substraatlaag van 7 cm aangebracht resulterende in substraathoogte van 14 cm onder de pot. Daarnaast werd bij de 14-cm hoge substraten *Pythium* op 2 verschillende hoogten aangebracht: 4 of 11 cm onder de pot. Vijfenzeventig procent van de planten geteeld op een enkele laag steenwol was dood 23 dagen na planten terwijl bij de andere behandelingen het percentage dode planten varieerde van 0 tot 17 %. Verdubbeling van de substraathoogte had bij steenwol dus een zeer groot effect op de weerstand tegen *Pythium*, maar bij perliet was er geen duidelijk verschil bij substraathoogten van 7 en 14 cm wanneer *Pythium* was aangebracht 4 cm onder de pot. Het gemeten vochtgehalte in de diverse substraten en op verschillende hoogten in het substraat kon de verschillen in plantuitval door *Pythium* goed verklaren. Het hoge vochtgehalte in de steenwolmatten was vermoedelijk de belangrijkste reden voor het relatief hoge percentage plantuitval op dit substraat. Door verdubbeling van de hoogte van het steenwolsubstraat werden de bovenste centimeters van het substraat veel droger wat het veel geringere percentage plantuitval kan verklaren op het 14-cm hoge substraat in vergelijking met het 7-cm hoge steenwolsubstraat.

Het onderzoek heeft aangetoond dat het risico op *Pythium* bij komkommer en vermoedelijk ook bij andere gewassen kan worden verminderd door substraatkeuze: teeltsystemen met kokos, perliet (0.6 – 2.5 mm) of puimsteen (2 – 6 mm) hebben een hogere weerstand tegen *Pythium* dan systemen waarbij wordt geteeld op steenwolmatten met een matdikte van 7 cm. In steenwol kan de kans op uitval door *Pythium* sterk worden verminderd door de substraathoogte onder de pot te verdubbelen. Een vergelijkbaar effect kan mogelijk ook worden verkregen door (zeer) droog te telen op steenwolmatten met een standaardhoogte van 7 cm. Telen op (zeer) droge matten heeft echter wel risico's voor de productie door de lage vochtbuffer en het kleine bewortelbare volume van een dergelijk droog substraat.

1 Algemene inleiding

Pythium en *Phytophthora* ziekten kunnen bij verschillende gewassen geteeld in kunstmatig substraat, o.a. komkommer, Bouvardia en roos, grote schade veroorzaken. Daarom worden in deze teelten vaak preventief chemische middelen ingezet. Het Nederlandse beleid is erop gericht het gebruik aan chemische gewasbeschermingsmiddelen drastisch te verminderen (zie nota “Zicht op gezonde teelt” van het Ministerie van LNV, 2001). Om dit doel te kunnen bereiken zonder de rentabiliteit van diverse teelten in gevaar te brengen zijn alternatieve methoden/strategieën nodig om ziekten en plagen te voorkomen of te bestrijden. Een alternatief is de inzet van biologische middelen. In onderzoek zijn tot nu toe echter geen biologische middelen gevonden met een voldoende groot effect tegen *Pythium* of *Phytophthora* ziekten in substraatteelten. Het onderzoek naar biologische middelen heeft zich veelal beperkt tot het meest gebruikte substraat, steenwol. Niet bekend is of er verschillen zijn tussen de diverse in de praktijk gebruikte substraten t.a.v. de receptiviteit voor *Pythium* en *Phytophthora* ziekten. Wel zijn er aanwijzingen in de praktijk dat minder wortelziekten optreden in puimsteen dan in steenwol. Daarnaast kunnen op basis van het type substraat (wel/niet inert) en de water-luchthuishouding verschillen worden verwacht in de mate van receptiviteit voor ziekten veroorzaakt door *Pythium* of *Phytophthora* soorten. Een hoger luchtgevuuld poriënvolume in potgrondmengsels bijvoorbeeld correleerde in diverse onderzoeken met minder *Phytophthora* wortelrot. (Ownley, et al., 1990; Ownley & Benson, 1991). Er bestaan grote fysische en biologische verschillen tussen substraten en mogelijk kan door keuze van het substraat het risico op wortelziekten veroorzaakt door *Pythium* of *Phytophthora* spp. aanzienlijk worden verminderd.

Het doel van dit onderzoek was het vergelijken van de receptiviteit/ziektewerendheid van de in de Nederlandse glastuinbouw meest voorkomende substraten, steenwol, perliet, kokos en puimsteen t.a.v. *Pythium* wortelrot. Als toetssysteem werd hierbij komkommer – *P. aphanidermatum* gekozen omdat met deze waardplant-pathogeen combinatie ruime ervaring is en omdat *Pythium* rot een belangrijke ziekte is in het economisch belangrijke gewas komkommer. Onderzocht werd of verschillen in receptiviteit tussen substraten (deels) konden worden verklaard door verschillen in vochtgehalte, temperatuur en/of zuurstofgehalte in het substraat. Hierbij is tevens onderzocht wat het effect is van de hoogte van het substraat op aantasting van komkommer door *Pythium*.

2 Effect van de substraten steenwol, kokos en puimsteen op *Pythium*-aantasting bij komkommer

2.1 Inleiding

Uit diverse onderzoeksprojecten uitgevoerd door verschillende instanties is gebleken dat de huidige beschikbare biologische middelen geen of slechts een klein effect hebben tegen *Pythium* rot bij komkommer. Komkommer werd in dat onderzoek geteeld op steenwol omdat dat (op dat moment) het meest gebruikelijke substraat was. Steenwol lijkt voor het pathogeen *Pythium* echter zeer gunstige omstandigheden te creëren: het substraat biedt geen of nauwelijks voeding voor evt. antagonistische populaties van microörganismen en onderin het substraat (de mat) bevindt zich gedurende de gehele teelt een met water verzadigde laag. *Pythium* aantasting treedt mogelijk minder ernstig op in substraten die organische stoffen bevatten (b.v. kokos) en in substraten met een lager vochtgehalte tijdens de teelt (b.v. puimsteen).

2.2 Doel

Bepalen of er verschillen bestaan in receptiviteit voor *Pythium* tussen de substraten steenwol, kokos en puimsteen onder teeltomstandigheden die gebruikelijk zijn voor de praktijk.

2.3 Materiaal en methoden

2.3.1 Substraten

Drie verschillende substraten werden gebruikt: steenwolmatten (Cultilène éénjarig, afmetingen 100 x 15 x 7.5 cm; de hoogte zakte tijdens het gebruik naar 7 cm); kokosplanken (Van der Knaap Groep, Forteco basic, afmetingen 100 x 15 x 7 cm; de hoogte van 7 cm werd bereikt na bevochtiging) en puimsteen (Bol Peat Import BV; fractie 2-6 mm). De fysische eigenschappen van de gebruikte substraten zijn niet bepaald. In de literatuur zijn echter gegevens bekend over de fysische karakteristieken van de diverse substraten, (Bijlage I).

2.3.2 Teeltsysteem

De steenwolmatten en kokosplanken werden in librabakken gelegd. Puimsteen werd geplaatst in emmers. Bouwemmers van 12 liter (diameter bovenkant 28 cm, diameter onderkant 23 cm) werden elk gevuld met 10 liter puimsteen. De substraathoogte was hierbij 18,5 cm. Op 2 cm vanaf de bodem was in de wand van de emmer een rechthoekig draingaat gemaakt van 1 x 4 cm (h x b) groot. De steenwolmatten en kokosplanken lagen in plastic hoezen en werden via druppelaars vochtig gemaakt met voedingsoplossing (vol gezet). Na volzetten van de matten en planken werden draingaten gemaakt door met een mes aan weerszijden aan de onderkant van de mat een scheur van ca 3 cm in de plastic hoes te maken. Voor het nat maken van het puimsteen werden de draingaten eerst dichtgeplakt met tape, waarna voedingsoplossing in de emmer werd gedruppeld. Vervolgens werd de tape verwijderd. Op een veldje (een goot van 335 cm lengte) werden 3 matten/planken geplaatst of 6 emmers. De librabakken met de steenwolmatten en kokosplanken werden m.b.v. piepschuimblokken zo hoog gelegd dat de bovenkant van het substraat op gelijke hoogte kwam met dat van het puimsteen (Fig. 1). Planten van het ras Odessa, opgekweekt in steenwolpotten, werden op 13 augustus geplaatst op de substraten. Op elke steenwolmat en kokosplank werden 2 planten geplaatst en op elke emmer 1 plant. De plantafstand, 56 cm, was korter dan in de

praktijk gebruikelijk is om zo meer planten in de proef te kunnen opnemen en omdat er gekozen werd voor een korte teeltduur. De proef werd gestopt na oogst van de stamvruchten op 21 september. De ingestelde ventilatie- en stooktemperatuur in de kas was respectievelijk 20,9 en 18,8°C. De gemiddelde gerealiseerde kastemperatuur was 21,4°C.



Fig. 2.1: Teeltsysteem: puimsteen in emmers en steenwolmatten in librabakken.

2.3.3 Watergift

Bij elke plant werd in de opweekpot een druppelaar gestoken met een waterafgifte van 4 liter per uur. Er werd water gegeven aan de hand van een verdampingsmodel (De Graaf, 1988). In dit model wordt de transpiratie van de planten berekend op basis van plantgrootte en de hoogte van de instraling. Vanwege de verschillende fysische eigenschappen van de substraten werd de watergift per substraat aangepast en werd de “setpoint transpiratie” (de berekende transpiratiehoeveelheid na de laatste watergift waarbij de volgende watergift wordt gegeven) per substraat verschillend ingesteld (Tabel 2.2). Planten op puimsteen kregen het vaakst water en planten op kokos het minst vaak. De grootte van de gift was per druppelbeurt het hoogst bij kokos en het laagst bij puimsteen (Tabel 2.2). Omdat puimsteen slecht water vasthoudt kregen planten op puimsteen ook 's nachts water, elk half uur een gift van 110 sec.

