



Teelt de grond uit aardbei, Eindrapportage 2009-2013

Kees van Wijk
John Verhoeven
Rob van den Broek
Jos Wilms
Bert Evenhuis

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, onderdeel van Wageningen UR
Business Unit Akkerbouw, Groene ruimte en Vollegrondsgroenten
December 2013

Teelt de grond uit

Het programma Teelt de Grond uit ontwikkelt rendabele teeltsystemen voor de vollegrondstuinbouw (groenten, bloembollen, boomteelt, fruit en zomerbloemen & vaste planten) die voldoen aan de Europese regelgeving voor de waterkwaliteit. Uitgangspunt is dat de systemen naast een sterke emissiebeperking ook voordelen voor ondernemers opleveren (zoals een grotere arbeidsefficiëntie, betere kwaliteit of nieuwe marktkansen) en gewaardeerd worden door de maatschappij. Onderzoekers van Wageningen UR (Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, Wageningen UR Glastuinbouw en LEI) en Proeftuin Zwaagdijk werken in het programma nauw samen met telers, brancheorganisaties en adviseurs uit de sectoren. De financiers van het programma zijn het Ministerie van EL&I, het Productschap Tuinbouw en diverse andere partijen.

PPO publicatienr.: 585

PPO projectnummer: 3250174412

BO nummer: BO-25.03-001-006

Financiers:

Ministerie van Economische Zaken

Stuurgroep Landbouw Innovatie Noord-Brabant (LIB)

Waterschap Aa en Maas

Stichting Proef en Selectie Bedrijf

Productschap Tuinbouw

Stichting ter bevordering van de tuinbouw in de Bommelerwaard (VTB)

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, onderdeel van Wageningen UR Business Unit Akkerbouw, Groene ruimte en Vollegrondsgroenten

Adres: Postbus 43, 8200 AK Lelystad
Edelhertweg 1, 8219 PH Lelystad

Telefoon : +31320291111

Fax: +31320230479

E-mail: info.ppo@wur.nl

Internet: www.ppo.wur.nl

Inhoudsopgave

| | |
|--|----|
| SAMENVATTING | 5 |
| 1 Inleiding..... | 7 |
| 2 Aanleiding en achtergrond..... | 9 |
| 3 Nutriëntenemissie: praktijkmonsters & praktijkenquête | 11 |
| 4 Ontsmettingssystemen circulatiewater en effectiviteit..... | 13 |
| 4.1 Zandfilter..... | 13 |
| 4.2 Lage en hoge druk UV | 14 |
| 4.3 Verhitting..... | 15 |
| 4.4 Waterstofperoxide en ozon | 15 |
| 4.5 Moerasfilter | 15 |
| 4.6 Voor- en nadelen en kostenindicatie van 3 ontsmettingsmethoden..... | 16 |
| 5 Voorkomen van Phytophthora in Teelt op water..... | 17 |
| 5.1 Resultaten Phytophthora onderzoek 2010 - 2012 | 18 |
| 5.1.1 Resultaten in 2010 en 2011 | 18 |
| 5.1.2 Phytophthora-proeven 2012..... | 19 |
| 5.2 Phytophthora preventie met zandfilter en moerassloot in de praktijk..... | 23 |
| 6 Xanthomonas fragariae in recirculatiewater | 25 |
| 7 Prestaties op Planet, People, Profit-kenmerken van aardbei stellingteelt op water..... | 27 |
| 8 Discussie..... | 31 |
| 9 Uitdagingen en aanbevelingen voor aardbei stellingteelt en trayveldteelt | 33 |
| Literatuur..... | 35 |
| Bijlage 1. Toets met Rododendron blaadjes..... | 37 |
| Bijlage 2. Effectief verwijderde pathogenen door langzaam zandfilter (> 99,9%)..... | 38 |
| Bijlage 3. Pathogenen, onvoldoende verwijderd door langzaam zandfilter (afname < 99,8%). | 39 |

SAMENVATTING

Vanuit de doelstellingen uit Kader Richtlijn Water en Nitraat richtlijn is het wenselijk dat zo min mogelijk drainwater met opgeloste meststoffen en gewasbeschermingsmiddelen onder stellingen op de grond komt en potentieel af- en/of uitspoelt. Het Besluit Landbouw is sinds 1 januari 2013 van kracht waarmee het verplicht is om drainwater op te vangen en te hergebruiken.

Bij de teelt van aardbeien in substraat (veen of cocospaet) op stellingen worden water en mineralen nog niet optimaal gebruikt. De aanvoer van N en P is bij de teelt in substraat hoog, terwijl de opname door aardbeienplant beperkt is. Overtollige nutriënten en water (20 tot 30% overdrain) worden tot nu toe nog nauwelijks opgevangen en hergebruikt maar komen terecht in de onderliggende grond. Een deel van dit met meststoffen opgelost water wordt opgenomen door onder de stellingen groeiende planten, maar het grootste deel van de nutriënten spoelt mogelijk uit en komt uiteindelijk in het grond- en oppervlaktewater terecht. Om de kringloop te sluiten wordt het drainwater opgevangen en hergebruikt. Dit is alleen mogelijk als het water wordt ontsmet zodat verspreiding van bodemziekten wordt voorkomen.

Op initiatief van de sector en toenmalig ministerie van LNV (nu EZ) is in 2009 onderzoek gestart naar verbetering van teeltsystemen bij de teelt van aardbei. Eerst is er een probleemanalyse van de hele aardbeiteelt uitgevoerd. Daarbij is ook een de nutriëntenemissie in beeld gebracht bij de stellingenteelt met een praktijkenquête en N-min bemonsteringen op zandgrond onder de stellingen.

Vervolgens is met de begeleidingsgroep (telers, toeleveranciers, voorlichters en onderzoekers) besloten het teelt-de-grond-uit (tdgu)-onderzoek bij aardbei te richten op beperking van nutriëntenemissie naar grond- en oppervlaktewater en beperking van gebruik van gbm's in de buitenteelt. Dit omdat op die terreinen de meeste winst is te boeken. Het onderzoek is uitgevoerd op een tweetal sporen:

- Teelt van aardbei op stelling zonder substraat,

- Toepassing van een ontsmettingsmethode om verspreiding van ziekten te voorkomen.

De stellingen waren overkapt met kleine plastic koepels. Om zonder substraat te kunnen telen is het Nutriënt Film Techniek (NFT) systeem gebruikt, een techniek waarbij een dunne stromende waterfilm alle voedingsstoffen meeneemt die noodzakelijk zijn voor de plantengroei.

Uit literatuur en praktijkervaringen kwamen de volgende mogelijke ontsmettingsmethoden in beeld: toepassing of gebruik van een zandfilter, lage of hoge UV-ontsmetting, verhitting, combinatie van waterstofperoxide/ozon en een moerasfilter. Het zandfilter leek uit literatuurstudie en ervaring bij andere teelten de meest handzame en perspectievolle ontsmettingsmethode voor recirculatiewater bij aardbei stellingenteelt.

Daarom heeft het onderzoek zich sterk gericht op de zandfilter methode met de vraag of aardbeiziekten hiermee afdoende voorkomen kunnen worden. De voornaamste aardbeiziekten bij de stellingenteelt worden veroorzaakt door *Phytophthora cactorum* en *P. fragariae*, maar ook *Botrytis* (koprot) en *Rhizoctonia* kunnen van belang zijn. *Xanthomonas fragariae* is van beperkt belang bij de stellingenteelt, in de plantopkweek kan deze bacterie wel een probleem vormen als geen passende maatregelen worden genomen.

In een proefopstelling op PPO Vredepeel zijn diverse toepassingen van het zandfilter in stellingenteelt met recirculatiewater beproefd in vergelijking met de standaard stellingenteelt op veensubstraat. In de proeven was een grote ziektedruk van *P. cactorum* aangebracht middels kunstmatig besmette planten die geplaatst werden midden op de goot.

Bij stellingenteelt op water met recirculatie bleek bij toevoeging van het middel paraat een zeer beperkte plantuitval door *P. cactorum* op te treden. Ook het zandfilter gaf bovenstreams (=gootdeel van het filter tot aan de besmette planten) in 2012 geen uitval door *P. cactorum*. Verder liet de praktijktoets met zandfilter zien, dat na het filter geen uitval door *P. cactorum* optrad. Het zandfilter heeft dus perspectief ter voorkoming van *P. cactorum*. Wel moet het microleven in het zandfilter zich eerst op bouwen voor een effectieve werking.

Nagenoeg al het water dat van trayvelden moet worden opgevangen om zo de emissie van nutriënten en gewasbeschermingsmiddelen naar het oppervlaktewater zoveel mogelijk te voorkomen. Wanneer dit water hergebruikt wordt op het trayveld of binnen de aardbeiteelt is ontsmetten zinvol om verspreiding van ziekten te voorkomen. Met name de verspreiding van *Xanthomonas fragariae* is ongewenst. Ter voorkoming van *Xanthomonas fragariae* blijkt het zandfilter ook perspectief te bieden. Toepassing van een langzaam zandfilter leidde na 24 uur tot een afname van 99,6% van *Xanthomonas* bacteriecellen en na 48 uur was de afname 99,9%. Belangrijk is wel te weten hoe lang *Xanthomonas* in drainwater overleeft, en of de mate van doding voldoende is bij een langere verblijftijd in het systeem. Daarnaast is het belangrijk te weten welke dichtheid

aan bacteriën nodig is om een infectie in een aardbeienplant te krijgen. Dit vraagt nader onderzoek om de betrouwbaarheid op langere termijn te kunnen inschatten.

Ook andere micro organismen zoals schimmels, bacteriën en virussen, zullen afnemen in het recirculatiewater bij gebruik van een zandfilter. Wel is er een behoorlijk verschil per organisme in effectiviteit van de afname. Bij te lage effectiviteit is aanvullend onderzoek of aanvullende maatregelen nodig bij die micro organismen die mogelijk schade kunnen opleveren bij stellingteelt van aardbeien op water.

Systeemvergelijking op Maatschappelijke Prestaties (Planet, People, Profit kenmerken met systeem a = *aardbei stellingteelt op water met recirculatie en zandfilter* versus systeem b = *aardbei stellingteelt op substraat zonder recirculatie en zonder zandfilter*.

Hoewel beide stellingteelt-systemen op 9 kenmerken beter scoren dan de vollegrondsteelt aardbei, valt bij de onderlinge vergelijking op dat systeem a scoort beter door minder gebruik van de eindige grondstof veen en door minder watergebruik. Ook is de nutriëntenemissie naar bodem, oppervlaktewater en grondwater minder. Systeem a scoort wel slechter op energiegebruik, vooral veroorzaakt door de stroom die nodig is voor het rondpompen van het recirculatiewater.

De praktijk neemt de verplichting om het drainwater te hergebruiken op maar nog niet alle bedrijven hebben (eind 2013) een voorziening om het drainwater te hergebruiken. De twee belangrijkste redenen hiervoor zijn de kosten (=kostprijsverhoging) en gevoel van risico (verspreiding van ziekten).

Stakeholders zullen samen een manier moeten vinden om de meerkosten voor de teelt te reduceren. Hierbij kan gedacht worden aan subsidies of fiscale maatregelen of meerprijs voor het eindproduct.

Bereidheid om te investeren neemt toe wanneer telers bewust zijn van de noodzaak en zeker van zijn dat de investering geen risico oplevert voor de bedrijfsvoering. Door activiteiten vanuit het project, met diverse waterschappen en adviseurs, is het bewustzijn bij de telers in de afgelopen jaren verhoogd. Naast het in de praktijk laten zien (het liefst bij de buurman) zal ook met onafhankelijke monitoringsresultaten het vertrouwen verder doen groeien. Bij de monitoring zal naast de effectiviteit (ontsmetting) ook aandacht moeten zijn voor de gevolgen van het hergebruik van drainwater (residu gewasbeschermingsmiddelen in geoogst product/zout ophoping).

In het onderzoek is vooral *Phytophthora cactorum* onderzocht en op beperkte schaal *Xanthomonas frageriae*. Fundamenteel onderzoek rond ontsmetting middels zandfilter tegen *X. frageria* (duurproeven) en andere grondgebonden ziektes, draagt bij aan de betrouwbaarheid van het ontsmettingssysteem.

