

## Redovisning SLF (Dnr 044/03; projnr: 0356025)

### Rening av näringslösning i slutna odlingssystem – ett demonstrationsförsök och en fördjupningsstudie

Beatrix Alsanius, SLU Alnarp

Email: [Beatrix.Alsanius@vv.slu.se](mailto:Beatrix.Alsanius@vv.slu.se)

#### Syfte

Projektets övergripande mål är att minska utsläpp av näringsberikat vatten från trädgårdsföretag för att förhindra övergödning av grundvattnet, sjöar, vattendrag och kustnära områden samt att öka odlingssäkerheten i slutna odlingssystem. Avsikten var att åstadkomma det genom

(1) ett företagsförlagt demonstrationsförsök som presenterar olika alternativ för rening av näringslösning i praktiken samt

(2) i en fördjupningsstudie för bedömning av långsamfiltrerens effektivitet under odlingssäsongen. Projektet riktade sig i detta skede till växthusföretag. Det finns dock spin-off-effekter för andra hortikulturella branscher, såsom plantskole- och fruktodlingar. Ett viktigt mål var att visa för trädgårdsnäringsen att växtproduktion i slutna odlingssystem inte medför några risker för kulturen.

#### Bakgrund

Vatten är en livsviktig förutsättning och skydd av yt- och grundvatten samt vattendrag är välförankrat i svensk lagstiftning. För trädgårdsnäringsen del är det främst läckage av näringsberikat vatten från frilands- och växthusodlingar (*öppna odlingssystem*) som äventyrar vattenbeståndet genom övergödning (eutrofering). Det kan röra sig om betydande mängder växtnäring som går till spillo. Per ha tomatodling förloras mellan 600 och 850 kg rent kväve samt 60 och 80 kg ren fosfor (Hansson 2003). Uttryckt som ett N-gödselmedel med en N-halt på 10% motsvarar detta 6-8.5 t N-gödselmedel.

Konsulent- och forskarkåren världen över rekommenderar användning av slutna odlingssystem där bevattningsvatten – med eller utan näringsberikning – samlas upp och återanvänds. Vid sidan om miljöskyddet medför denna teknologi också ekonomiska fördelar genom besparing av vatten- och gödselkostnader. Vad gäller näringsberikat bevattningsvatten justeras näringslösningens pH och jonkoncentration i proportion till plantornas upptag innan den återförs till kulturen (Alsanius & Brand 2000). Detaljlösningar kan se olika ut. Forskning och informationsinsatser har bedrivits under flera år för att utröna problematiken rörande slutna odlingssystem, men hittills är det enbart ungefär 8 % av grönsaksodlingar i växthus i Sverige som utnyttjar denna teknologi. För frilandsproduktionen ser siffran dystrare ut. Redan i dagens läge finns ett förbud för näringsutsläpp (Sandin, muntligt meddelande). Hittills har dock inte kontrollen att lagen efterlevs varit en prioriterad fråga. Av odlarkåren brukar föras fram två faktorer som huvudsakliga hämskon för slutna odlingssystem. I jämförelse med öppna odlingssystem finns det en större risk för smittspridning. Utöver detta befaras anrikning av organiska ämnen. Risken för smittspridning och anrikning av organiska ämnen i slutna odlingssystem kan vara större i slutna odlingssystem än i öppna (Wohanka 1998; Waechter-Kristensen et al. 1999). Men om sjukdomar sprids eller organiska ämnen anrikas beror på ett flertal faktorer. Främst är kulturens mottaglighet för vissa sjukdomsalstrande organismer avgörande. Huruvida systemet är substratlöst eller substratbaserat, samt spridningssätt av näringslösningen är av väsentlig betydelse för sjukdomsspridning i slutna odlingssystem. Substratets natur (organiskt eller inert), systemdesign samt kulturen (växtslag, kulturens ålder, eventuella sjukdomsangrepp) och odlingsbetingelserna inverkar på förekomsten av organiska ämnen (Alsanius & Brand 2000). I detta sammanhang är det viktigt att poängtera att kommersiell odling i slutna system inte tvunget kräver installation av någon reningsåtgärd (Gertsson et al. 1994). Flera rapporter tyder till och med på att det byggs upp unika miljöer i slutna odlingssystem utan reningsåtgärd som motverkar vissa sjukdomar (McPherson et al. 1995, Tu et al. 1999, Postma et al. 2000). Hittills är man dock fortfarande mycket osäker på hur dessa sjukdomshämmande tillstånd kan styras.

Organiska ämnen i näringslösningen kan i vissa fall vara skadliga för kulturen, nämligen om enskilda ämnen anrika1s i för höga koncentrationer (Jung et al. 2002). Organiska ämnen överlag är dock positiva för uppbyggnaden av en aktiv mikroflora i odlingssystemet och därmed av en sjukdomsmotverkande potential (Alsanius & Jung 2002; Brand et al. 2002, Brand & Alsanius 2002, 2004 a, b, c).