Tabel 2.2: Setpoint transpiratie en duur watergift per substraat.

Substraat	Setpoint transpiratie (ml/m ²)	Duur (seconden)
Steenwol (standaard)	110	180
Kokos	165	270
Puimsteen	55	110

2.3.4 Besmetten met *Pythium*

P. aphanidermatum, isolaat 301, werd op V8-agar gekweekt gedurende 3 weken bij 24°C. Uit het voedingsmedium werden ponsjes van 1x1 cm uitgesneden, waarbij de buitenste ring van de plaat tot 1 cm uit de rand niet werd gebruikt. Vlak voor het planten werd onder elk plantgat op 4 cm diepte een ponsje aangebracht. Per substraat waren er 2 behandelingen: wel/niet besmet. In totaal waren er dus 6 behandelingscombinaties.

2.3.5 Waarnemingen

Twee maal per week werd het aantal planten met stengelvoetnecrose en het aantal verwelkte en dode planten genoteerd. De productie werd bepaald per veldje waarbij het aantal komkommers en het gewicht van de komkommers werd bepaald. Komkommers werden hierbij ingedeeld in 3 kwaliteitsklassen: klasse I (export), klasse 2 en stek. De proef werd gestopt nadat alle stamvruchten geoogst waren.

Aan het einde van de teelt werd in de verschillende substraten het volumepercentage water bepaald. In de steenwolmatten werd het volumepercentage water gemeten m.b.v. een FD-meter (Baas en Straver, 2001). De meter werd op 10 cm vanaf de pot van bovenaf in de mat gestoken. Het vochtgehalte in de kokosmatten werd berekend door van 3 matten het nat- en drooggewicht te bepalen. Om het vochtgehalte in de emmers met puimsteen te bepalen werd met een steekbuis een monster uit de emmer genomen. Direct onder de pot en naast de pot werd van bovenaf een monster gestoken tot 12 cm diep. Deze twee monsters werden tot één monster gemengd en gedroogd bij 70°C. De steekbuis had een diameter van 4,2 cm.

Aan het einde van de teelt werd in het drainwater de pH gemeten. Bij de teelt op steenwol en kokos is de pH in het drainwater afkomstig van één veldje gemeten. Bij puimsteen is de pH gemeten in het water dat op de bodem van een emmer stond. Per veldje werd hierbij een mengmonster uit 3 emmers gemaakt.

Na afloop van de proef werd het plastic verwijderd van 3 steenwolmatten en 3 kokosplanken en werden 3 puimsteenemmers omgekeerd. De wijze waarop de wortels in het substraat waren verdeeld werd beschreven.

2.3.6 Analyse van de resultaten

De proef had een volledig gerandomiseerd opzet met 6 herhalingen per behandeling en 6 planten per herhaling (veldje). Verschillen tussen de behandelingen in percentages dode planten en totaal percentages planten met bovengrondse ziekteverschijnselen (dood of stengelnecrose) werden genalyseerd m.b.v. variantie-analyse.

2.4 Resultaten

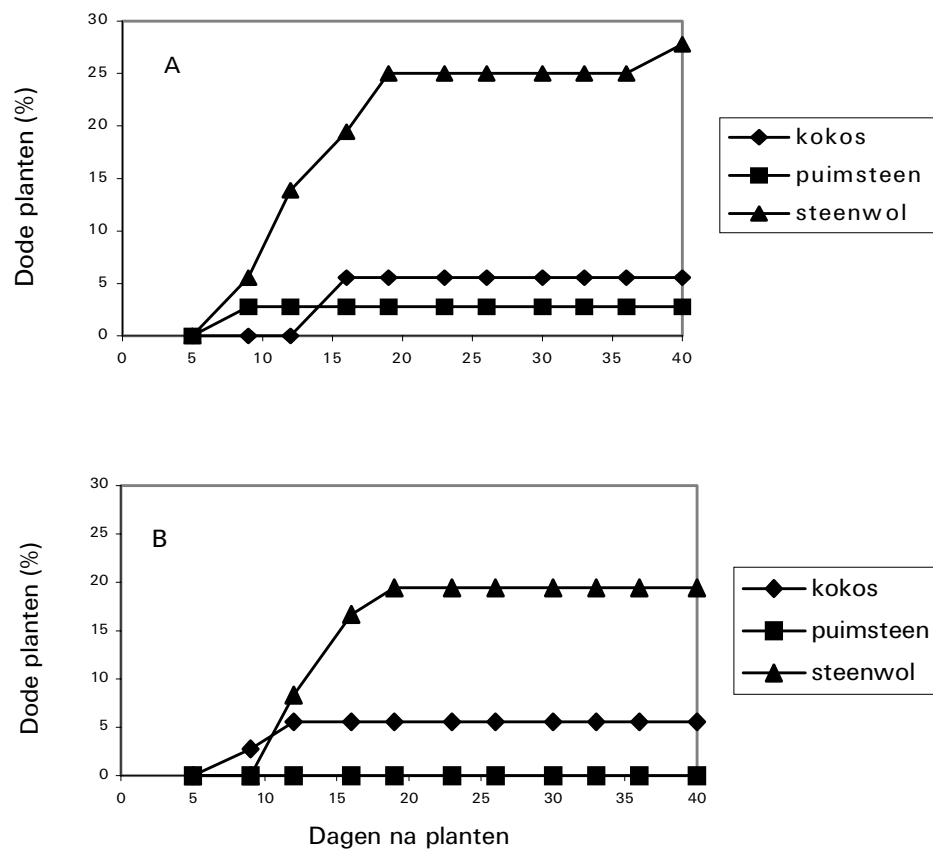
2.4.1 Aantasting door *Pythium* en opbrengst

Zowel in de niet-besmette als in de besmette behandelingen vertoonden planten duidelijke *Pythium* stengelrot verschijnselen. Gemiddeld over de 3 substraten vertoonden in de niet-besmette behandelingen 14% en in de besmette behandelingen 25% van de planten bovengrondse ziekteverschijnselen aan het eind van de proef (dood of stengelvoetnecrose). Uit planten met stengelvoetnecrose afkomstig van niet kunstmatig besmette substraat werd *Pythium* geïsoleerd aan het eind van de proef.

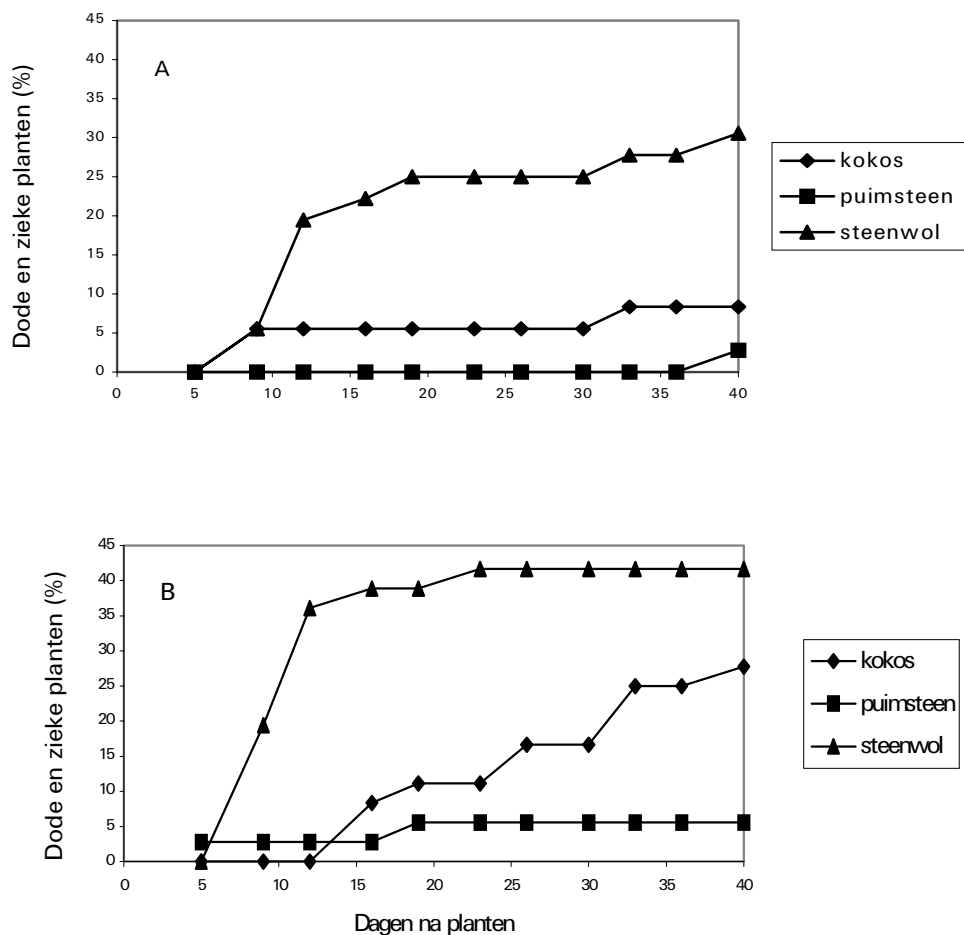
Het percentage dode planten nam toe tot ca. 20 dagen na planten en nam daarna niet of nauwelijks meer toe (Fig. 2.2). Dezelfde trend werd waargenomen voor het totaal aantal zieke en dode planten, behalve voor planten op kokos waarbij tussen 20 en 40 dagen na planten het aantal planten met stengelvoetnecrose toenam (Fig. 2.3).