Naast vergroting van de kennis van ontsmetting middels de zandfilter is meer kennis over de verspreiding van ziektes gewenst. De vraag 'Hoe effectief moet de ontsmettingsmethode zijn om geen verspreiding van de ziekte te veroorzaken?' is op dit moment onvoldoende te beantwoorden.

Voor aardbeitrayvelden komt met name aan het begin van de teelt veel water vrij dat hergebruikt moet worden. Ontwikkeling van een aangepast trayveldsysteem kan de hoeveelheid (drain)water beperken waardoor een lagere capaciteit van wateropvang en ontsmetter nodig is.

Substraatloos telen verlaagd de afhankelijkheid van substraat en vermindert de hoeveelheid. Onderzoek heeft laten zien dat het huidige NFT-systeem verder verbeterd kan worden. Ontwikkeling van een aangepast gootsysteem waarbij het water verticaal in plaats van horizontaal langs de plant loopt, kan de besmetting van buurplanten binnen een goot beperken. Bij de ontwikkeling van een dergelijk teeltsysteem zal aandacht nodig zijn voor het energieverbruik (pompcapaciteit).

1 Inleiding

Het project Teelt de grond uit (Tdgu)-aardbei was gericht op de stellingteelt. De teelt van aardbeien op stelling vindt in het algemeen plaats in substraat (veen en/of kokos) waarbij water en mineralen suboptimaal gebruikt worden. De aanvoer van stikstof (N) en fosfaat (P) is bij de substraat teelt hoog, terwijl de opname door de aardbeiplanten beperkt is. Overtollige nutriënten en water (20 tot 30% overdrain) worden maar op beperkte schaal opgevangen en hergebruikt. Een groot deel van de nutriënten spoelt uit en komt uiteindelijk in het oppervlakte- en grondwater terecht.

Hergebruik van drainwater wordt tot nu toe bij de teelt op stellingen nog weinig toegepast. Een belangrijke reden dat dit niet gebeurt is de angst dat eventuele aanwezige bodemziekten zoals Phytophthora bij hergebruik van drainwater worden verspreid. Deze angst speelt ook een belangrijke rol waardoor de teelt op water niet verder is doorgezet.

In samenspraak met een begeleidingsgroep met daarin telers en adviseurs is een onderzoeksprogramma uitgevoerd om de risico's van verspreiding van bodemziekten goed in kaart te brengen en aan te geven hoe de risico's tot een minimum zijn te beperken. In eerste instantie wordt de aandacht gevestigd op de schimmel *Phytophthora cactorum*. Het onderzoek wordt uitgevoerd in een teelt met stromend water.

Belangrijke onderzoeksvragen hierbij zijn:

- Op welke wijze vindt verspreiding van *Phytophthora* in het water plaats?
- Is verspreiding van *Phytophthora* met behulp van een zandfilter te voorkomen

Het uiteindelijke doel is het sluiten van de kringloop van water en nutriënten bij de teelt van aardbeien om te voldoen aan de nitraatrichtlijn en de kader richtlijn water doelen.

De eerste jaren was het onderzoek gericht op beperking van verspreiding van *Phytophthora*. Later zijn ook de ontsmettingsmogelijkheden tegen *Xanthomonas* in drainwater onderzocht. Dit is meer gericht op de plantopkweek. De laatste onderzoekjaren is ook de communicatie met de praktijk rond de ontsmettingsmogelijkheden nadrukkelijk meegenomen. In 2012 is in een uitgebreide perspectievenstudie, de stellingteelt op water op duurzaamheid vergeleken met de vollegrondsteelt en de stellingteelt in veen volgens de People-Profit-Planet (PPP)-kenmerken.

Leeswijzer: deze eindrapportage geeft een samenvatting van de opzet en resultaten van alle onderzoeken en studies uitgevoerd binnen dit project. In hoofdstuk 2 is de Aanleiding en Achtergrond van dit project genoemd. De nutriënten emissie in de praktijk is verwoord in hoofdstuk 3. Hoofdstuk 4 geeft de resultaten van de literatuurstudie van mogelijke ontsmettingsmethoden voor circulatiewater bij tdgu. Hoofdstuk 5 geeft de onderzoeksresultaten ter voorkoming van *Phytophthora cactorum* bij teelt op water. De onderzoeksresultaten ter beperking van de quarantaine bacterie *Xanthomonas fragariae* (Xf) zijn vermeld in hoofdstuk 6. De samenvatting van de maatschappelijke prestaties volgens de Planet-people -profit kenmerken van de teeltsystemen staat in hoofdstuk 7. In hoofdstuk 8 en 9 zijn de Discussie en Uitdagingen en Aanbevelingen voor komende jaren rond de stellingteelt op water weergegeven.

2 Aanleiding en achtergrond

Bij de teelt van aardbeien bestaan vele systemen om zo vrijwel jaarrond in Nederland te kunnen produceren. Aardbeien worden geteeld in kassen, onder plastic boogkassen, gedeeltelijke plastic koepels (groot of klein), of zonder overkapping. De teelt kan plaats vinden op verhoogde stellingen of tafels, in de grond op hoge of lage ruggen of vlakvelds. De aardbeiteelt op verhoogde stellingen of tafels en goten in de kas valt al onder de noemer Teelt de grond uit. Als teeltwijze kan gekozen worden voor doorteelt, eenmalige teelt of doordragers. De aardbeienteelt kent gemiddeld een hoog gebruik van gewasbeschermingsmiddelen (gbm) en nutriënten, waarvan restanten in het milieu terecht komen. Diverse richtlijnen stellen nu al, en in strengere mate in de toekomst, paal en perk aan deze emissies.

Op initiatief van de sector en toenmalig LNV (nu EZ) is in 2009 onderzoek gestart naar verbetering van teeltsystemen bij diverse vollegrondsteelten, zo ook bij het teelt van aardbei. Eerst is er een probleemanalyse van de hele aardbeiteelt uitgevoerd. Daarbij is ook een de nutriëntenemissie in beeld gebracht bij de stellingenteelt met een praktijkenquête en N min bemonsteringen op zandgrond onder de stellingen. Vervolgens is in overleg met de begeleidingsgroep (telers, toeleveranciers, voorlichters en onderzoekers) besloten het teelt de grond uit (tdgu)-onderzoek bij aardbei te richten op beperking van nutriëntenemissie naar grond- en oppervlaktewater en beperking van gebruik van gbm's in de buitenteelt. Dit omdat op die terreinen de meeste winst is te boeken.

In overleg met de begeleidingsgroep is het onderzoek uitgevoerd op een tweetal sporen:

- 1) Teelt van aardbei op stelling zonder substraat;
- 2) Toepassing van langzaam zandfilter om verspreiding van Phytophthora te voorkomen.

De stellingen die gebruikt zijn voor het onderzoek zijn overkapt met kleine plastic koepels. Om zonder substraat te kunnen telen is het Nutriënt Film Techniek (NFT) systeem gebruikt. Dit is een techniek waarbij een dunne stromende waterfilm alle voedingsstoffen meeneemt die noodzakelijk zijn voor de plantengroei. Bij deze techniek wordt geen substraat toegepast.

Met overkapte stellingenteelt kan goed worden voldaan aan de betere oogstarbeidsomstandigheden en aan een hogere plukprestatie. Door gebruik van regenkapjes valt geen regen- en spatwater op de bloem en vrucht en blijft het gewas droger. De algemene ziektedruk wordt daardoor lager waardoor minder gbm's nodig zijn. Met de keuze van water als teeltmedium kan men het gebruik van veen en kokos flink beperken. Dat beperkt kosten, veroorzaakt minder broeikasgasemissie en vermindert uitputting van de eindige grondstof veen. Door het rondpompen van het teeltmedium water (waterkringloop) binnen het teeltsysteem wordt het water- en nutriëntenverlies gedecimeerd. De belangrijkste uitdaging bij deze opzet van het tdgu-onderzoek bij aardbei ligt in het voorkomen van verspreiding van ziekten via het teeltmedium water.

Zoals gemeld beperkt dit onderzoek zich tot een aardbeiteelt die niet in een kas of dichte tunnel plaatsvindt. Behaalde resultaten zullen wel grotendeels voor de aardbeiteelten in de kas of tunnel bruikbaar zijn.

3 Nutriëntenemissie: praktijkmonsters & praktijkenquête

Bij de huidige teeltmethode kunnen een groot aantal gewassen niet meer voldoen aan de toekomstige EU richtlijn van 50 ml nitraat per liter in het grondwater. Ook het gewas aardbeien levert problemen op. Door externe financiering door Proeven en Selectie en LIBO kon worden nagegaan hoe groot de problemen in de praktijk zijn. Op 5 aardbeien bedrijven met stellingen zijn onder de stelling en in het pad N-min monsters genomen. Ook is er een enquête uitgevoerd om te bekijken hoe de praktijk tegen het hergebruik van drainwater aankijkt en wat er al gedaan wordt aan hergebruik. De uitvoering en resultaten van beide acties zijn uitgebreid weergegeven in het verslag: Emissie van nutriënten bij een aardbeienteelt op stellingen. (Broek, van den, e.a. 2012) en Hergebruik drainwater in stellingenteelt aardbei (Broek, van den, e.a. 2011). De samengevatte resultaten en conclusies worden hieronder weergegeven.

De hoeveelheid stikstof die onder de stellingen of in het pad in de grond wordt gemeten varieert sterk tussen de bedrijven. Uit de N-min monsters in de laag 0-60 cm blijkt dat onder de stellingen 4 van de 5 telers minimaal op één moment de vastgestelde EU norm van 50 ml/l nitraat (circa 52 kg N/ha in de laag 0-60 cm) wordt overschreden. Zowel aardbeientelers op zand (2 telers) als op klei (2 telers) overtreden deze norm. In het pad overschrijden 2 van de 5 telers minimaal op één moment de norm. Dit zijn alleen de stellingentelers op zand. Op klei wordt de norm niet overschreden. Er bleek dus een duidelijk noodzaak om dit probleem aan te pakken.

Een mogelijkheid is het hergebruik van drainwater. Om hierover meer inzicht te krijgen is een enquête uitgevoerd. In juni 2011 zijn 280 enquêtes verzonden; 10% van de aardbeientelers en 23% van de stellingentelers heeft gereageerd. Hierdoor leek het mogelijk om uitspraken te doen over het hergebruik van drainwater in stellingenteelt. In 2011 wordt op 14% van het areaal stellingen gerecirculeerd (7 bedrijven), op 42% van het areaal vindt puntlozing plaats en op 45% vrije uitloop (op meerdere plaatsen in de goot kan het water de goot verlaten).

Op 7 bedrijven waar gerecirculeerd passeerde het water:

- een verhitting (2 bedrijven)
- een langzame zandfiltratie (2 bedrijven)
- geen ontsmetting (3 bedrijven), Het water werd opvangen en gebruikt voor andere een teelt.

De belangrijkste redenen waarom niet wordt gerecirculeerd zijn: geen techniek beschikbaar die economisch rendabel is, angst voor verspreiding van ziekten en investeringskosten.

De drain per bedrijf varieert tussen de 10 en 35% (gemiddeld 22%). Bij bedrijven die het water ontsmetten (verhitte of langzame zandfiltratie) ligt de drain op 29%. Het waterverbruik is bij 61% van telers niet bekend en zij kunnen hiervoor ook geen schatting maken. Slechts 1 teler heeft het waterverbruik gemeten (2440 m³/ha) en 8 hebben een schatting gemaakt. Het waterverbruik varieert tussen de 1100 – 3800 m³ water/ha per teelt. Gemiddeld ligt het op 2200 m³ water/ha per teelt. Bij een gemiddelde drain van 22% verdwijnt 480 m³ water/ha per teelt uit de goot (dit komt overeen met 48 mm neerslag). De geringste uitspoeling bedraagt 220 m³ water/ha per teelt, een factor 2 lager dan het gemiddelde. De stikstofbalans voor de teelt van aardbeien op stellingen ziet er waarschijnlijk als volgt uit:

- Gift via A +B bak 380 kg stikstof/ha
- In drainwater 50 kg stikstof/ha
- Opname gewas 280 kg stikstof/ha
- Onbekend 50 kg stikstof/ha

Op dit moment is het niet mogelijk om de stikstof balans kloppend te krijgen. Door het water te hergebruiken kan 50 kg stikstof per ha bespaard worden. Uit de N-min monsters genomen bij stellingenteelten op zand wordt in de periode oktober –januari een stikstofafname van 22 kg N/ha (76 – 54) waargenomen. Van de 54 kg N/ha die in januari 2012 wordt gemeten zal zeker nog een deel uitspoelen. Een uitspoeling van 50 kg N/ha onder een stellingenteelt is mogelijk.