Teknologi för rening av näringslösning i slutna odlingssystem är framtagen. Den ger en större odlingssäkerhet. Det finns ett flertal olika alternativ. Valet av alternativ är främst beroende på vilken eller vilka sjukdomsalstrare som är det allvarligaste hotet för en given kultur samt av ekonomiska överväganden. Reningsalternativen kan bero på fysikaliska, kemiska eller biologiska principer. Med hänsyn till deras effekt på mikrofloran generellt (inkl. patogener) delas de in i aktiva och passiva åtgärder. Aktiva åtgärder dödar målorganismen, passiva borttar målorganismen. Exempel på aktiva åtgärder är UV-bestrålning, behandling med ozon, värme, väteperoxid, tensider eller halogener. Bland passiva åtgärder kan nämnas filtrering, såsom långsam-, ultra- och sedimentationsfiltrering. Åtgärderna har i detalj presenterats av Alsanius & Brand (2000) i en

sammanställning baserat på nationell och internationell forskning inom området. Det finns ingen generell lösning som passar alla, utan beslut kring valet av reningsåtgärd måste individualiseras och anpassas till det enskilda företagets förutsättning. I översikt 1 sammanställs för- och nackdelar för valda reningsåtgärder (enligt Ehret et al. 2001, Alsanus & Brand 2000). Det är viktigt att understryka att ingen av de presenterade åtgärderna är selektiva mot målpatogenen utan oftast påverkar mikrofloran i sig i mer eller mindre stor omfattning. Minst inverkan på mikrofloran och mest utrymme för samverkan mellan reningsåtgärd och mikrofloran tillåter långsamfiltrering.

**Översikt 1.** För- och nackdelar av valda åtgärder för rening av näringslösning i slutna hortikulturella odlingssystem

Reningsalternativ	Fördelar	Nackdelar
<b>Värme</b>	* mycket effektivt	*höga fasta kostnader *höga underhållskostnader *effekt på vissa näringsämnen
<b>UV</b>	*kräver lite utrymme	*sjunkande efficiens med höjd halt organisk substans och lampålder *effekt på vissa mikronäringsämnen
<b>Kemisk</b> Ozon	*mycket effektivt	*höga fasta kostnader *höga underhållskostnader *sjunkande efficiens med höjd halt organisk substans *effekt på vissa mikronäringsämnen
Annan än ozon	*låga kostnader	*fytotoxicitet vid höga koncentrationer
<b>Filtrering</b> Membranfiltrering	*mycket effektivt	*igensättning resp. läckage *höga fasta kostnader
Långsamfiltrering	*prisvärt *miljövänligt	*kräver stort utrymme *efficiens varierande med hänsyn till målpatogen
<b>Insats av mikroorganismer</b>	*miljövänligt *kan skraddarsys med hänsyn till patogen och plats för infektion	*kommersiell tillgänglighet *icke konsistent

En bredare introduktion av slutna odlingssystem till gagn av företagets ekonomi och miljön kräver reduktion av hämtröskeln. I det här skedet förefaller det nödvändigt att svenska odlare kan göra sig en uppfattning i Sverige om olika gångbara alternativ och kan ta beslut för sitt företag. Undersökningen planerades därför från början att i sin helhet förläggas till Sveriges största tomatodling där fyra parallella behandlingar (öppet, slutet, rening med UV, rening med långsamfilter) skulle finnas. Olika omständigheter gjorde att försöket aldrig kunde läggas ut i Dalköpinge. I samarbete med SLF och referensgruppen togs därför fram en alternativplan, som innebar att demonstrationsförsöket las ut på tre skånska tomatodlingar där olika reningsåtgärder installerades. De testade reningsutrustningarna omfattade metoder som nyligen introducerats på den svenska marknaden och som är nya inom trädgårdsbranschen. Långsamfiltrering tjänade i detta sammanhang som en referensmetod:

- (1) oxidationsbehandling med BenRad
- (2) filtrering i flerskiktsskåp med Biobox
- (3) långsamfiltrering.

De tre alternativen beskrivs närmare under avsnittet "demonstrationsförsök".

Inom ramen för fördjupningsstudien kartlades olika fysikaliska, kemiska och biologiska (mikrobiologiska, växtpatologiska) faktorer i näringslösningen innan och efter filtrering samt i filterhinnan – detta i syfte att kunna vidareutveckla en bedömningsmetod för att under odlingssäsongen bestämmer reningseffekten (efficiens) hos långsamfilter i kommersiella anläggningar. Från trädgårdsnäringens sida hade avsaknaden av en sådan metod ansetts som en av hämskorna för en bredare etablering av slutna odlingssystem. Inom ramen för ett projekt finansierat av Jordbruksverket hade tidigare tagits fram en metod som är baserad på aktivitet av olika enzymer (Brand et al. 2002; Brand & Alsanus 2003, 2004 a, b, c). Denna metod förklarar nästan 50% av reningseffekten. För att bygga ett framtida bedömningssystem krävdes dels en granskning av metodernas generaliserbarhet och dels av samspelet mellan kompletterande parametrar. Detta var föremål för fördjupningsprojektet.