Er was geen interactie tussen de factoren wel/niet besmet en substraat (F-toets, $P > 0.05$). Op steenwol werden significant meer dode en zieke planten waargenomen dan op kokos of puimsteen (Tabel 2.3).

De opbrengst in kilo's was het hoogst op puimsteen en het laagst op steenwol en was gerelateerd aan het aantal zieke en dode planten (Tabel 2.4).



Figuur 2.2 Percentage dode planten bij de teelt op kokos, puimsteen en steenwol na (A) kunstmatig besmetting en (B) na niet-kunstmatige besmetting van het substraat met *Pythium aphanidermatum*



Figuur 2.3 Percentage dode en zieke komkommerplanten (stengelvoetnecrose) bij teelt op kokos, puimsteen en steenwol na (A) niet kunstmatige besmetting en (B) na kunstmatige besmetting van het substraat met *Pythium aphanidermatum*

Tabel 2.3: Gemiddeld percentage dode en dode en zieke komkommerplanten als gevolg van aantasting door *Pythium* op 3 substraten. Waarden zijn gemiddelden over de wel- niet kunstmatig besmette behandelingen (zie ook Fig. 2.3).

Substraat	Dode planten (%)	Dode en zieke planten (%)
Steenwol	23,6 b	36,1 b
Kokos	5,6 a	18,1 a
Puimsteen	1,4 a	4,2 a

Tabel 2.4: Gemiddelde opbrengst (kg) per komkommerplant geteeld op kokos, puimsteen of steenwol. Het substraat was vooraf wel/niet besmet met *Pythium aphanidermatum*.

Substraat	Opbrengst (kg) per plant Besmet	Opbrengst (kg) per plant Niet besmet	Opbrengst (kg) per plant Gemiddeld
Kokos	4,73	4,60	4,67
Puimsteen	5,01	5,06	5,04
Steenwol	3,64	4,16	3,90

2.4.2 pH en vochtgehalte

Er waren geen grote verschillen in de pH van het drainwater afkomstig van de verschillende substraten. De pH in het drainwater afkomstig van kokos, puimsteen en steenwol was respectievelijk 5,3, 5,2 en 5,1. Het gemiddelde vochtgehalte van de kokos, puimsteen (bovenste laag van 12 cm) en steenwol was respectievelijk 75,4, 41,5 en 81,1% (v/v). Op basis van de in de literatuur bekende gegevens van het totale poriënvolume van elk substraat (zie bijlage I) werd de luchtfractie (v/v) berekend en deze waren voor kokos, puimsteen en steenwol respectievelijk 19,6, 41,5 en 16,9%.

2.4.3 Wortelverdeling

Bij de kokosplanken en steenwolmatten zaten de meeste wortels aan de onderkant van de mat. In puimsteen waren de wortels vrij homogeen verdeeld in het substraat met enige ophoping van wortels langs de binnenwand van de emmer; er lagen geen wortels in de verzadigde zone onder het draingat (Fig. 2.4 en 2.5).

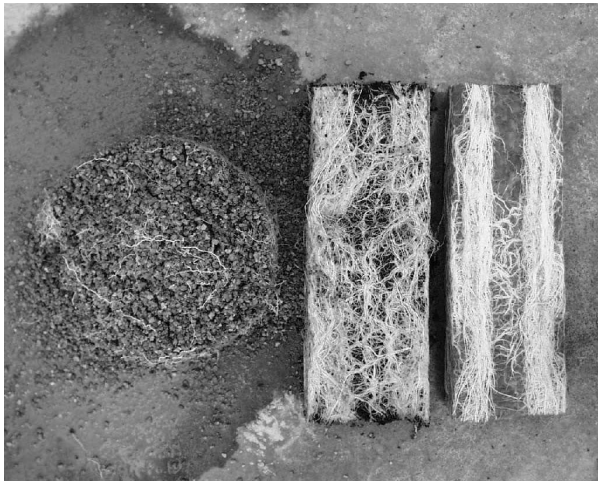


Fig 2.4 De aanwezigheid van wortels aan de onderkant van het substraat, van links naar rechts, puimsteen, kokos en steenwol.



Fig 2.5 De wortelverdeling bij puimsteen van de zijkant gezien.

2.5 Discussie

Sommige planten in de niet-besmette controles werden ook aangetast door *Pythium*. Deze planten waren al tijdens de opkweek besmet geraakt met *Pythium*. Bij nader onderzoek bleken meer planten afkomstig uit dezelfde opweekruimte en bestemd voor andere proeven, besmet te zijn met *Pythium*. Significant minder planten gingen dood door *Pythium* in puimsteen en kokos dan in steenwol onafhankelijk of het substraat nu wel of niet kunstmatig was besmet (interactie tussen substraat en besmetten was niet significant). De lagere aantasting door *Pythium* in kokos in vergelijking met steenwol is mogelijk te verklaren door een hogere microbiële activiteit in de kokos. Kokos bestaat uit organisch materiaal dat als voedsel kan dienen voor microörganismen; steenwol wordt niet afgebroken door microörganismen. In substraten voor containerteelt wordt vaak een negatieve correlatie gevonden tussen de mate van aantasting door *Pythium* en de microbiële activiteit in het substraat (o.a. Chen et al., 1988; Craft & Nelson, 1996). Het verschil tussen puimsteen en steenwol kan mogelijk worden verklaard door een verschil in de lucht-waterhuishouding tussen deze 2 substraten. Puimsteen bevatte tijdens de teelt veel meer lucht dan steenwol. In potgrondsubstraten zijn negatieve correlaties aangetoond tussen het lucht-gevuld poriën volume en de mate van wortelaantasting door *Phytophthora* soorten, plantpathogenen die sterk verwant zijn met *Pythium* soorten (Ownley et al., 1990; Ownley & Benson, 1991). Het in de praktijk naast steenwol veel gebruikte substraat perliet is in deze proef niet getoetst. Onder gebruikelijk teeltomstandigheden zal grof perliet evenals puimsteen minder water en meer lucht bevatten dan steenwol en verwacht wordt dat met grof perliet ook minder problemen zullen optreden met *Pythium* dan op steenwol. Met fijn perliet, dat tijdens de teelt “natter” zal zijn dan grof perliet zullen mogelijk eerder problemen met *Pythium* optreden dan met grof perliet.

3 Effect van de substraten steenwol, kokos, puimsteen en perliet op *Pythium*-aantasting bij komkommer

3.1 Inleiding

In de proef beschreven in hoofdstuk 2 werd een groot verschil gevonden in receptiviteit voor *Pythium*-rot tussen de substraten steenwol, kokos en puimsteen. In die proef hadden beduidend meer komkommerplanten stengelvoetaantasting en gingen meer planten dood op steenwol dan op kokos of puimsteen. Op puimsteen werden de minste planten aangetast. Een mogelijke verklaring voor het relatief lage percentage zieke en dode planten op puimsteen is het hogere luchtgehalte in dit substraat t.o.v. steenwol. Het doel van de proef beschreven in dit hoofdstuk was:

1. Bevestigen van de verschillen in ziekteverendheid tussen de substraten steenwol, kokos en puimsteen.
2. Vergelijken van de ziekteverendheid van steenwol, kokos en puimsteen met die van perliet.
3. Relateren van de zuurstofgehalten in de substraten met de mate van aantasting van komkommer door *Pythium aphanidermatum*.

3.2 Materiaal en methoden

3.2.1 Substraten en plantmateriaal

Vier verschillende substraten werden gebruikt: steenwolmatten, kokosplanken, puimsteen en perliet. Perliet no. 2 (0.6-2.5 mm) (Brinkman Agro B.V., 's Gravenzande, Nederland) werd gebruikt. De beschrijving van de andere substraten staat in hoofdstuk 2. Komkommerplanten (cv. Odessa) werden opgekweekt in steenwolpotten op PPO in Naaldwijk. Planten waren in het tweede tot derde bladstadium op het moment van planten.

3.2.2 Teeltsysteem

3.2.2.1 Steenwol en kokos

Steenwolmatten en kokosplanken, 1 m in lengte, werden doormidden gesneden en de ontstane opening in de plastic omhulling dichtgeplakt met watervast tape. De halve matten of planken werden op goten gelegd, 5 per goot (gootlengte was 335 cm). Op elke halve mat of plank werden 2 planten geplaatst 30 cm uit elkaar. Nadat de matten en planken met voedingsoplossing waren vol gedruppeld werd vlak voor planten een draingat in het plastic gemaakt aan beide uiteinden van de mat of plank door met een mes een scheur van ca. 3 cm lengte te maken aan de onderzijde van de mat of plank.

3.2.2.2 Puimsteen en perliet

Puimsteen en perliet werden in emmers geplaatst zoals beschreven in hoofdstuk 2 (10 L per emmer). Op een goot (335 cm in lengte) werden 5 emmers geplaatst. Op elke emmer werden 2 planten gezet zodanig dat de potten met één hoekpunt aan elkaar grensden.

3.2.3 Watergift

Dezelfde soort stekers en hetzelfde verdampingsmodel werd gebruikt als beschreven in Hoofdstuk 2. Voor perliet werden dezelfde instellingen (setpoint transpiratie en duur watergift) gebruikt als voor puimsteen. 's Nachts kregen de planten op puimsteen en perliet elk uur een watergift.