Het merendeel van de telers (91%) voert een behandeling uit tegen Phytophthora. Dit gebeurt hoofdzakelijk met het middel Paraat of de combinatie Paraat+ Aliette, 86% van de telers geeft aan dat ze in 2010 een aantasting van Phytophthora hebben waargenomen.

Opvallend is dat 57% van de telers (dit komt overeen met 80% van het areaal) die op stellingen aardbeien telen geen aardbeientelers kennen die het water recirculeren. Van de telers die niet recirculeren, ziet 56% geen mogelijkheden om op het eigen bedrijf de uitspoeling te beperken. Duidelijk is dat een goede communicatie wenselijk is met name omdat de norm van 50 ml/l nitraat per 1 juli 2012 ingevoerd gaat worden.

4 Ontsmettingssystemen circulatiewater en effectiviteit

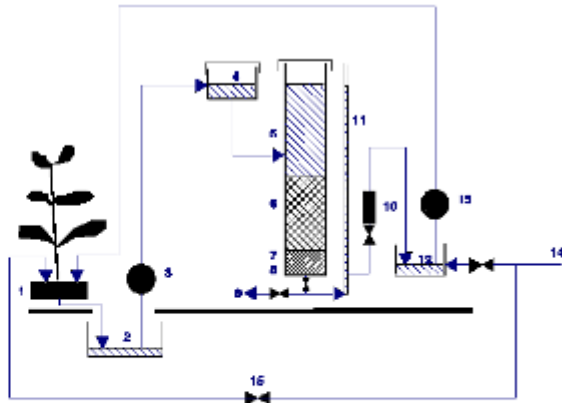
Het meeste water dat in de aardbeienteelt gebruikt wordt voor de opkweek van trayplanten en voor de teelt van aardbeien op stellingen moet worden hergebruikt. Voor de stellingenteelt is lozen van het drainwater in de bodem alleen nog toegestaan bij het gebruik van langzaam werkende meststoffen. Sinds 1 januari 2013 valt de regelgeving voor het gebruik van water onder het Activiteitenbesluit Landbouw. Dit betekent dat er strenger wordt gecontroleerd op de naleving. Het overtollige drain- en/of gietwater moet worden opgevangen en hergebruikt. De eenvoudigste en goedkoopste methode is dit water op te vangen en te gebruiken in een ander gewas (bijvoorbeeld gras, maïs, prei of fruitteelt). Wordt het water opnieuw gebruikt in de aardbeienteelt dan is het zinvol om het te ontsmetten om de kans op verspreiding van ziekten te voorkomen.

Vanuit de glastuinbouw zijn een groot aantal technieken en middelen bekend om water te ontsmetten zoals: langzame zandfiltratie, UV-ontsmetting, verhitting, gebruik van waterstofperoxide en ozon. In de boomteelt worden ook moerasfilters gebruikt.

Elk systeem heeft zijn voor- en nadelen waardoor de keuze lastig is. De geschiktheid hiervan voor de aardbeienteelt wordt hieronder per systeem verwoord vanuit de literatuurstudie Ontsmetten van recirculatiewater in de aardbeienteelt (Van de Broek, e.a. 2013) .

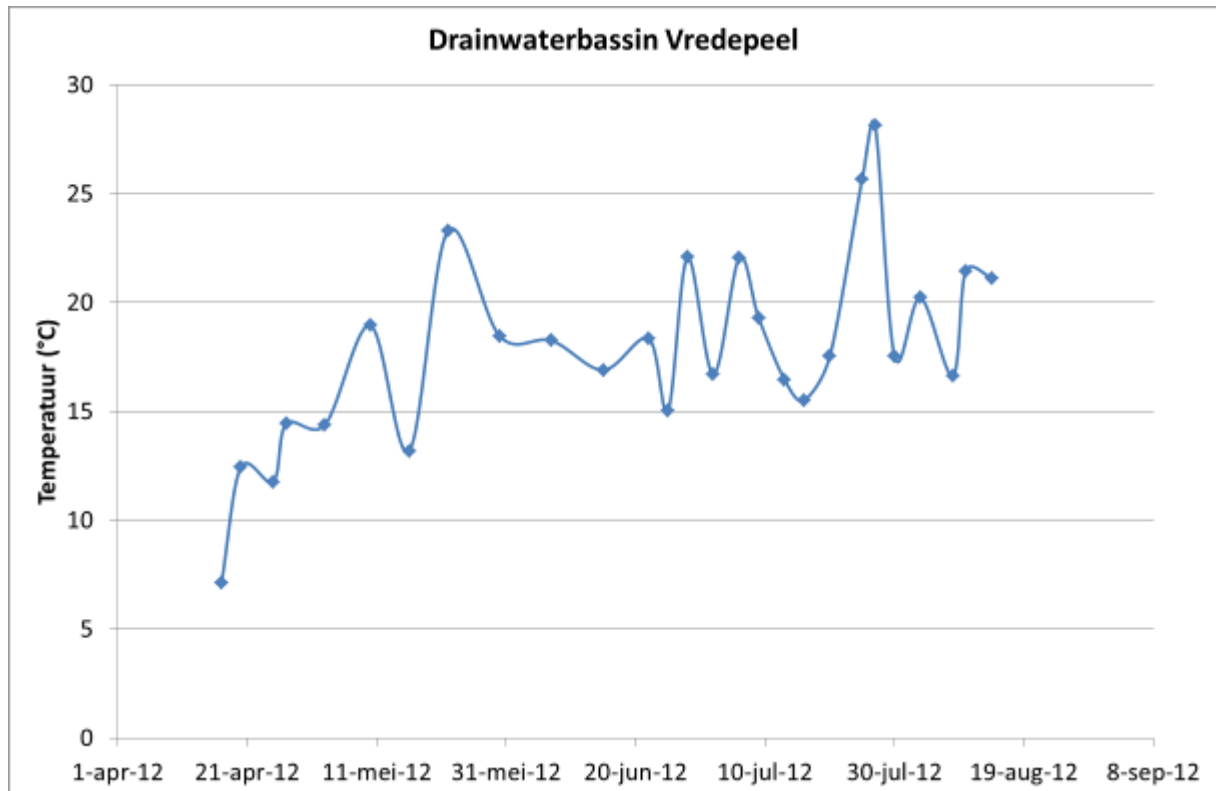
4.1 Zandfilter

Met behulp van langzaam zandfiltratie worden de schimmels *Phytophthora* en *Pythium* goed tegen gehouden (reductie van meer dan 99,9%) en wordt verspreiding voorkomen. Dit geldt niet voor andere ziekten zoals *Fusarium*, meeste bacteriën, virussen en aaltjes. Ook is nagegaan of *Xanthomonas fragariae* in voldoende mate door het zandfilter wordt tegengehouden. In België wordt bij de teelt van aardbeien onder glas het langzame zandfilter in combinatie met het gewasbeschermingsmiddel Paraat naar alle tevredenheid ingezet bij recirculatie van drainwater in de stellingen- en kasteelt. Daarnaast wordt de combinatie langzaam zandfilter en UV ontsmetting regelmatig waargenomen. Bij de trayveldenteelt is het langzame zandfilter waarschijnlijk minder geschikt omdat de verspreiding van bovengenoemde pathogenen niet voor 99,9 % wordt voorkomen. Het langzame zandfilter is een eenvoudige, goedkope, onderhoudsvriendelijke methode die relatief veel grondoppervlak vraagt. Dat deze methode niet alle micro-organismen dood kan ook een voordeel zijn. Zo is van *Pythium* en *Phytophthora* bekend dat zij onder steriele omstandigheden een hoger percentage planten infecteren dan in een medium waar andere micro-organismen aanwezig zijn. Niet pathogene micro-organismen in het substraat of drainwater zijn dus in staat om de ontwikkeling van ziekten te onderdrukken. Het zandfilter (zie afbeelding 1) is gebaseerd op twee principes: a) het simpelweg uitzeven van micro-organismen; de stroomsnelheid van het water en de poriëgrootte van het filter zijn bepalend voor de effectiviteit, b) daarnaast worden micro-organismen, waaronder pathogenen actief verdrongen door het microbieel leven in het filter. Dat moet zich opbouwen; daarvoor is het nodig dat het filter een tijdje heeft gewerkt en dat de temperatuur voldoende hoog is. De temperatuur loopt tijdens het seizoen in het drainwaterbassin en daarmee in het zandfilter vanzelf langzaam op (zie afbeelding 2). Hoe hoog de minimale temperatuur moet zijn voor een goede werking is niet exact bekend.



Legend:
 Nutrient solution drains from substrate 1 to recatchment tank 2. From here it is pumped (3) to the upper container 4, from which it flows to the sand filter. 5 is the supernatant water layer of 1 m upon the sand (6). The layer between 5 and 6 is called the Schmutzdecke or filter skin. 7 and 8 are the 10 and 15 cm gravel layers, respectively. Tap 9 is used for the initial filling of the filter. Flow meter 10 controls the filtration rate. Open pipe 11 measures the head loss. Container 12 collects the filtrate and mixes it with fresh nutrient solution (14). From here pump 13 supplies the solution to the plants. During maintenance, valve 15 is open and supplies the plants with fresh nutrient solution, excluding the use of the sand filter.

Afb. 1: Foto en schema van zandfilter.



Afb. 2: Temperatuurverloop in drainwater bassin in Vredepeel het seizoen 2012.

4.2 Lage en hoge druk UV

Met behulp van UV ontsmetting (zie Afb. 3) kunnen wanneer de dosis en de toedieningstijd voldoende hoog is alle schimmels, bacteriën, virussen en aaltjes gedood worden. Echter door het gebruik van veen en kokos in de aardbeienteelt is de transmissiewaarde (troebelheid) van het water hoog. Dit is op te lossen door, voordat het terugkomende water wordt ontsmet, "schoon" water toe te voegen zodat de transmissiewaarde verbetert. Dit leidt tot een hogere capaciteit van het UV apparaat en hogere energie kosten. Een andere mogelijkheid is dat afhankelijk van de transmissiewaarde het water sneller of langzamer door het UV apparaat stroomt. Het is een complexe, compacte installatie, wat regelmatig onderhoud vraagt en alle aanwezige micro-organismen dood.



Afb. 3: **Lage druk UV-ontsmetter gebruikt bij recirculatie bij de teelt van aardbeien onder glas.**

4.3 Verhitting

Bij ontsmetting door verhitting wordt het water gedurende 30 seconden op een temperatuur van 95° C of gedurende 3 minuten op 85°C gehouden. Hierdoor worden alle micro-organismen gedood. Een nadeel van deze methode is dat er voor ontsmetting veel gas wordt verbruikt en dat voor gebruik het water moet worden aangezuurd. Het is een eenvoudige, compacte installatie, die wat onderhoud vraagt. Evenals UV ontsmetting is het een wat duurdere methode.

4.4 Waterstofperoxide en ozon

Bij ontsmetting met waterstofperoxide of ozon kunnen bij een juiste dosering alle micro-organismen gedood worden. De juiste dosering is afhankelijk van: a) de concentratie (hoeveelheid actieve stof), b) de doorstroomsnelheid (de contacttijd met de ziektekiemen) , c) het organische stof gehalte van het retourwater en d) het schadelijke organisme dat gedood moet worden. Dit maakt de toediening dan ook lastig. Bij de aardbeienteelt in substraat kan evenals bij UV-ontsmetting de transmissiewaarde problemen opleveren. In tegenstelling tot andere chemische stoffen vormen waterstofperoxide en ozon geen bijproducten.

4.5 Moerasfilter

Bij het gebruik van een moerasfilter als ontsmettingsmethode is het niet duidelijk welke micro-organismen in voldoende mate worden tegengehouden. Meer onderzoek is noodzakelijk voordat dit systeem kan worden aanbevolen voor gebruik in de praktijk. Zowel bij de aardbeienteelt op stellingen als in de boomteelt (containerteelt) zijn er telers die dit systeem naar alle tevredenheid toepassen. Het is een eenvoudige, goedkope, onderhoudsvriendelijke methode die relatief veel grondoppervlak vraagt (zie Afb. 4).