3.2.4 Behandelingen en besmetten met *Pythium*

Er waren in totaal 6 behandelingen, waaronder de 4 verschillende substraten steenwol, kokos, puimsteen en perliet. De substraten puimsteen en perliet kwamen elk voor in 2 behandelingen: één behandeling waarbij

het besmettingsniveau met *Pythium* per plant gelijk was aan die bij steenwol en kokos en één behandeling waarbij het besmettingsniveau per volume-eenheid substraat gelijk was aan dat van steenwol en kokos. Het volume van een 50-cm lange steenwolmat of kokosplank (na bevochtiging), waarop 2 komkommerplanten stonden, is 5 L. Een emmer, met daarop 2 planten, bevatte 10 L puimsteen of perliet. Om een besmettingsniveau te krijgen waarbij de inoculumdichtheid per volume-eenheid substraat gelijk was voor de verschillende substraten werd in puimsteen en perliet per emmer 2x zoveel inoculum toegediend als per steenwolmat of kokosplank. De behandelingen waren dus:

1. steenwol + P
2. kokos + P
3. puimsteen + P
4. perliet + P
5. puimsteen + 2 x P
6. perliet + 2 x P

P = *Pythium*. Per behandeling waren 6 herhalingen. Een herhaling bestond uit één goot met daarop 10 planten. De voorste mat of emmer op elke goot werd niet besmet. De niet-besmette matten en emmers dienden als controle en werden gebruikt voor het bepalen van de vocht- en zuurstofgehalten in het substraat (zie hieronder).

3.2.5 Vochtgehalte

Het volumepercentage water in de steenwolmatten en de kokosplanken werd bepaald m.b.v. een FD-meter (Baas en Straver, 2001). Metingen werden uitgevoerd aan de niet besmette mat/plant van alle 6 herhalingen. Op 2, 6, 8, 14, 21 en 25 dagen na planten werd op het midden van de dag (tussen 11.00 en 13.00 uur) het volumepercentage water bepaald. Hierbij werd de sensor 2 cm onder de opkweekpot horizontaal in de steenwolmat of kokosplank gestoken (op 5 cm hoogte; substraathoogte was 7 cm). In de emmers werd de sensor 8 cm onder het substraattooppervlak gestoken (8,5 cm boven het draingat). Hiertoe waren in de librabakken en emmers gaten gemaakt die waren afgeplakt met waterdichte tape. Elke keer dat de een meting was uitgevoerd, waarbij de pinnen van de sensor door het tape werden gedrukt, werden de gemaakte gaatjes dichtgeplakt. Omdat de FD-meter niet of onvoldoende kan worden gecalibreerd voor de substraten kokos, perliet en puimsteen werden in het laboratorium ijklijnen voor deze substraten bepaald die de relatie beschrijven tussen het actuele vochtgehalte in het substraat en het vochtgehalte gemeten met de FD-meter. Het substraat werd hiervoor in een cilinder met stempel gedaan (Wever, 1995). Aan de zijkant van de cilinder is een opening voor de FD-sensor. Na verzadiging en uitlekken van het substraat werd met de FD-meter het vochtgehalte gemeten (kokoslijn) en tevens gravimetrisch het vochtgehalte vastgesteld. Door het aanbrengen van verschillende drukhoogtes werden diverse vochtgehalten gecreëerd. De bepaling werd in duplo uitgevoerd. De berekende ijklijnen waren voor:

Kokos: $y = 0.93 \cdot x + 11.96$, $R^2 = 0.96$;

Perliet: $y = 0.76 \cdot x + 17.15$, $R^2 = 0.85$;

Puimsteen: $y = 1.01 \cdot x + 4.46$, $R^2 = 0.84$;

waarbij x (kokoslijn) de gemeten waarde is en y het actuele vochtgehalte.

Op 2 tijdstippen, om 12.30 uur 21 dagen na planten en om 8.30 uur 22 dagen na planten, werd het vochtgehalte in de steenwolpot bepaald op de verschillende substraten. Hiertoe werd de FD-sensor 1.5 cm boven het substraattooppervlak horizontaal in de pot gestoken. In elk type substraat (behandelingen 1-4, zie hoofdstuk 3.2.4) werd bij elke herhaling het vochtgehalte van één pot gemeten op niet-besmet substraat.

3.2.6 Zuurstofconcentratie

Voor het bepalen van de zuurstofgehalten in de lucht aanwezig in het substraat werden luchtmonsters uit het substraat gezogen (Wever *et al.*, 2000). Hiervoor werden in het substraat buisjes aangebracht met een binnendiameter van 0.7 cm en een inwendig volume van 3.8 ml. De uiteinden van de buisjes werden door het hele substraat gestoken (steenwol en kokos), of ingegraven (puimsteen en perliet), en gestoken door gaten gemaakt in de wand van de librabakken en van de emmers. De gaten in de librabakken en emmers werden rondom het buisje luchtdicht afgekit. Ter hoogte van het midden van het substraat zaten in het buisje 5 gaten (diameter 0.4 cm). Het buisje werd zo geplaatst dat de gaten aan de onderzijde zaten. De buisjes werden afgesloten met een septum waardoor een naald werd gestoken om een luchtmonster te

nemen. Het zuurstofgehalte in de luchtmonsters werd bepaald m.b.v. een zuurstofsensoren die gebruik maakt van fluorescentie (Blok en Wever, 2001).

3.2.7 Temperatuur

De temperatuur in het substraat werd gelijktijdig bepaald met het volumepercentage water m.b.v. de FD-meter 2 en 8 dagen na planten. De pH in het substraat werd bepaald 3 dagen na planten. Bij steenwol werd een watermonster onderuit de mat gezogen op de plek van het draingaat gemaakt in het plastic omhulsel van de mat. Bij kokos werd de librabak met het substraat schuin gehouden en het drainwater opgevangen. Bij puimsteen en perliet werd een watermonster via het draingaat uit de emmer gezogen.

3.2.8 Waarnemingen aan het gewas

Vanaf 1 week na planten werden 2x per week het aantal zieke (planten met stengelvoetnecrose) en dode planten genoteerd. Aan het eind van de proef, 25 dagen na planten, werd per herhaling het bovengronds versgewicht van de (nog) levende planten bepaald. De niet-besmette controle-planten werden apart gewogen. Planten werden hiertoe afgesneden direct boven de opkweekpot. Alle planten werden aan het eind van de proef beoordeeld op het voorkomen van wortelrot in of net onder de pot (tot ca. 4 cm onder de pot).

3.2.9 Analyse van de gegevens

Het verloop van het percentage dode en zieke planten werd geanalyseerd door variantie-analyse toe te passen op het oppervlak onder de ziektecurve (Campbell & Madden, 1990). De zuurstof- en vochtgehalten in het substraat, het plantgewicht, het totaal percentage dode (en zieke) planten en het percentage planten met wortelrot aan het eind van de proef werd geanalyseerd m.b.v. variantie-analyse gevolgd door Fisher's Protected LSD ($P < 0.05$).

3.3 Resultaten

3.3.1 Aantasting door *Pythium* en plantgewicht

Zeven dagen na planten waren meer dan 20% van de planten op steenwol zichtbaar aangetast door *Pythium*. Op de andere substraten vertoonde op dat tijdstip geen of een enkele plant stengelvoetaantasting. Op steenwol gingen tijdens de proef significant meer planten dood dan op de andere 3 substraten (Fig. 3.1A). Verdubbeling van de hoeveelheid *Pythium* inoculum in perliet en puimsteen bij het begin van de proef had geen significant effect op het aantal dode planten. Het oppervlak onder de curve die het verloop aangeeft van het percentage dode en zieke planten was significant hoger bij steenwol dan bij de andere 3 substraten (Fig. 3.1A) (LSD, $P < 0.05$). De meeste planten geplaatst op besmet substraat hadden wortelrot in of rond de opkweekpot. Het percentage planten met wortelrot varieerde van 66.7 % in perliet bij het laagste besmettingsniveau tot 100.0 % bij steenwol en kokos. Deze verschillen waren niet significant. Het gemiddeld versgewicht van de levende planten, inclusief de vruchten, verschilde niet significant tussen de behandelingen aan het einde van de proef, 24 dagen na planten (Tabel 3.1). Op het moment dat de proef beëindigd werd hadden de planten kleine komkommers die nog te klein waren om te worden geoogst.

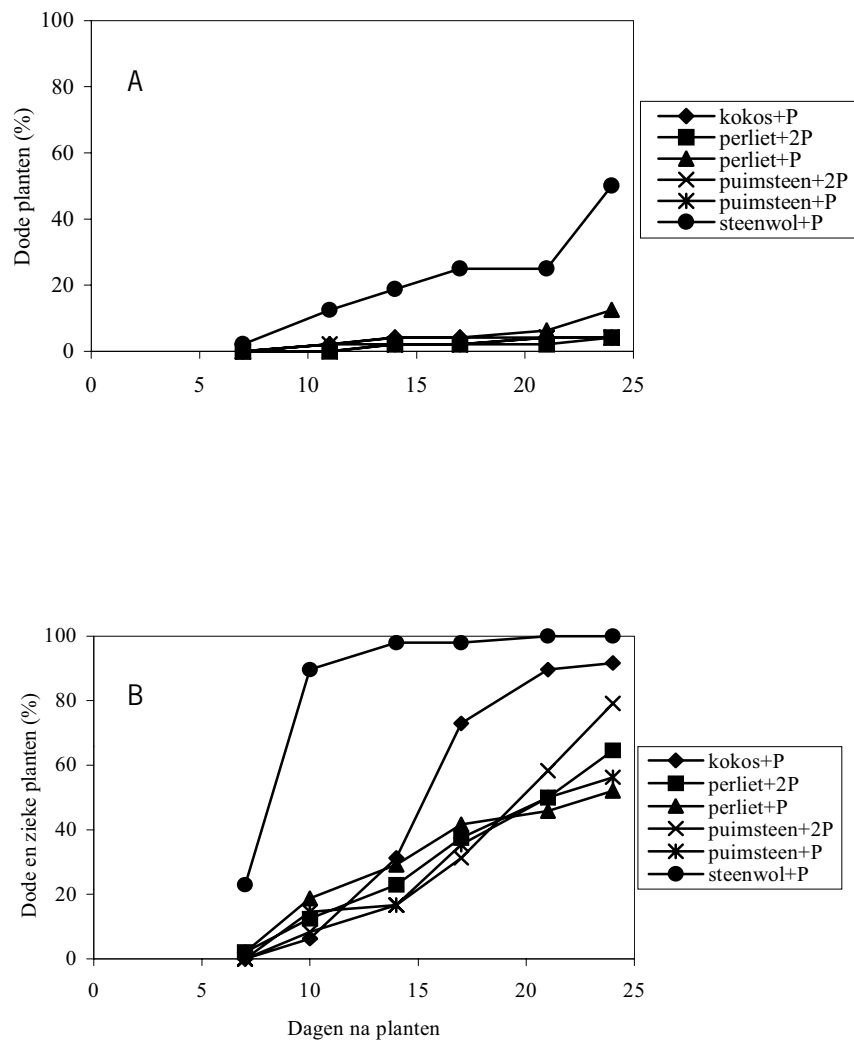


Fig 3.1. Percentage dode komkommerplanten (A) en totaal percentage zichtbaar aangetaste planten (B) bij de teelt op kokos, puimsteen, perliet en steenwol na kunstmatige besmetting van het substraat met *Pythium aphanidermatum*. Het substraat was besmet door een ponsje met mycelium 4 cm onder de opweekpot in het substraat te plaatsen (+P) of door 2 ponsjes op respectievelijk 4 en 8 cm diepte te plaatsen (2P).

Tabel 3.1. Gemiddeld gewicht (g) van komkommerplanten aan het eind van de proef met 4 verschillende substraten. Planten waren wel of niet geplaatst op substraat besmet met *Pythium aphanidermatum*

Substraat	Besmettingsniveau (aantal ponsjes <i>Pythium</i> per plant)		
	0	1	2
Steenwol	1874 ^a	1407 ^b	n.b. ^c
Kokos	1726	1727	n.b.
Puimsteen	1788	1753	1728
Perliet	1705	1720	1737

^a waarden in deze kolom verschillen niet significant volgens de F-toets ($P > 0.05$)

^b waarden in de laatste 2 kolommen verschillen niet significant volgens de F-toets ($P > 0.05$)

^c n.b. = niet bepaald

3.3.2 Wortelverdeling in het substraat

In steenwol zaten de meeste wortels aan de onderkant van de matten 24 dagen na planten. Dit gold ook voor kokos maar in kokos waren in het substraat op het oog meer wortels aanwezig in het substraat dan in steenwol. In puimsteen en perliet waren de wortels veel homogener verdeeld door het hele substraat dan in steenwol of kokos. In perliet waren relatief meer wortels onderin de emmer dan in puimsteen. Zowel in puimsteen als perliet groeiden wortels in de met water verzadigde zone onder het draingat.

3.3.3 Vochtgehalte

Het vochtgehalte in de steenwolmatten was eerst hoger dan in de kokosplanken (gemeten 2 cm onder de pot) en nam daarna af tot een niveau vergelijkbaar met dat in kokos (Tabel 3.2). De vochtgehalten in perliet en puimsteen waren beduidend lager dan in steenwol en kokos (Tabel 3.2).

Het volumepercentage water in steenwolpotten die op perliet stonden was significant lager dan in steenwolpotten die op de andere substraten, steenwol, kokos of puimsteen stonden (Tabel 3.3)

Tabel 3.2. Volumepercentages water in steenwolmatten, kokosplanken, puimsteen en perliet verschillende dagen na planten

Substraat	Hoogte t.o.v. draingat (cm)	Aantal cm onder pot	Aantal dagen na planten				
			2	6	8	14	21
Steenwol	5	2	79a ^x	73a	75a	72a	64a
Kokos	5	2	67b	60b	63b	62a	59a
Puimsteen	8,5	8	40d	37c	37c	36b	41b
Perliet	8,5	8	52c	43c	43c	43b	42b

^x Waarden in dezelfde kolom gevolgd door dezelfde letter zijn niet significant verschillend volgens de t-test ($P < 0.05$)

Tabel 3.3. Volume water (%) in steenwolpotten op 4 verschillende substraten gemeten 1,5 cm boven het substraatoppervlak.

Substraat	Tijdstip	
	21 dagen na planten, 12.30 uur	22 dagen na planten, 8.30 uur
Steenwol	75 a ^x	68 a
Kokos	74 a	68 a
Puimsteen	74 a	72 a
Perliet	54 b	56 b

^x Waarden gevolgd door dezelfde letter zijn niet significant verschillend volgens Fisher's Protected LSD

3.3.4 Zuurstofgehalte

In het laagst geplaatste buisje in perliet konden bij 2 van de 4 herhalingen op de meeste bemonsteringstijdstippen geen luchtmonster worden genomen omdat in de buisjes water was gekomen. In het laagst geplaatste buisje in de steenwolmatten trad hetzelfde probleem op: bij bijna elke bemonstering zaten in 1 of 2 van de 4 buisjes water. Indien water in het buisje zat werd de septum van het buisje gehaald en de librabak of emmer waarin het buisje zat iets schuin te houden zodat het water uit het buisje kon lopen.

De eerste 3 dagen na planten nam het zuurstofgehalte van de lucht in de substraten niet of nauwelijks af t.o.v. het zuurstofgehalte van de lucht in de kas (Tabel 3.4). Tussen 3 en 7 dagen na planten nam het zuurstofgehalte onderin de steenwolmat af en was op dag 7 significant lager dan in de andere substraten of bovenin de steenwolmat. Tien dagen na planten en op de meeste bemonsteringstijdstippen daarna was het zuurstofgehalte van de lucht onderin de steenwolmatten en kokosplanken significant lager dan bovenin deze substraten en over het algemeen significant lager dan in de andere substraten (Tabel 3.4).

Tabel 3.4. Gemeten zuurstofgehalten van de lucht op 2 verschillende hoogten in 4 verschillende substraten.

Substraat	Hoogte (cm) ^y	Aantal dagen na planten ^x							
		1	3	7	10	14	17	21	24
Steenwol	2	19,9a	19,9a	17,7b	18,5c	17,2c	15,4c	16,2c	18,9bc
Steenwol	5	20,6a	20,3a	20,4a	20,2ab	20,2ab	19,5ab	19,7ab	20,4ab
Kokos	2	20,1a	20,0a	20,2a	19,5bc	19,3b	18,1b	17,9bc	18,8c
Kokos	5	21,6a	20,3a	20,6a	20,7a	20,8a	20,5a	20,8a	21,1a
Puimsteen	3	21,3a	20,4a	20,8a	20,9a	21,0a	20,9a	20,9a	21,3a
Puimsteen	14,5	21,3a	20,4a	20,8a	21,0a	21,1a	21,0a	21,1a	21,4a
Perliet	3	19,8a	19,0 ^z	20,8a	21,0a	20,5ab	20,4ab	20,2a	20,8a
Perliet	14,5	20,9a	20,3a	20,8a	21,0a	20,8a	21,0a	21,1a	21,5a
Kaslucht		21,5	20,4	20,6	21,3	21,2	21,4	21,5	22,0

^x Waarden gevolgd door dezelfde letter in elke kolom zijn niet significant verschillend volgens Fisher's protected LSD (P=0.05)

^y Aantal centimeters boven onderkant draingat

^z Waarde gebaseerd op één herhaling, niet verwerkt in statistische analyse

3.3.5 Temperatuur en pH

De temperatuur zoals bepaald op ca. halve hoogte van het substraat verschilde niet significant tussen de substraten.

De pH van het bemonsterde water uit de 4 verschillende substraten varieerde sterk tussen herhalingen, met name bij perliet en puimsteen (Tabel 3.5).

Tabel 3.5. Temperatuur en pH in 4 substraten

Substraat	Temperatuur (°C) ^x		pH (3 dagen na planten) ^y
	Dag 2	Dag 8	
Steenwol	26,8	24,2	5.7 (5.4-6.0) ^z
Kokos	26,5	23,8	6.1 (5.8-6.3)
Puimsteen	28,7	24,0	5.2 (4.1-6.1)
Perliet	27,3	24,8	5.0 (4.1-6.4)

^x Temperatuur verschild niet significant tussen de substraten (F-toets, $P > 0.05$).