Afb. 4: **Voorbeeld van een moerasfilter bij een aardbeiteler.**

4.6 Voor- en nadelen en kostenindicatie van 3 ontsmettingsmethoden

Voor de teelt van aardbeien op stellingen worden al een aantal ontsmettingssystemen in de praktijk toegepast zoals het langzame zandfilter, UV-ontsmetting en het moerasfilter (werking nog niet door onderzoek aangetoond. In tabel 1 zijn de voor- en nadelen diverse ontsmettingsmethoden samengevat. (Bron: Van de Broek, e.a., 2013)

Tabel 1: **Voor en nadelen diverse ontsmettingsmethoden.**

| Aspect | Langzaam zandfilter | UV | Verhitting |
|--------------------------------------|-------------------------|----------------------|-------------------------|
| <i>Kostprijs</i> | Laag | Hoog | Hoog |
| <i>Energiekosten</i> | Laag | Hoog | Hoog |
| <i>Techniek</i> | Eenvoudig | Complexe apparatuur | Eenvoudig |
| <i>Onderhoud</i> | Minimaal | Hoger | Hoger |
| <i>Zuivering organisch materiaal</i> | Ja | Nee | Nee |
| <i>Verwijdering pathogeen</i> | Gedeeltelijk | Volledig is mogelijk | Volledig is mogelijk |
| <i>Bacterie, virus</i> | Onvoldoende | Volledig is mogelijk | Volledig is mogelijk |
| <i>Nuttige microflora</i> | Overleeft | Wordt gedood | Wordt gedood |
| <i>Noodzakelijke oppervlak</i> | Groot (diameter 6.2m) | Gering | Gering |
| <i>Voorfiltratie</i> | Nee | Ja | Ja |
| <i>Werking</i> | Temperatuur afhankelijk | Nee | Temperatuur afhankelijk |
| <i>Wachttijd na installatie</i> | 4 weken | Geen | Geen |
| <i>Bestrijdingsmiddelen</i> | Gedeeltelijk | Gedeeltelijk | Nauwelijks |
| <i>Uzerehelaten</i> | Blijven gelijk | Worden afgebroken | Blijven gelijk |
| <i>Aanzuren water</i> | Nee | Nee | Ja-> pH verlaging |
| <i>Hogere watertemp.</i> | Nee | verwaarloosbaar | Ja, + 5oC |

In België zijn er goede ervaringen opgedaan met de combinatie van langzaam zandfilter + het middel Paraat en langzaam zandfilter + UV-ontsmetting.

Kostenindicatie : J. Noorden (DLV Plant) heeft een begroting gemaakt voor de verschillende ontsmettingssystemen die in onderstaande tabel 2 zijn samengevat .

Tabel 2: **Kostenindicatie voor 3 verschillende ontsmettingssystemen bij 2,5 ha aardbeien op stellingen, 2 teelten of een doorteel bij een capaciteit van 12,5 m³ water/dag/ha**

| | Langzaam zandfilter | UV | Verhitting |
|--------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Capaciteit | 3,4 m ³ /uur | 2,9 m ³ /uur | 3,0 m ³ /uur |
| Prijsindicatie | € 33.000 | €18.000 | € 24.500 |
| Jaarkosten | € 4.455 (13,5%) | € 3.330 (18.5%) | € 3.308 (13.5%) |
| Variabele kosten | Gering (stroom+pomp) | € 390 | € 780 |
| Totale jaarkosten | € 4.455 | € 3.720 | € 4.088 |

(bron

www.dlvplant.nl/nl/core/media/file/Files_Corporate/Nieuwsberichten%202012/Teeltwinstdoorgoedwatermanagement_DLVPlant.pdf).

5 Voorkomen van Phytophthora in Teelt op water

In 2010, 2011 en 2012 is de nadruk van het teeltonderzoek bij tdgu aardbei op stellingen te Vredepeel gelegd op het voorkomen van de verspreiding van bodemziekten in teelt op water. Omdat Phytophthora door de telers het meest gevreesd wordt is het onderzoek gericht op het voorkomen van deze ziekte. In het onderzoek is nagegaan in welke mate Phytophthora door het systeem verspreiden en of verspreiding met behulp van een zandfilter is te voorkomen. Hiertoe zijn vier systemen voor de teelt op water aangelegd (zie tabel 3 en afb. 5).

Tabel 3: **Overzicht van de 4 teeltsystemen ter toetsing preventie verspreiding Phytophthora; aardbei tdgu op stelling, Vredepeel 2010-2012,.**

| Goot | Stelling teeltsysteem met: | Phytophthora beheersing |
|------|----------------------------|-------------------------|
| 1 | NFT | Geen |
| 2 | NFT | Paraat |
| 3 | NFT | Langzaam zandfilter |
| 4* | Veensubstraat cq. NFT* | Paraat (alleen in 2010) |

* In de 2^e proef van 2012 werd in object 4 het veensubstraat vervangen door NFT, waarbij stuwstijlen werden aangelegd.



Afb. 5: **Teelt op water in Vredepeel.**

Op drie van de systemen wordt geteeld volgens NFT (Nutrient Film Techniek). De aardbeiplanten staan in een goot. Gedurende de hele teelt stroomt er water met een voedingsoplossing langs de planten. In het vierde systeem worden de aardbeiplanten geteeld op veensubstraat volgens de in de praktijk gehanteerde methode (bakken). Er is geteeld op een goot, met een afschot van 2%. Elke goot is uitgerust met een eigen bassin van waaruit water (voedingsoplossing) wordt rondgepompt (NFT) of via druppelaars aan de plant wordt gegeven (Veen). Om algengroei te voorkomen is het bassin afgedekt met antiworteldoek.

In de 4 systemen zijn door *P. cactorum* aangetaste planten tussen gezonde planten gezet (midden op de goot) om ziektedruk te creëren (10 geïnoculeerde planten midden op de goot van 100 planten). Daarnaast

werd aan het bassin een sporensuspensie van *P. cactorum* toegevoegd bij het planten. Tevens werd in elk bassin een *P. cactorum* kweek gehangen om gedurende het experiment ziektedruk te houden. In systeem 1 werd niets gedaan om aantasting door *Phytophthora* te voorkomen. In systeem 2 werd het fungicide Paraat toegevoegd aan het bassin aan het begin van de teelt. In het derde systeem werd een zandfilter geplaatst om het water te ontdoen van ziektekiemen. In het systeem op veensubstraat werd bij het planten Paraat toegepast om uitval door *Phytophthora* te voorkomen. Het gebruikte ras was Elsanta in 2010 en 2011. In 2012 is overgestapt naar het ras Sonata.

5.1 Resultaten *Phytophthora* onderzoek 2010 - 2012

5.1.1 Resultaten in 2010 en 2011

De resultaten worden hier kort samengevat. Gedetailleerd verslag van de resultaten voor 2010 en 2011 zijn vermeld in verslag Teelt de grond uit aardbei *Phytophthora cactorum* en echte meeldauw; rapportage 2010 - 2011 (Evenhuis 2011). Afb. 6 geeft het beeld van uitval van aardbeiplanten als gevolg van aantasting door *P. cactorum*.



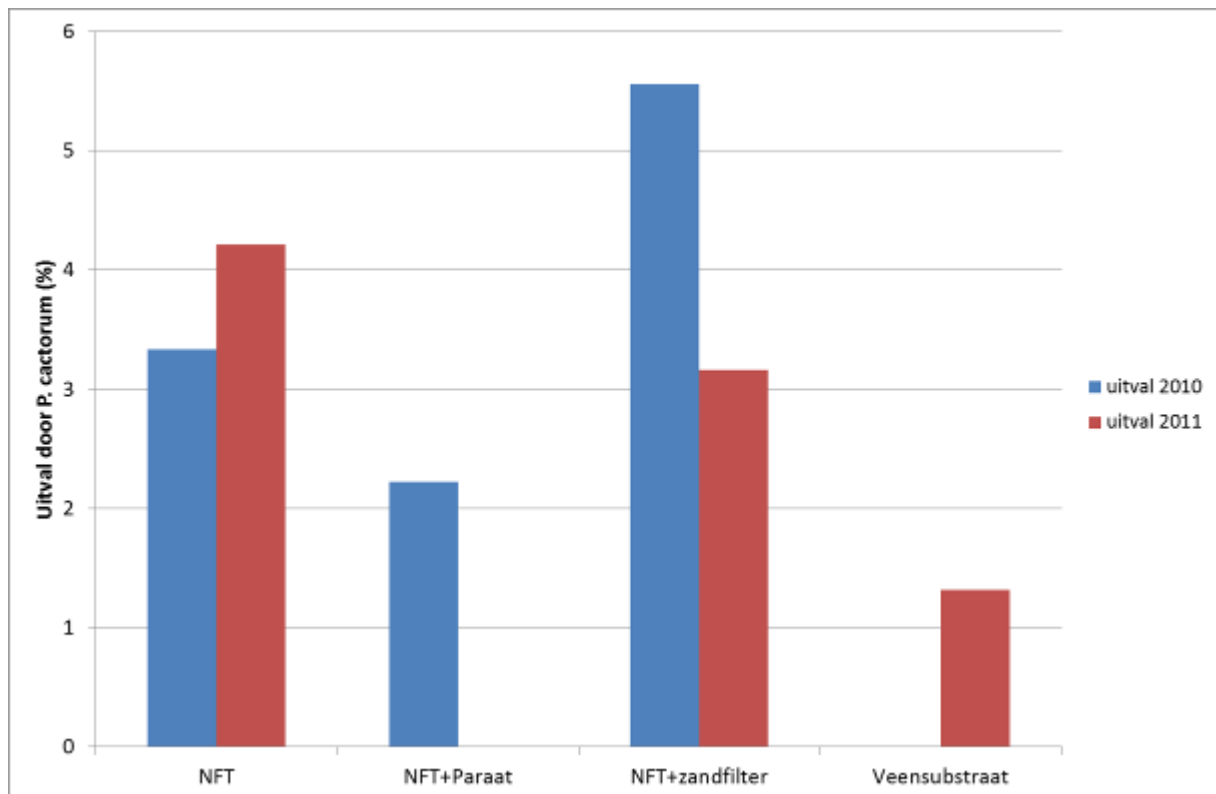
Afb. 6: **Uitval door *P. cactorum***

De uitvalpercentages aan aardbeiplanten door *Phytophthora* in 2010 en 2011 zijn weergegeven in afbeelding 7. De resultaten daarvan leiden toe de volgende conclusies:

- Uitval van aardbeiplanten als gevolg van aantasting door *P. cactorum* bleef in het NFT systeem (buiten) zeer beperkt, en lagen niet hoger dan wat in de praktijk in de vollegrond gevonden wordt
- Bij doorsnijden van de rhizomen lijkt er wel aantasting te zijn opgetreden door *P. cactorum* zonder dat dit heeft geleid tot zichtbare schade.
- De gebruikte *P. cactorum* isolaten hebben in andere proeven aantasting en uitval van aardbeiplanten veroorzaakt. Dit geeft enerzijds aan dat het isolaat pathogeen (ziekteverwekkend) is, anderzijds dat al of

niet aantasting niet alleen bepaald wordt door de aanwezigheid van de ziekteverwekker, maar zeker ook door de omstandigheden.

- PCR analyse liet zien dat er Phytophthora in het water aanwezig was, maar dit is geen onomstotelijk bewijs voor de aanwezigheid van *P. cactorum*. Het kan ook om een andere Phytophthora soort gaan.
- Verder werd geconstateerd dat de aantasting van het gewas door meeldauw op het NFT systeem minder was dan op aardbeien geteeld op veensubstraat. Meeldauw aantasting in de vollegrond was lager dan op stellingen.
- De lagere mate van aantasting door meeldauw op NFT ten opzichte van substraatteelt kon in 2012 niet bevestigd worden.



Afb. 7: Uitvalpercentages aardbeiplanten door *P. cactorum* per teeltsysteem in 2010 en 2011, Teelt op stelling; proeflocatie PPO Vredepeel. NFT (Nutrient Film Techniek) = water met een voedingsoplossing.