^y pH werd bepaald aan een watermonster dat als volgt was genomen:

Bij steenwol: gezogen onderuit de mat via het draingat m.b.v. een handsput

Bij kokos: drainwater was opgevangen door de librabak met kokosplank schuin te houden

Bij puimsteen en perliet: een watermonster was bij het draingat onderuit de emmer gezogen

^z Tussen haakjes staat de laagst en hoogst gemeten waarde van 6 herhalingen

3.4 Discussie

Evenals in een eerdere proef (Hoofdstuk 2) waren de steenwolmatten zeer receptief voor *Pythium* in vergelijking met de kokosplanken of de puimsteen in de emmers. Nu werd ook gevonden dat bij emmerteelt met perliet komkommer veel minder snel wordt aangetast door *Pythium* dan op steenwolmatten. In kokos spelen vermoedelijk biotische factoren een rol bij de onderdrukking van *Pythium* (zie ook hoofdstuk 2). Perliet en puimsteen zijn evenals steenwol niet biologisch afbreekbaar en vermoedelijk zijn bij emmerteelt met perliet en puimsteen de fysische omstandigheden voor *Pythium* veel minder gunstig dan in steenwolmatten.

Bij emmerteelt is de substraatlaag hoger dan bij teelt op matten en is dus behalve het volumepercentage water ook de waterpotentiaal in het substraat gemiddeld lager dan bij steenwol. *Pythium* is een waterminnende schimmel en zal vermoedelijk beter groeien bij een lage dan een hoge waterpotentiaal. Daarnaast kan een hoog vochtgehalte en daardoor een laag luchtgehalte in het substraat de plant ook vatbaarder maken voor *Pythium* door de lagere zuurstofspanningen die hierbij kunnen optreden. Chérif *et al.* (1997) toonden een duidelijk effect aan van zuurstofconcentratie op aantasting van tomatenwortels door *Pythium* en aangezien *Pythium* bij een lagere zuurstofconcentratie minstens zo goed groeide als bij een hogere zuurstofconcentratie suggereerden deze gegevens dat de wortels bij een lagere zuurstofspanning minder weerstand hadden. In de proef beschreven in dit hoofdstuk werd onderin de steenwolmatten na een week een duidelijk lagere zuurstofconcentratie gemeten dan in de andere substraten en deze lagere zuurstofspanning zou een reden kunnen zijn dat planten in steenwol veel sterker worden aangetast dan in de andere substraten. Echter aantasting van de wortels trad al in de eerste week na planten op (1 week na planten waren reeds bovengrondse symptomen aanwezig) en bovenin de mat en pot trad in sterke mate wortelrot op terwijl bovenin het steenwolsubstraat de zuurstofspanning niet beduidend lager was dan in de andere substraten. Bovendien werd in eerdere proeven gevonden dat aantasting door *Pythium* juist heftiger was wanneer inoculum hoger in de steenwolmat werd aangebracht. Het lijkt dus niet waarschijnlijk dat verschillen in de beschikbaarheid van zuurstof een belangrijke verklarende factor is voor het verschil in receptiviteit tussen de hier getoetste teeltsystemen.

Ook temperatuur kon de verschillen in receptiviteit tussen de substraten niet verklaren. Verschillen in waterpotentiaal en/of het vochtgehalte in het substraat tijdens de proeven lijken de gevonden verschillen in receptiviteit tussen steenwolmatten enerzijds en emmerteelt met perliet of puimsteen anderzijds het beste te kunnen verklaren.

4 Effect van de hoogte van het substraat op aantasting van komkommer door *Pythium*

4.1 Inleiding

De verklaring voor het resultaat dat op puimsteen en perliet minder schade optrad door *Pythium* in eerdere proeven (zie hoofdstukken 2 en 3) is vermoedelijk het lagere vochtgehalte en/of waterpotentiaal in de wortelzone bij emmerteelt met puimsteen of perliet dan bij steenwolmatten. Het vochtgehalte en de waterpotentiaal in het substraat kan worden verlaagd door het substraat te verhogen. De verwachting is dus dat bij een hoger substraat minder *Pythium* zal optreden. De positie van het inoculum in het substraat kan ook een belangrijke rol spelen: hoe hoger in het substraat hoe eerder wortels in contact zullen komen met *Pythium* en omdat jongere planten vatbaarder zijn dan oudere planten kan men verwachten dat de aantasting heviger zal zijn. Echter, als de bovenlaag van het substraat erg droog is zou het ook zo kunnen zijn dat juist meer schade optreedt als het inoculum lager in het substraat aanwezig is in een zone waar het vochtgehalte hoger en dus gunstiger is voor het pathogeen.

4.2 Doel

Doel van deze proef was om te bepalen of:

- 1) door verhoging van het substraat minder aantasting door *Pythium* optreedt in steenwol en perliet,
- 2) de positie van het inoculum, onderin of bovenin, het substraat een effect heeft op de aantasting van komkommer door *Pythium*.

4.3 Materiaal en methoden

4.3.1 Substraten, teeltsysteem en plantmateriaal

Twee substraatsoorten werden gebruikt: steenwol en perliet. De beschrijving van deze substraten staat in hoofdstuk 3. Steenwolmatten, 1 m in lengte, werden doormidden gesneden en de ontstane opening in de plastic omhulling dichtgeplakt met watervast tape. De halve matten werden op goten gelegd, 5 per goot (gootlengte was 335 cm) zoals beschreven in hoofdstuk 3. Op elke halve mat werden 2 planten geplaatst 30 cm uit elkaar. Nadat de matten waren vol gedruppeld met voedingsoplossing werden vlak voor planten 2 draingaten in het plastic gemaakt door aan beide uiteinden aan de onderzijde van de mat een scheur van ca. 3 cm lengte te maken. De hoogte van het substraat werd gevarieerd door op de plaats van het plantgat een plastic koker (12.5 x 12.5 cm) 7 cm in hoogte te plaatsen (Fig. 4.1). In de koker werd een stuk steenwolmat geplaatst waarop de opkweekpot werd geplaatst. Op deze wijze werd de gebruikelijk substraathoogte van 7 cm verdubbeld tot 14 cm.

Plastic hoezen, die normaliter gebruikt worden om steenwolmatten in te hoezen, werden gevuld met perliet. Volume en afmetingen van het perlietsubstraat waren zo gelijk aan die van de steenwolmatten (Fig. 4.1). Nadat het substraat was vol gedruppeld met voedingsoplossing werden vlak voor planten 2 draingaten (elk ca. 2 cm in lengte) in de plastic hoes gemaakt 1 cm boven de bodem. Hierdoor ontstond in de onderste cm van het substraat een laag verzadigd met voedingsoplossing overeenkomend met de situatie in steenwol waarbij de onderste cm tijdens de teelt min of meer continu verzadigd is met voedingsoplossing. Er werd gevarieerd in substraathoogte door het plaatsen van 7-cm-hoge kokers op het perlietsubstraat en deze te vullen met perliet analoog aan de substraatverhoging bij steenwol (zie boven).

Op een goot (335 cm in lengte) werden 5 steenwolmatten of hoezen gevuld met perliet geplaatst met 2 planten per hoel. De afstand tussen de planten was 30 cm (zie ook Hoofdstuk 3). Komkommerplanten (cv. Odessa) werden opgekweekt in steenwolpotten op het Praktijkonderzoek Plant & Omgeving in Naaldwijk. Planten waren in het derde bladstadium op het moment van planten.



Fig. 4.1. Steenwolmatten en plastic zakken gevuld met perliet met en zonder verhoging onder de pot zoals gebruikt in de proef (v.l.n.r.: steenwol + verhoging, perliet + verhoging, steenwol – verhoging, perliet – verhoging).

4.3.2 Watergift

Dezelfde soort stekers en hetzelfde verdampingsmodel werden gebruikt als beschreven in Hoofdstuk 2. De instellingen voor het lage steenwol- en perlietsubstraat waren gelijk aan die voor de steenwolmatten en die voor het hoge substraat gelijk aan die gebruikt voor puimsteen (zie tabel 2.2). 's Nachts kregen de planten op het hoge substraat elk uur een watergift.

4.3.3 Behandelingen en besmetten met *Pythium*

In totaal waren er 6 behandelingen (Tabel 4.1). Per behandeling waren 6 herhalingen. Een herhaling bestond uit één goot met daarop 10 planten. De voorste mat/zak op elke goot werd niet besmet en werd op een laag piepschuim gezet om besmetting vanuit de besmette matte/zakken te voorkomen. De laag piepschuim was in het midden voorzien van een draingoot. De niet-besmette matten en zakken dienden als controle en werden gebruikt voor het bepalen van het volumepercentage water en de temperatuur in het substraat. Er werd besmet door een ponsje PDA met *Pythium* in het substraat te plaatsen. Bij steenwol gebeurde dit vanaf de zijkant van het substraat om verticale openingen, waarlangs wortels evt. preferentieel zouden kunnen groeien, te voorkomen.

Tabel 4.1. Behandelingen in de proef om effect van substraathoogte op *Pythium* te bepalen bij steenwol en perliet

No.	Substraat	Substraathoogte (cm)	Positie <i>Pythium</i> inoculum (aantal cm onder de opkweekpot)
1	Steenwol	7	4
2	Perliet	7	4
3	Steenwol	14	4
4	Perliet	14	4
5	Steenwol	14	11
6	Perliet	14	11

4.3.4 Wortelverdeling

Aan het einde van de teelt werd gekeken hoe de wortels waren verdeeld in en op het substraat. De hoeveelheid wortels aan de onderkant van de steenwolmatten werd gescoord volgens een schaal van 0 tot 5, waarbij 0 = geen wortels zichtbaar en 5 = zeer veel wortels zichtbaar.

4.3.5 Vochtgehalte

Het volumepercentage water in steenwol en perliet werd 2x per week bepaald m.b.v. een FD-meter (Hoofdstuk 3). De FD-sensor werd horizontaal in een mat gestoken op een hoogte van 3 cm en bij het verhoogde substraat (behandelingen 3 en 4) tevens op 10 cm hoogte. Bij elke herhaling werd in de niet-besmette mat of zak onder één van de potten het volumepercentage water op deze wijze bepaald. Zestien dagen na planten werd het vochtgehalte in het opkweekblok bepaald 1,5 cm boven het substraatoppervlak.

4.3.6 Temperatuur

De temperatuur in het substraat werd geregistreerd m.b.v. temperatuursensoren en een datalogger (DTL 1232, Ludo Herman, België) gedurende de eerste 62 uur na besmetten en planten. De sensoren werden in het lage substraat (7 cm hoog) 4 cm onder de opkweekpot geplaatst en in het hoge substraat tevens op 11 cm onder de opkweekpot. Dit gebeurde bij 3 herhalingen van behandelingen 1-4 (Tabel 4.1). De momentane temperatuur werd elk uur opgeslagen.

4.3.7 Waarnemingen aan het gewas

Vanaf 1 week na planten werd 2x per week het aantal zieke en dode planten bepaald (zie Hoofdstukken 2 en 3). Aan het einde van de proef werden alle nog levende planten afgesneden en per veldje het versgewicht bepaald van de wel- en van de niet-besmette planten.

4.3.8 Analyse van de resultaten

Het plantgewicht en het totaal percentage zieke en dode planten aan het eind van de proef werd geanalyseerd m.b.v. variantie-analyse gevolgd door Fisher's Protected LSD ($P < 0.05$).

4.4 Resultaten

4.4.1 Aantasting door *Pythium* en plantgewicht

Vijfenzeventig procent van de planten geteeld op steenwol bij een standaard substraathoogte van 7 cm was dood 23 dagen na planten. Significant minder planten waren dood bij de andere behandelingen (Fig. 4.1). Substraathoogte had een significant effect op het aantal zieke en dode planten bij steenwol maar er was geen effect van substraathoogte bij perliet bij de behandelingen waarbij *Pythium* 4 cm onder de pot was aangebracht. Er was wel een duidelijk effect van de positie van het inoculum bij perliet: géén van de planten geteeld op een 14-cm hoge laag perliet waarbij *Pythium* was aangebracht 11 cm onder de opkweekpot vertoonden bovengrondse ziektesymptomen (Fig. 4.1). Het gemiddeld versgewicht van de levende planten geteeld op niet-besmet substraat verschilde niet significant tussen de behandelingen aan het einde van de proef, 23 dagen na planten. Op het besmette substraat waren de levende planten geteeld op steenwolmatten (7 cm hoog) gemiddeld lichter dan bij de andere behandelingen (Tabel 4.2).

4.4.2 Wortelverdeling in het substraat

Bij perliet waren de wortels vrij gelijkmatig verdeeld in het substraat met ophoping van wortels aan de zijanten en onderin het substraat. Bij steenwol met een standaardhoogte waren weinig wortels aanwezig in het substraat maar zeer veel aan de onderkant van het substraat. Bij een dubbele steenwolmat waren veel minder wortels aanwezig aan de onderkant van de mat dan bij een enkele mat met een gemiddelde wortelscore van respectievelijk 1,9 en 4,3 (Fig. 4.2).

Tabel 4.2. Gemiddeld gewicht van komkommerplanten 23 dagen na planten. Planten waren geteeld op steenwol of perliet waarbij de substraathoogte 7 of 14 cm was. Het substraat was besmet met *Pythium* vlak voor planten.

Substraat	Substraathoogte (cm)	Positie Pythium (aantal cm onder opkweekpot)	Plantgewicht (g)
Steenwol	7	4	931 a ^x
Perliet	7	4	1286 bc
Steenwol	14	4	1353 bc
Steenwol	14	11	1212 b
Perliet	14	4	1214 b
Perliet	14	11	1377 c

^x Waarden gevolgd door dezelfde letter zijn niet significant verschillend volgens LSD (P=0.05)

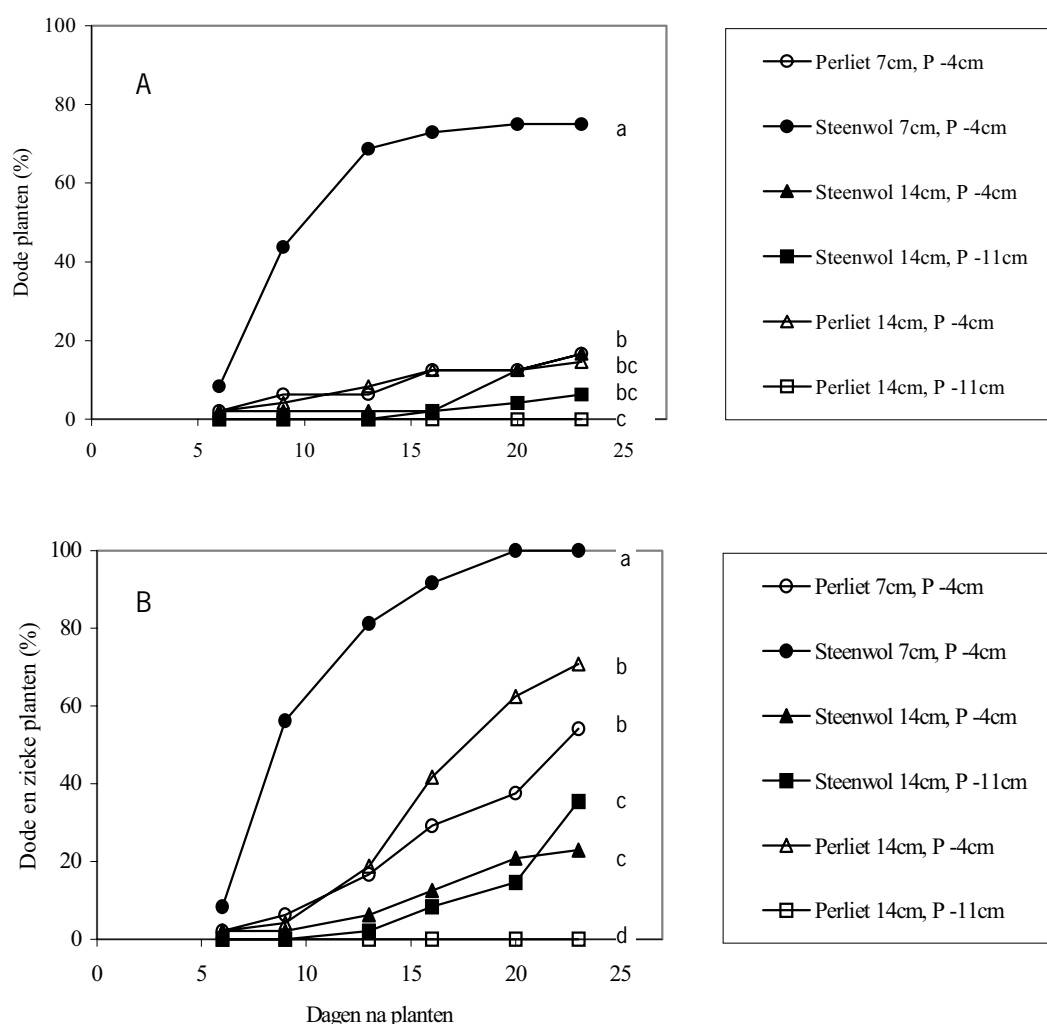


Fig. 4.1. Percentage dode komkommerplanten (A) en totaal percentage zichtbaar aangetaste planten (B) bij de teelt op steenwol en perliet na kunstmatige besmetting van het substraat met *Pythium aphanidermatum*. Er waren 2 verschillende substraathoogten, 7 en 14 cm en bij het 14-cm hoge substraat was *Pythium* inoculum op 4 of 11 cm onder de opkweekpot aangebracht.



Fig. 4.2. Effect van substraathoogte op de aanwezigheid van komkommerwortels aan de onderkant van steenwolmatten 23 dagen na planten. Bij de 6 meest linkse matten was geteeld op een enkele mat (7 cm hoog). Bij de middelste en meest rechtse matten was geteeld met een dubbele substraathoogte van 14 cm.

4.4.3 Vochtgehalte

Het vochtgehalte in steenwol was op een hoogte van 3 cm hoger dan in perliet en op 10 cm hoogte lager dan in perliet (Tabel 4.3). Het vochtgehalte in de steenwolpot was het laagst bij het hoge steenwolsubstraat en het hoogst bij het lage steenwol- en perlietsubstraat (Tabel 4.4).

Tabel 4.3. Volume water (%) op verschillende hoogten in steenwol en perliet bij een komkommerteelt waarbij 2 verschillende substraathoogten, 7 en 14 cm, werden gebruikt.