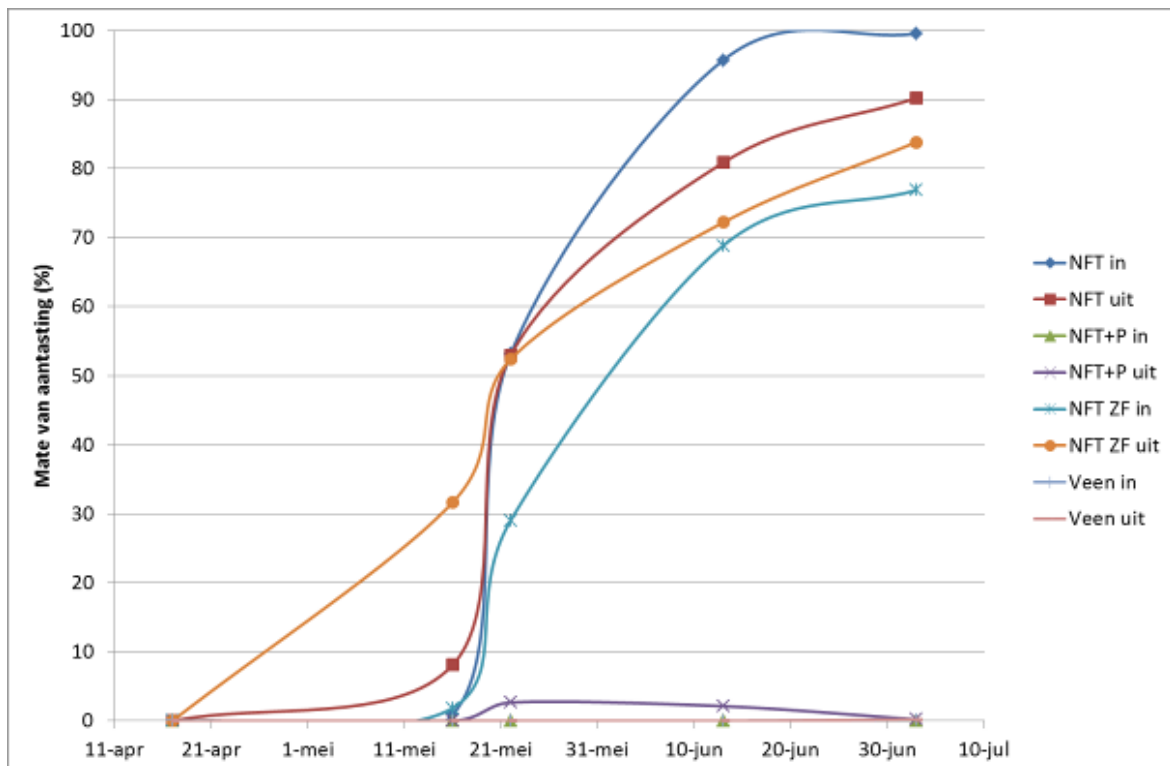
5.1.2 Phytophthora-proeven 2012

In 2012 is op de stellingteelt te PPO Vredepeel het Phytophthora-onderzoek voortgezet in 2 teelten met de teeltwijzen/behandelingen zoals genoemd in tabel 2. In de 2^e proef van 2012 werd in object 4 het veensubstraat vervangen door NFT, waarbij stuwttjes werden aangelegd.

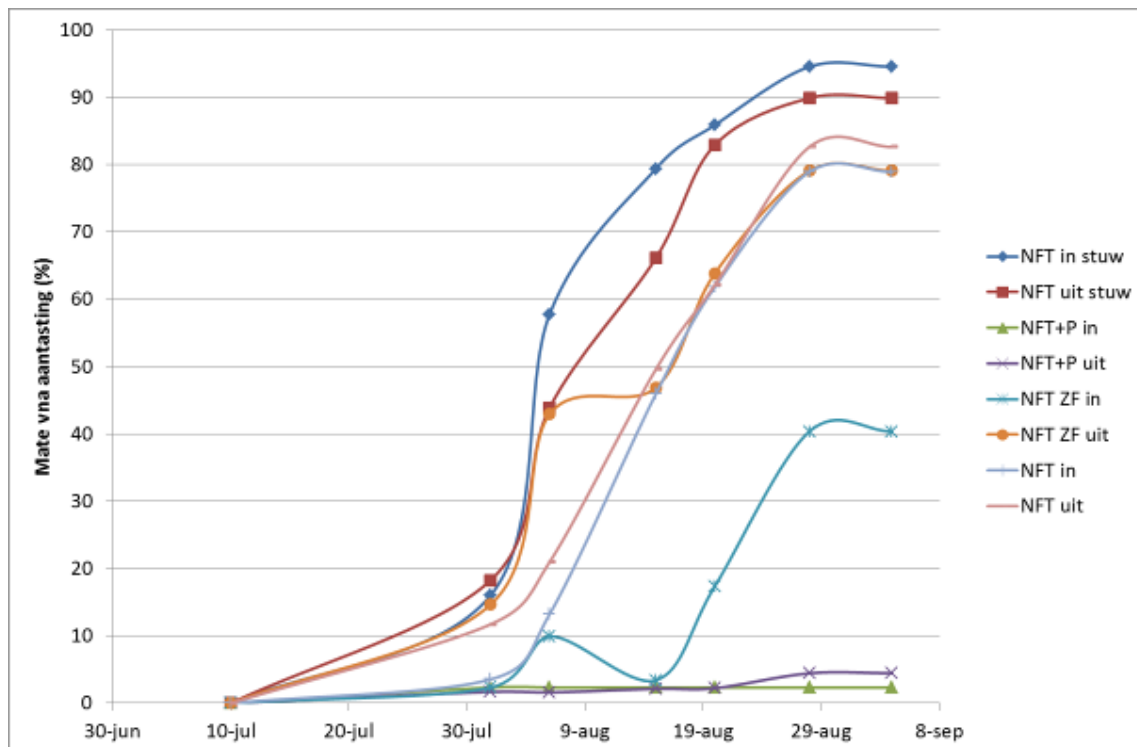
Het verloop van aantasting voor en achter de geïnoculeerde planten is gescoord gedurende de teelt. De resultaten zijn weergegeven in de afbeeldingen 9 en 10.



Afb. 8: Links proefopstelling van een langzaam zandfilter op PPO Vredepeel; rechts op de voorgrond aardbeiplanten aangetast door Phytophthora (onbehandeld), daarachter aardbeiplanten die één maal behandeld zijn met Paraat.



Afb. 9: Aantastingspercentages aardbeiplanten door *P. cactorum* per teeltsysteem in proef 1 vroege teelt op stelling; PPO Vredepeel 2012. In = vóór de geïnoculeerde planten; uit = achter de geïnoculeerde planten: NFT (Nutrient Film Techniek) = water met een voedingsoplossing; ZF = zandfilter; veen = teelt in veensubstraat.



Afb. 10: Aantastingspercentages aardbeiplanten door *P. cactorum* per teeltsysteem in proef 2, late teeltopstelling; PPO Vredepeel 2012. In = vóór de geïnoculeerde planten; uit = achter de geïnoculeerde planten: NFT (Nutrient Film Techniek) = water met een voedingsoplossing; ZF = zandfilter; veen = teelt in veensubstraat; stuw = met stuw

De resultaten in de 1^e teelt in 2012 laten geen Phytophthora-aantasting zien bij veen en een zeer beperkte aantasting bij NFT+Paraat. De andere behandelingen (alleen NFT en NFT + zandfilter) geven gedurende de teelt een toenemende aantasting van Phytophthora.

Bij de 2^e teelt (afb. 10) is veen (standaard object) niet aangelegd in de proef. In plaats daarvan is gekeken naar het effect van de stroomsnelheid van het water op de infectie van aardbeiplanten door Phytophthora. Hiervoor zijn stuwjes in de goot aangebracht om zo stilstaand water te creëren. Ook bij de 2^e teelt is de aantasting in de behandeling NFT + Paraat beperkt (2-5 %). De andere behandelingen laten weer een hoog en gedurende het groeiseizoen een toenemende aantasting zien. In de goten waar stuwjes zijn aangebracht is de uitval van aardbeiplanten door Phytophthora het hoogst en snelst, kort gevolgd door NFT zonder stuw en benedenstrooms bij de goot met het zandfilter. Ook bovenstrooms vind uitval plaats maar dit is minder en treedt langzamer op. De planten het dichtst bij de inoculum bron vielen het eerst uit. Planten aan het begin van de goot waar het drainwater uit het zandfilter in de goot stroomde, bleven het langste staan.

Samenvatting 2012; in twee achtereenvolgende teelten op stelling zijn de goten kunstmatig met Phytophthora sporen geïnfecteerd, in combinatie met het opzetten van geïnfecteerde planten. Het resultaat was dat zonder Phytophthora beheersing vrijwel alle aardbeiplanten aangetast werden door Phytophthora. Behandelingen met Paraat, zowel bij de teelt op stromend water (NFT) als bij de teelt op veensubstraat liet geen aantasting zien. Op de goot die aangesloten was op een zandfilter kwam wel aantasting voor. Deze is wel geringer dan de onbehandelde objecten. Voor het zandfilter zijn in het water de schimmels Phytophthora en of Pythium waargenomen. Aantasting van aardbeiplanten door *P. cactorum* werd zowel stroomafwaarts als in mindere mate stroomopwaarts waargenomen.

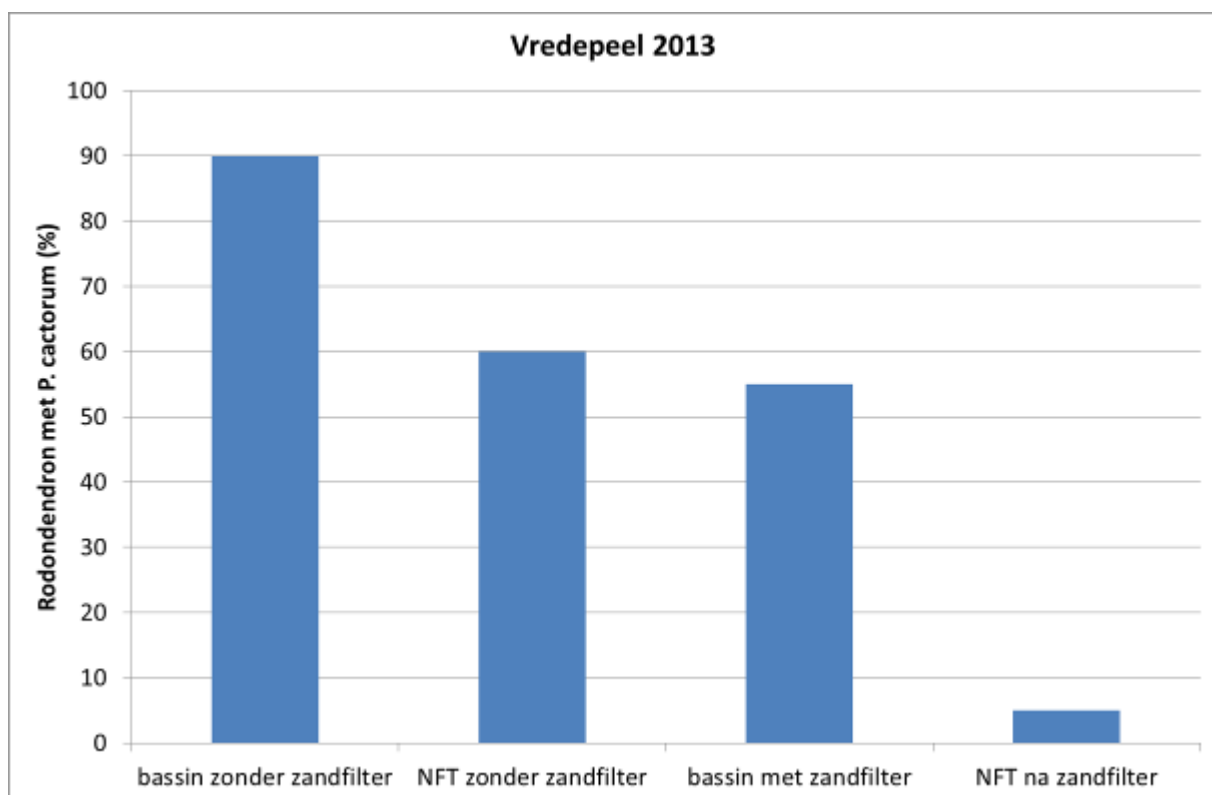
Nadat het drainwater door het zandfilter is gelopen werd Phytophthora niet meer aangetoond. Het zandfilter biedt dus perspectief. De aantasting stroomopwaarts van de aangetaste planten is afkomstig van de zieke planten in de goot.