Substraat	Hoogte	Meet- hoogte	Dagen na planten							
			1	2	6	9	13	16	20	22
Steenwol	7	3	94,7	86,8	84,3	81,8	81,0	80,3	84,2	81,2
		3	93,8	87,5	82,5	83,9	81,7	80,4	84,8	82,4
		10	52,5	47,3	47,8	44,8	45,9	49,3	49,9	48,2
Perliet	7	3	69,5	68,3	68,2	66,2	67,6	65,7	69,0	69,3
		3	71,2	71,0	72,0	69,8	65,7	66,8	67,4	67,7
		10	58,1	54,0	54,5	53,7	58,0	56,8	56,7	55,2

Tabel 4.4. Volume water (%) in steenwolpot gemeten 1,5 cm boven substraatoppervlak

Substraat	Substraathoogte	Volume water opkweekpot (%)
Steenwol	7	79,2 c ^x
	14	41,3 a
Perliet	7	85,0 c
	14	60,3 b

^x Waarden gevolgd door verschillende letters zijn niet significant verschillend volgens LSD (P=0,05)

4.4.4 Temperatuur

Tijdens de zonnige dagen vlak na planten liep de temperatuur in het substraat op tot ruim boven de 30°C. De maximale buitentemperatuur in die periode was 20.3°C en de gemiddelde globale straling overdag (gemeten tussen 10.00 en 20.00) was 490.9, 121,6 en 529,4 W/m² op respectievelijk dag 0 (dag waarop het substraat besmet werd), dag 1 en dag 2. De hoogste (gemiddelde) temperaturen gedurende de eerste 62 uur na besmetten en planten werden gemeten in het hoge steenwolsubstraat (14 cm) 4 cm onder de opkweekpot (10 cm hoogte) (Fig. 4.3, Tabel 4.5).

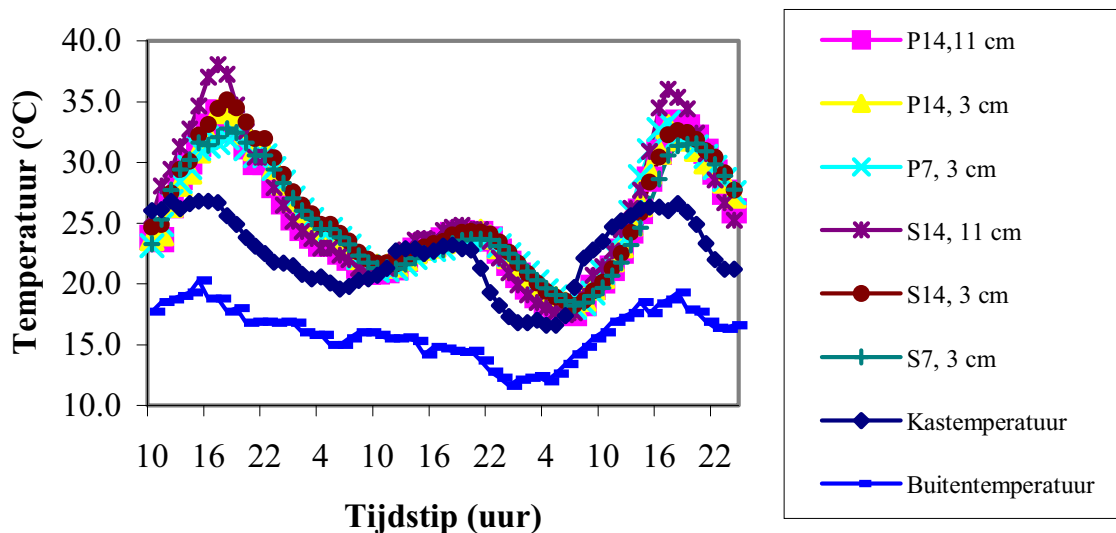


Fig. 4.3. Temperatuur in perliet (P) en steenwol (S) gedurende de eerste 62 uur na planten van komkommer en besmetting met *Pythium aphanidermatum*. Per substraat waren 2 hoogten (7 en 14 cm). In het 14-cm hoge substraat werd de temperatuur gemeten op 2 hoogten (3 en 10 cm).

Tabel 4.5. Gemiddelde temperatuur in steenwol en perliet gedurende de eerste 62 uur na planten.

Substraat	Substraathoogte (cm)	Meethoogte (cm)	Temperatuur (°C)
Perliet	14	10	25,3c ^x
Perliet	14	3	25,6bc
Perliet	7	3	25,1c
Steenwol	14	10	26,2a
Steenwol	14	3	25,9ab
Steenwol	7	3	25,2c

^xWaarden gevolgd door dezelfde letter zijn niet significant verschillend volgens LSD (P=0,05)

5 Conclusies

Steenwolmatten hadden in vergelijking met kokos, puimsteen (fractie: 2 - 6 mm) of perliet (fractie 0.6 – 2.5 mm) een zeer lage ziekteverendheid tegen *Pythium*. De verschillen konden worden verklaard door:

- Een vermoedelijk hogere microbiologische activiteit in kokos (dit is in dit onderzoek niet uitgezocht)
- Het lagere vochtgehalte (volumepercenten) in puimsteen en perliet.

Het risico op aantasting door *Pythium* in steenwol kon sterk worden gereduceerd door de substraathoogte onder de pot te verdubbelen (van 7 naar 14 cm). Dit effect kon worden verklaard door het relatief lage vochtgehalte in de bovenste centimeters van het hoge substraat. Mogelijk kan het risico op *Pythium* in steenwolmatten ook worden verlaagd door (veel) droger te telen dan in de in dit verslag beschreven proeven. Telen op (zeer) droge matten heeft echter wel risico's voor de productie door de lage vochtbuffer en het kleine bewortelbare volume van een dergelijk droog substraat. Verschillen in substraathoogte bij perliet (7 of 14 cm) hadden relatief weinig effect op de weerbaarheid van het teeltsysteem tegen *Pythium*.

De temperatuur in het substraat kwam op zonnige dagen in juni ruim boven de 30°C bij een maximale buitentemperatuur van 20°C. Dergelijk hoge temperaturen zullen vermoedelijk een nadelig effect hebben op biologische bestrijders zoals *Trichoderma* en *Pseudomonas* stammen.

6 Literatuur

Baas, R.N., & N. Straver, 2001. In situ monitoring water content and electrical conductivity in soilless media using a frequency-domain sensor. *Acta Horticulturae* 562: 295-303.

Blok, C., & G. Wever, 2001. Zuurstoftekort in wortelstelsel zien aankomen. *Groente & Fruit*, 4 mei 2001: 8-9.

Chérif, M., Y. Tirilly, & R.R. Bélanger, 1997. Effect of oxygen concentration on plant growth, lipidperoxidation, and receptivity of tomato roots to *Pythium* F under hydroponic conditions. *European Journal of Plant Pathology* 103: 255-264.

Campbell, C.L., & L.V. Madden, 1990. Introduction to plant disease epidemiology. John Wiley & Sons, New York.

Chen, W.D., H.A.J. Hoitink, A.F. Schmitthenner & O.H. Tuovinen, 1988. The role of microbial activity in suppression of damping-off caused by *Pythium ultimum*. *Phytopathology* 78: 314-322.

Craft, C.M., & E.B. Nelson, 1996. Microbial properties that suppress damping-off and root rot of creeping bentgrass caused by *Pythium graminicola*. *Applied and Environmental Microbiology* 62: 1550-1557.

De Graaf, R., 1988. Automation of the water supply of glasshouse crops by means of calculating the transpiration and the amount of drainage. *Acta Horticulturae* 229: 219-231.

Kipp, J.A., & G. Wever, 1993. Wortelmedia. Serie informatiereeks no. 13. Proefstation voor Tuinbouw onder Glas, Naalwijk.

Kipp, J.A., G. Wever, C. de Kreij, 2000. International substrate manual. Elsevier International Business Information, Doetinchem, the Netherlands.

Ownley, B.H., & D.M. Benson, 1991. Relationship of matric water potential and air-filled porosity of container media to development of Phytophthora root rot of rhododendron. *Phytopathology* 81: 936-941.

Ownley, B.H., D.M. Benson, & T.E. Bilderback, 1990. Physical properties of container media and relation to severity of Phytophthora root rot of rhododendron. *Journal of the American Horticultural Society* 115: 564-570.

Van der Gaag, D.J., C. Bloemhard & P. Paternotte, 2002. Effectiviteit van biologische middelen tegen wortelziekten bij komkommer. PPO-rapport, niet voor publicatie.

Van der Plaats-Niterink, A.J., 1981. Monograph of the genus *Pythium*. *Studies in Mycology* No. 21.

Wever, G., 1995. Physical analysis of peat and peat based growing media. *Acta Horticulturae* 401: 561-567.

Wever, G., 1999. Growing media in The Netherlands. Proc. International Workshop on Greenhouse Production Techniques Suzhou China.

Wever, G., R. Baas, J.C. Marques & L.J. Aanholt, 2000. Gas concentration measurement in horticulture growing media. *Acta Horticulturae* 554: 149-155.

Bijlage I Fysische eigenschappen substraten

Algemene fysische eigenschappen van 4 substraten volgens Kipp *et al*, (1993).

Substraat	Bulk-dichtheid (kg/m ³)	Poriënvolume (%)	Volumepercentage water (W) en lucht (L) bij verschillende drukhoogten			
			-3 cm		- 10 cm	
			W	L	W	L
Steenwol 1-jarig	52	98	94	4	69	29
Kokosgruis	82	95	90	5	80	15
Puimsteen (2-4 mm)	456	83	48	35	32	51
Perliet (0.6-2.5 mm)	107	96	56	40	35	61

Algemene fysische eigenschappen van 4 substraten volgens Kipp *et al*, (2000).

Substraat	Bulk-dichtheid (kg/m ³)	Poriënvolume (%)	Volumepercentage water (W) en lucht (L) bij verschillende drukhoogten			
			-10 cm		- 20 cm	
			W	L	W	L
Steenwol 1-jarig	49	98	42	56	7	91
Kokosgruis	77	95	67	28	50	45
Puimsteen (2-4 mm)	431	83	40	44	38	46
Perliet (0.6-2.5 mm)	Alleen gegevens van grof perliet (1-8 mm)					