5.1.2.1 Toetsing preventie Phytophthora in stellingteelt 2013

In 2013 zijn op de stellingteelt te Vredepeel de 2 teeltmethoden getoetst op de efficiëntie in het voorkomen van Phytophthora. Hierbij is de werking van een zandfilter in combinatie met aardbeienteelt op een dun waterlaagje zonder substraat getoetst in vergelijking met teelt op water zonder ontsmetting. Aardbeiplanten van het ras Sonata werden in Lelystad in de kas opgekweekt op met Phytophthora besmet substraat. De aantasting van de planten varieerde van niet zichtbaar tot volledig verwelkte planten. Deze planten werden vervolgens op het NFT systeem gezet in Vredepeel. Aan de schoonwater bassins werden Phytophthora suspensies en een Phytophthora kweek toegevoegd. Om levende Phytophthora te kunnen aantonen werd gebruik gemaakt van een loksysteem. Rododendron dat gevoelig is voor aantasting door Phytophthora en Pythium werd hiervoor gebruikt.

Zowel in het schoonwater bassin als in de water inlaat van de goot werden Rododendron blaadjes gehangen, gedurende 2 of 3 dagen. Deze procedure werd 10 x uitgevoerd. Vervolgens werden de bladeren beoordeeld op aantasting door schimmels. Op het oog is niet te zien of de aantasting wordt veroorzaakt door Phytophthora of Pythium, laat staan om welke soort Phytophthora het gaat. Door middel van isolatie van de schimmels uit Rododendronblad werd vervolgens bepaald of *P. cactorum* aanwezig was.

Uit de resultaten blijkt dat nadat het water door het zandfilter was gelopen, op 1 uitzondering na geen *P. cactorum* werd aangetroffen (zie afbeelding 11), wat aangeeft dat dit een effectieve methode is om het drainwater te ontsmetten. Ook in het bassin zie je een afname van *P. cactorum* in de tijd als er een zandfilter geplaatst is. Deze afname zie je niet zonder ontsmetting. Dit geeft aan dat op een goed moment *P. cactorum* uit het systeem met zandfilter verdwenen is. Zonder ontsmetting blijft de Phytophthora zowel in het bassin als op de goot aanwezig.



Afb. 11: Percentage aangetaste blaadjes door *P. cactorum* per teeltsysteem, rododendron biotoets in stellingteelt; proeflocatie PPO Vredepeel in 2013.

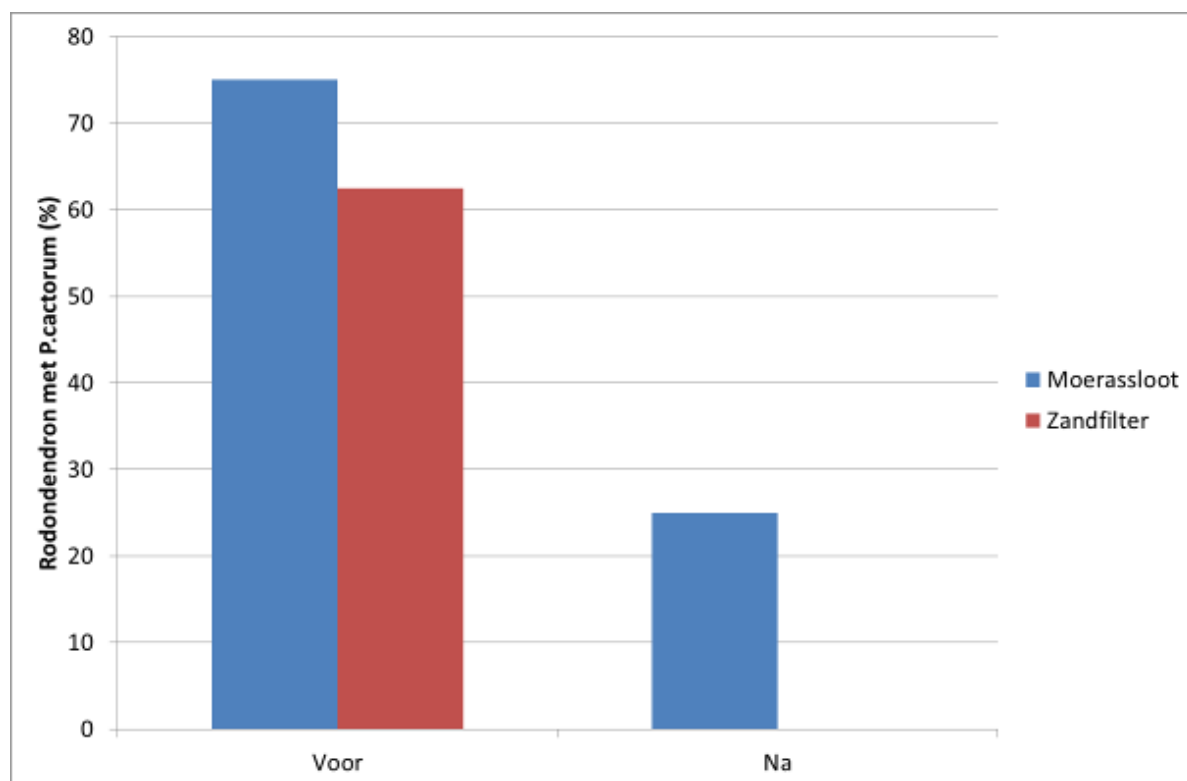
Conclusie: het zandfilter geeft in deze proef een forse verlaging van het aantastingspotentieel van Phytophthora, maar er blijft ene kleine kans op aantasting, tenminste van het gevoelige rododendron blad.

5.2 Phytophthora preventie met zandfilter en moerassloot in de praktijk

De Rododendron bio-toets (zie bijlage 1) is gebruikt voor het toetsen van de aanwezigheid van Phytophthora en Pythiumsoorten in het recirculatiewater bij 2 aardbeitelers, één met een zandfilter en de ander met een moerassloot. De resultaten van de praktijk monster analyses zijn weergegeven in afbeelding 12.

Uit de afbeelding komt naar voren dat na het zandfilter in dit onderzoek geen Phytophthora gevonden is en dat bij het moerasfilter een sterke reductie van Phytophthora na het moerasfilter is aangetoond maar dat deze niet helemaal weg is. Het doel was het aantonen van Phytophthora in het water.

Belangrijk is hierbij te vermelden dat bij het aantreffen van Phytophthora het niet noodzakelijkerwijs ook problemen geeft in de teelt aangezien er geen onderzoeksresultaten zijn die mate van aanwezigheid van Phytophthora kan relateren aan besmetting in de teelt. Bovendien kan met de Rododendrontoets maar in beperkte mate kwantitatief iets gezegd worden over de besmetting.



Afb. 12: Percentage aangetaste blaadjes door *P. cactorum* in het recirculatie water, voor en na de moerassloot cq. voor en na het zandfilter; Rododendron biotoets, Teelt op stelling bij 2 praktijkbedrijven 2013.

6 Xanthomonas fragariae in recirculatiewater

Het onderzoek naar de ontsmetting van *Xanthomonas fragariae* is uitgevoerd in samenwerking met Pieter Kastelein, Patricia van der Zouwen en Jan van der Wolf (plant Research International).

Een belangrijk deel van het water dat van trayvelden komt moet worden opgevangen om zo de emissie van nutriënten en gewasbeschermingsmiddelen naar het oppervlaktewater zoveel mogelijk te voorkomen. Wanneer dit water hergebruikt wordt op het tray-veld of binnen de aardbeiteelt is ontsmetten zinvol om verspreiding van ziekten te voorkomen.

Eén van de pathogenen die mogelijk in drainwater aanwezig kunnen zijn, is *Xanthomonas fragariae* (Xf). In de literatuur zijn verschillende methoden beschreven om water te ontsmetten op deze bacterie, maar over de effectiviteit van deze methoden is echter weinig bekend. Voor de aardbeiteelt is echter een betrouwbare methode voor hergebruik van drainwater een voor deze quarantaine bacterie noodzaak. Na een literatuurstudie zijn een aantal van deze methoden in een proef op stellingen getest. Hiervan is uitgebreid verslag gedaan in de publicatie: *Ontsmetten van recirculatiewater in de aardbeiteelt; Literatuuronderzoek en testen met Xanthomonas* (van de Broek, e.a., 2013). Hieronder worden de resultaten daarvan samengevat:

- *Natrium hypochloriet* doodde *Xanthomonas* niet in voldoende mate in een dosering tot 10 ppm en een blootstellingstijd van 1 minuut. Een optimalisatie stap kan hier nog gemaakt worden door andere dosering en/of langere blootstelling. Nader onderzoek is daarvoor nodig..
- *Clarmarin* (werkzame stoffen perazijnzuur en waterstofperoxide) doodde *Xanthomonas* volledig bij een dosering van 0,05% en hoger en een blootstellingstijd van 1 minuut. Nader onderzocht moet worden of een doseringsverlaging mogelijk is en of de werking afdoende blijft in met meer organische stof vervuild drainwater.
- Stroomt met *Xanthomonas* besmet water door een systeem van een *snel zandfilter* en *UV belichting* (zie afb.13) dan wordt deze bacterie volledig gedood. Bij installatie van een dergelijk systeem moet er op gelet worden dat de transmissie van het drainwater voldoende hoog is en de lampen schoon blijven.
- Toepassing van een *langzaam zandfilter* (zie afb.14) leidde bij bemonstering na 24 uur tot een afname van 99,6% van *Xanthomonas*. Na 48 uur was de afname 99,9%. Informatie over overleving van *Xanthomonas* in drainwater zou nuttig zijn om te bepalen of deze mate van doding voldoende is bij een langere verblijfstijd in het systeem. Tevens is het van belang te weten welke dichtheid aan bacteriën nodig is om een infectie in een aardbeienplant te krijgen.

Ook andere micro organismen zoals schimmels, bacteriën en virussen, zullen afnemen in het recirculatiewater bij gebruik van een zandfilter zoals blijkt uit de bijlagen 2 en 3, afkomstig uit de literatuur. De effectiviteit van de afname verschilt per organisme en is ook in de bijlagen aangegeven.



Afb. 13: Opstelling waarmee de effectiviteit van het snel zandfilter + hoge druk UV op afdoding van XF in drainwater is getoetst.



Afb. 14: Opstelling waarmee de effectiviteit van het langzaam zandfilter op afdoding van XF in drainwater is getoetst.

7 Prestaties op Planet, People, Profit-kenmerken van aardbei stellingteelt op water

Om de prestaties in kaart te brengen is in 2012/2013 door PPO en het LEI over alle gewassen een studie uitgevoerd, genaamd Teelt de Grond Uit in perspectief (Breukers, 2013).

De studie had als doel te analyseren wat de huidige prestaties zijn van de aardbei stellingteelt op water voor toepassing in de praktijk. Dit in vergelijking met de teelt van aardbeien in de vollegrond en een aardbei stellingenteelt met substraat. De duurzaamheid van het teeltsysteem wordt hiermee verantwoord naar stakeholders. Stakeholders, telers en belangstellenden willen weten of er onderbouwde en bewezen voordelen zijn op het gebied van Planet, People en Profit (PPP). De vergelijking is gemaakt op 15 PPP-onderwerpen. Voor aardbei is het een eerste studie met een teeltsysteem op water, dat nog zeer beperkt in de praktijk wordt toegepast. Op PPO Vredepeel is afgelopen jaren onderzoek gedaan een kleine proefopstelling. De vergelijking van de diverse onderwerpen is gebaseerd op waarnemingen in deze proefopstelling, aangevuld met praktijkervaringen met stellingenteelt aardbei (waarbij in enkele gevallen wordt gerecirculeerd) en op modelmatige berekeningen met betrouwbare data. Verder zijn diverse literatuurbronnen geraadpleegd. In deze studie worden een groot aantal onzekerhedengenoemd. De belangrijkste zijn:

- Inschatting van de inputfactoren bij de 3 teeltsystemen (energie, zandfilter, waterverbruik etc.);
- Inschatten van de productie van aardbeien op stellingen op stromend water;
- Inschatten van het energieverbruik;
- Hoe lang kan het drainwater en veen worden hergebruikt, frequentie van lozen;
- Waterverbruik en jaarinvoeden (temperatuur, instraling, hoeveelheid en verdeling van de neerslag);
- Inschatting nutriëntenemissie met name voor stikstof;
- Meerprijs voor aardbeien geteeld op stellingen?
- Smaakwaardering van aardbeien geteeld op water;
- Hoe waardeert de consument de teelt van aardbeien op stellingen op stromend water;
- Hoe duurzaam zijn aardbeien geteeld op stellingen op stromend water.

Ondanks alle onzekerheden is deze opstelling anno 2012 de best mogelijke vergelijking van de duurzaamheidsvergelijking van de systemen.

Tabel 4 geeft een overzicht van de prestaties van de duurzaamheidskenmerken voor de teelt van aardbeien op stellingen op water en stellingenteelt op substraat vergeleken met een vollegrondsteelt. Hoe te lezen? Bijvoorbeeld op gebied van energieverbruik scoort stellingenteelt slechter (energieverbruik neemt toe) en bij watergebruik scoort stellingenteelt beter (minder watergebruik dan in vollegrondsteelt).

Tabel 4: **Overzicht van prestaties van de aardbei stellingteelt op water en stellingteelt op substraat vergeleken met een vollegrondsteelt. “+” betekent een betere prestatie, “-“ betekent een slechtere prestatie in vergelijking met de vollegrondsteelt? Een verschil van minder dan 5% tussen de twee systemen is aangegeven met een “0”.**

| | stellingteelt op water | stellingteelt op substraat |
|---------------------|------------------------|----------------------------|
| PLANET | | |
| broeikasgassen | - | - |
| energieverbruik | - | + |
| verbruik veen | 0 | - |
| waterverbruik | + | - |
| N-verbruik | + | + |
| P2O5-verbruik | + | + |
| kg actieve stof | + | + |
| MBP waterleven | + | + |
| MBP grondwater | + | + |
| MBP bodemleven | + | + |
| landgebruik | + | + |
| PEOPLE | | |
| arbeidsbehoefte | - | - |
| PROFIT | | |
| kostprijs | - | - |
| Opbrengstprijis (a) | + | + |
| Rentabiliteit (a) | - | - |

^a van rentabiliteit en opbrengstprijis is het teken omgekeerd zodat de interpretatie hetzelfde is als alle andere indicatoren (afname is wenselijk).

Wordt de *stellingteelt op water* vergeleken met de vollegrondsteelt van aardbeien, dan is de score op duurzaamheidskenmerken als volgt:

- op 9 kenmerken is de prestatie beter dan in de vollegrond (minder verbruik van water, stikstof en fosfaat, minder inzet van actieve stof gmb's, minder belasting van oppervlaktewater, grondwater en bodemleven, minder landgebruik en een hogere opbrengstprijis);
- op 1 kenmerk namelijk veengebruik, verschilt de prestatie niet met de volle grondteelt;
- op 5 kenmerken is de prestatie slechter dan in de vollegrondsteelt (meer broeikasgasemissie, meer energieverbruik, hogere arbeidsbehoefte, hogere kostprijs en lagere rentabiliteit).

Toelichting

Het grote elektriciteitsgebruik wordt vooral veroorzaakt door het water continu rond te pompen bij het systeem waarbij aardbeien op stromend water worden geteeld. Door de aardbeiplanten in stromend water te hangen kan wel de eindige grondstof veen vervangen worden, maar dit systeem vraagt meer energie en veroorzaakt zoo ook meer broeikasgassen.

Wordt de stellingteelt op substraat vergeleken met de vollegrondsteelt dan is de score op duurzaamheidskenmerken als volgt:

- op 9 kenmerken is de prestatie beter dan in de vollegrond (minder verbruik van energie, stikstof en fosfaat, minder inzet van actieve stof gmb's, minder belasting van oppervlaktewater, grondwater en bodemleven, minder landgebruik en een hogere opbrengstprijis);
- op 6 kenmerken is de prestatie slechter dan in de vollegrondsteelt (meer broeikasgasemissie, meer waterverbruik, hogere arbeidsbehoefte, hogere kostprijs en lagere rentabiliteit).

Toelichting

- Het gebruik van veen leidt tot hoge broeikasemissies. Telers die de broeikasemissie van de teelt op stellingen in veen willen verlagen kunnen bekijken of er andere substraten zijn die tot minder broeikasgasemissies leiden.

Vergelijking PPP Prestaties van systeem a = aardbei stellingteelt op water met recirculatie en zandfilter versus systeem b = aardbei stellingteelt op substraat zonder recirculatie en zonder zandfilter.

Hoewel beide stellingteelt-systemen op 9 kenmerken beter scoren dan de vollegrondsteelt aardbeien, valt bij de onderlinge vergelijking in tabel 4 op, dat :

- Systeem a beter scoort door minder gebruik van eindige grondstof veen en minder watergebruik dan systeem b. Ook zal de nutriënten emissie naar bodem, oppervlakte water en grondwater minder zijn, maar dat komt bij de opstelling van tabel 4 niet naar voren.
- Systeem a slechter scoort op energiegebruik , veroorzaakt door energie nodig voor het rondpompen van het recirculatiewater.

8 Discussie

Gezien Nationale en EU richtlijnen is beperking van mineralenemissie ook voor aardbeiteelt een noodzaak. Per 1 januari 2013 is hergebruik van water bij aardbeiteelt op stelling verplicht als het water niet aan een ander gewas toegediend kan worden.

Uit een praktijkenquête bleek dat in 2011 op 14% van het areaal aardbei stellingteelt gerecirculeerd wordt (7 bedrijven). Op 42% van het areaal vindt puntlozing plaats en op 45% vrije uitloop (op meerdere plaatsen in de goot kan het water de goot verlaten). Opvallend is verder dat 57% van de telers (dit komt overeen met 80% van het areaal) die op stellingen aardbeien telen geen andere aardbeientelers kennen die het water recirculeren. Van de telers die niet recirculeren, ziet 56% geen mogelijkheden om op het eigen bedrijf de uitspoeling te beperken.

Uit de N-min monsters genomen bij praktijkbedrijven onder de aardbeistellingen op zandgrond werd in de periode oktober – januari een stikstofafname van 22 kg N/ha (76 – 54) waargenomen. Van de 54 kg N/ha die in januari 2012 wordt gemeten zal zeker nog een deel uitspoelen. Een uitspoeling van 50 kg N/ha onder een stellingenteelt is mogelijk.

Hieruit bleek dat onderzoek naar een betrouwbaar hergebruik van recirculatie water dringend nodig was, maar ook is dat een goede communicatie over de resultaten en normen zeer gewenst is. Dit laatste temeer omdat de norm van 50 ml/l nitraat emissie inmiddels per 1 juli 2012 ingevoerd is.

Aardbeiteelt op water is daarbij een interessante optie, omdat efficiënter bemest kan worden en via recirculatie van meststoffen & water (gesloten kringloop) de emissie sterk is te beperken. Bij recirculatie op stellingenteelt mag hergebruik van water de aardbeiziekten niet door het hele systeem verspreiden. Daarom bleek een ontsmettingsmethode voor het recirculatiewater noodzakelijk.

Uit literatuuronderzoek en praktijkervaringen kwamen de volgende mogelijke ontsmettingsmethoden in beeld: toepassing of gebruik van een zandfilter, lage of hoge UV-ontsmetting, verhitting, combinatie van waterstofperoxide/ozon en een moerasfilter.

Toepassing van een lage of hoge UV is minder geschikt; het vraagt een complexe installatie, die relatief duur in energiegebruik is en regelmatig onderhoud vergt. Ook ontsmetting door verhitting is, door zijn gasgebruik een dure methode en daarom minder geschikt. De combinatie van waterstofperoxide/ozon werkt alleen bij een exacte, juiste dosering. Deze dosering is afhankelijk van veel factoren, zodat een goede toepassing van deze ontsmettingsmethode in de praktijk lastig is. Het gebruik van een moerasfilter is een eenvoudige, goedkope, onderhoudsvriendelijke methode die wel relatief veel grondoppervlak vraagt. Niet geheel duidelijk is welke ziekteverwekkers precies door het moerasfilter worden tegengehouden. Dat vraagt meer onderzoek. In de praktijk wordt het moerasfilter in de aardbei stellingenteelt en in de container boomteelt al naar tevredenheid toegepast. Het zandfilter leek uit literatuurstudie en ervaring bij andere teelten de meest handzame en perspectievolle ontsmettingsmethode voor recirculatiewater bij aardbei stellingteelt.

Daarom heeft dit onderzoek zich sterk gericht op de zandfilter methode met de vraag of aardbeiziekten hiermee afdoende voorkomen kunnen worden. De voornaamste aardbeizenziekten bij de aardbeiteelt zijn *Phytophthora cactorum* en *Xanthomonas fragariae*, maar ook *Pythium* en virussen kunnen van belang zijn. In een proefopstelling op PPO Vredepeel zijn diverse toepassingen van het zandfilter in stellingenteelt met recirculatiewater beproefd in vergelijking met de standaard stellingenteelt op veensubstraat. In de proeven was een grote ziektedruk van *P. cactorum* aangebracht middels kunstmatig besmette planten die geplaatst werden midden op de goot.

Bij stellingenteelt op water met recirculatie bleek bij toevoeging van het middel paraat een zeer beperkte plantuitval door *P. cactorum* op te treden. Ook het zandfilter gaf bovenstreams (=gootdeel van het filter tot aan de besmette planten) in 2012 geen uitval door *P. cactorum* te zien. Verder liet de praktijktoets met zandfilter zien, dat na het filter geen uitval door *P. cactorum* optrad. Het zandfilter heeft dus perspectief ter voorkoming van *P. cactorum*. Wel moet het microleven in het zandfilter zich eerst op bouwen voor een effectieve werking.

Ook voorkoming van *Xanthomonas fragariae* blijkt het zandfilter perspectief te beiden. Toepassing van een langzaam zandfilter leidde na 24 uur tot een afname van 99,6% van *Xanthomonas* en na 48 uur was de afname 99,9%. Belangrijk is wel te weten hoeveel % *Xanthomonas* in drainwater overleeft of de mate van

doding voldoende is bij een langere verblijfstijd in het systeem. Daarnaast is het van belangrijk te weten welke dichtheid aan bacteriën nodig is om een infectie in een aardbeienplant te krijgen. Deze punten vragen nader onderzoek om de betrouwbaarheid op langere termijn te kunnen inschatten.

Ook andere micro organismen zoals schimmels, bacteriën en virussen, zullen afnemen in het recirculatiewater bij gebruik van een zandfilter. Wel is er een behoorlijk verschil per organisme in effectiviteit van de afname. Bij te lage effectiviteit is aanvullend onderzoek of aanvullende maatregelen nodig bij die micro organismen die mogelijk schade kunnen opleveren bij stellingteelt van aardbeien op water.

Vergelijking PPP Prestaties van systeem a = aardbei stellingteelt op water met recirculatie en zandfilter versus systeem b = aardbei stellingteelt op substraat zonder recirculatie en zonder zandfilter.

Hoewel beide stellingteelt-systemen op 9 kenmerken beter scoren dan de vollegrondsteelt aardbeien, valt bij de onderlinge vergelijking in tabel 4 op, dat :

- Systeem a beter scoort door minder gebruik van eindige grondstof veen en minder watergebruik dan systeem b. Ook zal de nutriënten emissie naar bodem, oppervlakte water en grondwater minder zijn, maar dat komt bij de opstelling van tabel 4 niet naar voren.
- Systeem a slechter scoort op energiegebruik, vooral veroorzaakt door energie nodig voor het rondpompen van het recirculatiewater.

9 Uitdagingen en aanbevelingen voor aardbei stellingteelt en trayveldteelt

Hergebruik van drainwater vanuit trayvelden en stellingen is per 1 januari 2013 verplicht. De praktijk neemt deze verplichting op maar nog niet alle bedrijven hebben (eind 2013) een voorziening om het drainwater te hergebruiken. De twee belangrijkste redenen hiervoor is zijn de kosten (=kostprijsverhoging) en gevoel van risico (verspreiding van ziekten).

Stakeholders zullen samen een manier moeten vinden om de meerkosten voor de teelt te reduceren. Hierbij kan gedacht worden aan subsidies of fiscale maatregelen of meerprijs voor het eindproduct.

Bereidheid om te investeren neemt toe wanneer telers bewust zijn van de noodzaak en zeker van zijn dat de investering geen risico oplevert voor de bedrijfsvoering. Door activiteiten vanuit het project, verschillende waterschappen, adviseurs is bewustzijn op een redelijk niveau. Uit de contacten met de praktijk blijkt dat het vertrouwen in ontsmettingsapparatuur nog verbeterd kan worden. Naast het in de praktijk laten zien (het liefst bij de buurman) zal onafhankelijk monitoringsresultaten het vertrouwen doen groeien. Bij de monitoring zal naast de effectiviteit (ontsmetting) ook aandacht moeten zijn voor de gevolgen van het hergebruik van drainwater (residu gewasbeschermingsmiddelen in geoogst product / zout ophoping).

In het onderzoek is vooral *Phytophthora cactorum* onderzocht en op beperkte schaal *Xanthomonas frageriae*. Fundamenteel onderzoek rond ontsmetting middels zandfilter (*X. frageria* (duurproeven) en andere grondgebonden ziektes) draagt bij aan de betrouwbaarheid van het ontsmettingssysteem.

Naast vergroting van de kennis van ontsmetting middels de zandfilter is meer kennis over de verspreiding van ziektes gewenst. Hoe effectief moet de ontsmettingsmethode zijn om geen verspreiding van de ziekte te veroorzaken is op dit moment onvoldoende te beantwoorden.

Voor aardbeitrayvelden komt het met name aan het begin van de teelt veel water vrij dat hergebruikt moet worden. Ontwikkeling van een aangepast trayveldsysteem kan de hoeveelheid (drain)water beperken waardoor een lagere capaciteit van wateropvang en ontsmetter nodig is.

Substraatloos telen verlaagd de afhankelijkheid van substraat en verminderd de hoeveelheid. Onderzoek heeft laten zien dat de huidige NFT-systeem minder geschikt is. Ontwikkeling van een aangepast gootsysteem waarbij het water verticaal in plaats van horizontaal langs de plant loopt kan de besmetting van buurplanten binnen een goot beperken. Bij de ontwikkeling van een dergelijk teeltsysteem zal aandacht nodig zijn voor het energieverbruik (pompcapaciteit).

Literatuur

Breukers, A.; Stokkers, R.; Spruijt, J.; Roelofs, P. Haan, J. de, 2013, *Teelt de Grond Uit in perspectief. Prestaties van teeltsystemen op het gebied van integrale duurzaamheid*, LEI (in publicatie)

Broek, van den, e.a. , 2010, Rapportage Teelt de grond Uit, Aardbei 2009. PPO AGV 21 p.

Broek, R. van den; Verhoeven, J., 2011, *Emissie van nutriënten bij een aardbeienteelt op stellingen*. PPO AGV, PPO Proj.nr. 3250174411, 25 p.

Broek, R. van den; Verhoeven, J. Bus, J., 2011, *Hergebruik drainwater in stellingenteelt aardbei*, PPO AGV, PPO Publicatienr. 421. 3250174411, 16 p.

Broek, R. van den; Evenhuis, A.; Verhoeven, J.; Wolf, J. van der; Krijger, M.; Kastelein, P., Zouwen P. van der, 2013, *Ontsmetten van recirculatiewater in de aardbeienteelt; Literatuuronderzoek en testen met Xanthomonas*, PPO AGV, PPO nr. 533, 37 p.

Evenhuis, A. e.a. , 2012, Teelt de grond uit aardbei *Phytophthora cactorum* en echte meeldauw; rapportage 2010-2011, PPO AGV, 37 p.

Bijlage 1. Toets met Rododendron blaadjes

Met behulp van een eenvoudige biotoets met rhododendron-blaadjes kan de aanwezigheid van *Phytophthora* en *Pythium* in het water worden nagegaan. Van de rhododendronstruik worden bladeren genomen die niet te oud en niet te jong zijn. Met te oud wordt bedoeld dat de bladeren al een substantiële hoeveelheid natuurlijke bladschade (vlekken, scheuren,...) vertonen. Met te jong wordt bedoeld dat de natuurlijke waslaag (cuticula) zich nog onvoldoende gevormd heeft. Deze waslaag is nodig om de selectiviteit van de toets te waarborgen. Neem geen bladeren die symptomen van een ziekte vertonen om contaminatie van het reservoir te voorkomen. Gebruik één normaal blad of twee kleine blaadjes per netje. Was de bladeren voorzichtig onder de kraan (vermijd vorming van scheuren), snij ze ongeveer halverwege dwars door met een (snoei)schaar en plaats de delen in het netje op een manier dat ze niet bovenop elkaar liggen. Deze blaadjes worden in een netje gestopt en 4 dagen in het water gehangen. Ze trekken zwemsporen van deze schimmels aan. De zwemsporen infecteren de blaadjes en vormen lesies (bruine vlekjes). Treedt er bruinverkleuring op van het blad (afb. 15) dan is er een sterke indicatie dat er *Phytophthora* en/of *Pythium* sporen in het water aanwezig zijn. In een laboratorium worden de blaadjes op een selectieve voedingsbodem gelegd. De schimmels die hieruit groeien worden vervolgens geanalyseerd. Het resultaat geeft geen exacte aantallen weer maar een kwalitatieve aanduiding. Met deze methode kan *Phytophthora* al bij lage concentraties aangetoond worden.



Afb. 15: Links Rhododendron-blaadjes aangetast door *Phytophthora*; afkomstig uit water vóór het langzame zandfilter. Rechts blaadjes vrij van *Phytophthora* deze hingen in het water nadat het door het langzame zandfilter ging.

Bijlage 2. Effectief verwijderde pathogenen door langzaam zandfilter (> 99,9%).

| Pathogeen | Opmerking | Auteur |
|--|---|--|
| <i>Phytophthora aphanidermatum</i> | | Ehret et al., 2001 |
| <i>Phytophthora cinnamomi</i> | Stroomsnelheid 100 l/m ² /uur, zand: 0.15-0.30 en 0.2-0.8 mm | Van Kuik, 1994, Runia et al., 1996, Bruins et al., 1996, van Os et al., 1999 |
| <i>Phytophthora cryptogea</i> | Stroomsnelheid 200 l/m ² /uur, zand: 0.35 mm, 0.35-0.5 mm. | Barth, 1998, Wohanka, 1992 |
| <i>Phytophthora cryptogea</i> | Stroomsnelheid 200 l/m ² /uur, zand: 0.2-2 mm | Garibaldi et al., 2003 |
| <i>Fusarium oxysporum</i> | Stroomsnelheid 200 l/m ² /uur, zand: 0.35, 0.35-0.5 mm. | Barth, 1998 |
| <i>Fusarium oxysporum f. sp. pisi</i> | Stroomsnelheid 100-300 l/m ² /uur, zand: 0.15-0.30 | Runia et al., 1996 |
| <i>Fusarium oxysporum f. sp. cyclaminis</i> | Stroomsnelheid 100-300 l/m ² /uur, reductie 99.9% | Wohanka 1995; Os van et al., 2001 |
| <i>Verticillium dahliae</i> | Stroomsnelheid 100-300 l/m ² /uur, zand: 0.15-0.30 | Runia et al., 1996 |
| <i>Thielaviopsis basicola</i> | Stroomsnelheid 100-300 l/m ² /uur, zand: 0.15-0.30 | Runia et al., 1996 |
| <i>Cylindrocladium scoparium</i> | Stroomsnelheid 100-300 l/m ² /uur, zand: 0.15-0.30 | Runia et al., 1996 |
| <i>Xanthomonas campestris pv. pelargonii</i> | Stroomsnelheid 100-300 l/m ² /uur, reductie van 99.9-100% | Wohanka 1992; Os van et al., 2001 |

Door Logsdon (2002) aangegeven micro-organismen die door een langzaam zandfilter verwijderd worden (niet altijd effectief, effectief bij >99, 9% removal).

| Organism | Filtration rate (m/h) | Temperature (°C) | Removal percentage |
|--------------------------------|-----------------------|------------------|--------------------|
| Poliovirus | 0.2 | 16 to 18 | 99.997 average |
| Poliovirus | 0.4 | 16 to 18 | 99.865 average |
| Poliovirus | 0.2 | 5 to 8 | 99.68 average |
| Poliovirus | 0.5 | 5 to 8 | 98.25 average |
| Total coliform bacteria | 0.12 | 17 | 97 average |
| Total coliform bacteria | 0.12 | 5 | 87 average |
| <i>Giardia</i> | 0.12 | 5 to 15 | 99.994 average |
| <i>Giardia</i> | 0.4 | 5 to 15 | 99.981 average |
| <i>Giardia</i> | 0.12 | 17 | >99.93 to >99.99 |
| <i>Giardia</i> | 0.12 | 5 | >99.92 to >99.99 |
| <i>Giardia</i> | 0.08 | 0.5 | 93.7 |
| <i>Giardia</i> | 0.08 | 0.5 to 0.75 | 99.36 to 99.91 |
| <i>Giardia</i> | 0.08 | 7.5 to 21 | 99.98 to 99.99 |
| <i>Giardia</i> | 0.3 | 4.5 to 16.5 | >99.99 |
| <i>Giardia</i> | 0.4 | 4.5 to 16.5 | 99.83 to 99.99 |
| <i>Cryptosporidium</i> oocysts | 0.15 to 0.40 | 4.5 to 16.5 | >99.99 |
| <i>Cryptosporidium</i> oocysts | 0.2 | Not stated | 99.8 to 99.99 |
| <i>Cryptosporidium</i> oocysts | 0.29 | 12 to 14 | >99.99 |

Bijlage 3. Pathogenen, onvoldoende verwijderd door langzaam zandfilter (afname < 99,8%).

| Organisme | Pathoogeen | Opmerking | Auteur |
|-----------|--|---|---|
| Schimmels | <i>Fusarium oxysporum f.sp. lycopersici</i> | Stroomsnelheid 100 l/m ² /uur, zand: 0.15-0.30 en 0.2-0.8 mm | Runia et al., 1996 |
| Schimmel | <i>Fusarium oxysporum f. sp. lycopersici</i> | Stroomsnelheid 100 l/m ² /uur, zand: 0.15-0.35, 0.2-0.8 mm. Stroomt in lage concentratie uit zandfilter. | Bruins et al., 1996 |
| Schimmel | <i>Fusarium oxysporum f. sp. lycopersici</i> | Stroomsnelheid 100-300 l/m ² /uur, afname 99.1% | Os van et al., 2001 |
| Schimmel | <i>Fusarium oxysporum f. sp dianthi</i> | Stroomsnelheid 5 m/dag | Runia, 1995 |
| Schimmel | <i>Fusarium oxysporum f. sp pisi</i> | Afname 70-80% | Wohanka, 1995 |
| Virus | <i>Tomaatmozaïekvirus</i> | Stroomsnelheid 100 l/m ² /uur, zand: 0.15-0.30. Afname 91-99% | Runia et al., 1996 |
| Virus | <i>Pelargonium Flower Break Virus</i> | Stroomsnelheid 200 l/m ² /uur, afname 75% | Berkelmann et al., 1995, Runia et al., 1996 |
| Virus | <i>Tomaatmozaïekvirus</i> | Stroomsnelheid 100 l/m ² /uur, zand: 0.15-0.35, 0.2-0.8 mm. Effluent kan planten infecteren. Na 18 dagen niet meer | Bruins et al., 1996 |
| Bacterie | <i>Legionella cherrii</i> | Stroomsnelheid 0.15 m/uur | Calvo-Bado et al., 2003 |
| Bacterie | <i>Rhizobium tumefaciens</i> | Afname van 71% na 48 uur | Kubiak et al., 2010 |
| Bacterie | <i>Pseudomonas syringae</i> | Afname van 74% na 48 uur | Kubiak et al., 2010 |
| Bacterie | <i>Xanthomonas campestris</i> | Afname van 70% na 48 uur | Kubiak et al., 2010 |
| Bacterie | <i>Xanthomonas campestris</i> | Stroomsnelheid 100-300 l/m ² /uur, zand: 0.15-0.30 Afname 99% | Runia et al., 1996 |
| Bacterie | <i>Xanthomonas campestris pv pelargonii</i> | Afname kleiner dan 99.9% | Wohanka et al., 1999 |
| Aaltje | <i>Radopholus similis</i> | Stroomsnelheid 100 l/m ² /uur, zand: 0.15-0.35, 0.2-0.8 mm. Effluent kan planten infecteren. | Bruins et al., 1996, van Os et al., 1999 |