**Medverkande i projektet**

Följande personer (i alfabetisk ordning) har varit inblandade projektets två delar:

- Karl-Johan Bergstrand, Thomas Brand, Bernhard Furtner, Victoria Jung, Eva Olsson

Referensgruppen (i alfabetisk ordning) bestod av

- Torbjörn Hansson, LRF Konsult Trädgård; Mats Johansson Kron, Bara Mineraler; Boris Larsson, Brännans Tomater; Olle Magnusson, CMT; Thomas Merlöv, Raatec; Barbro Nedstam, SJV; Johnny Nilsson, Ingelstorps Trädgård; Ingvar Peterson, Haga Produkter; Håkan Sandin, SJV; Ronny Svensson, Kvistofta; Markus Söderlind, Länsstyrelsen i Skånelän

## Outcome

Resultat från studierna har presenterats i olika forum och sammanhang. Till en början startades inom projektet ett diskussionsforum. Diskussionskvällar ägde rum en gång per månad (tre tillfällen) under försökets första år. Låga deltagarsiffror ledde till diskussionskvällarna upphörde.

Utöver detta presenterades resultat från studien samt information kring slutna odlingsystem på

- nationell nivå i samband med
  - Odlarworkshop, Åstorp, 14 september 2004
  - Jordbruksverkets konferens Greppa näringen, 6-7 november 2004
  - Presentation av demonstrationsodlingar, 26 september 2005
  - Odlarworkshop, Ängelholm, 10-11 november 2005
- internationell nivå i samband med
  - ISHS-konferens "6th International Symposium on Chemical and Non-chemical Soil and Substrate Disinfection, Corfu, Greece; 4-8 Oktober 2004" (posterpresentation)

Följande material från projektet har lämnats i skriftlig form på

- nationell nivå
  - Alsanius B.W., Bergstrand K.-J. & Furtner B. 2006. Långsamfiltrrets klassresa – från svart låda till svarta lådan. Hortica (2 artiklar i tryck).
  - Bergstrand K.-J. 2006. En jämförelse av olika reningsmetoder i slutna, kommersiella hydroponiska odlingsystem. Examensarbete Inst. för Växvetenskap. (i tryck).
  - Alsanius B.W., Bergstrand K.-J. & Furtner B. 2006. Långsamfiltrering robust och billig metod. Viola 111 (4), 14.
  - Alsanius B.W., Jung V. & Caspersen S. 2004. Slutna odlingsystem. Överdrivna risker med organiska ämnen. Fakta Trädgård 5.
  - Alsanius B.W., von Dömming S., Bergstrand K.-J., Furtner B., Jung V. & Brand T. 2004. Debatt – odlings säkerhet +ren miljö = sant. Viola 109 (8):4.
  - Alsanius B.W., von Dömming S., Bergstrand K.-J., Furtner B., Jung V. & Brand T. 2004. Hundra nöjda kunder räcker inte – reningsutrustning bör testas. Viola 109 (6):32-33.
  - Alsanius B.W. 2003. Slutna system för bevattning i växthus. Tomatbladet 2003, häfte 4; 2 sidor.
  - Alsanius B.W. 2003. Slutna system för bevattning i växthus. Gurbadet 2003, häfte 4; 2 sidor.
  - Alsanius B.W. 2003. Slutna system för bevattning i växthus. Utbildningspärm, Greppa näringen konferens; Lund 6-7/11-03.
- internationell nivå
  - Furtner B., Bergstrand K.-J., Brand T., Jung V., Alsanius B.W. 2006. Abiotic and biotic factors in slow filters integrated to closed hydroponic systems. (accepterad för publicering i European Journal of Horticultural Science) (bilaga 1).
  - Furtner B., Brand T., Jung V. & Alsanius B.W. 2006. Polysaccharides in slow filters integrated to closed hydroponic greenhouse systems. (manuskript skickat till Journal of Horticulture & Biotechnology) (bilaga 2).
  - Furtner B. 2006. Variables describing efficacy of slow filters for horticultural production. Licentiatavhandling (förberedd för tryck).
  - Furtner B. 2006. A short description of slow filtration. Departmental series (i tryck).

**I och med att resultat från delstudie 2 har eller är på väg att publiceras internationellt och bifogas som separat manuskript, beskrivs dessa resultat på ett mer övergripande plan. Resultatredovisning från delstudie 1 (demonstrationsförsök) har delgetts inom försöks- och referensgruppen. Datainsamlingen inom delstudie fortsätter inom ramen för SLF-projekt "H0556401". Vi vill kunna visa en generell bild istället för ett ögonblicksinttryck med förhastade slutsatser som skulle kunna äventyra serviceföretagens framtid. Därför redovisas dessa resultat mera ingående inom ramen för denna projektrapporteringen. För att säkra bilden och för att kunna ge serviceföretagen en möjlighet att optimera sina reningsalternativ har vi varit avvaktande till en sådan publicering i nationella och internationella medier, innan tillräckligt med datamaterial föreligger.**

## Demonstrationsförsök rörande slutna odlingsystem Reningsalternativ i föreliggande projekt

Figur 1: BenRad 900BE

**Oxidationsreningen BenRad**, som marknadsförs av CMT AB, Landskrona, bygger på ett svenskt patent. Den grundar sig på en katalytisk oxidationsprocess med UV-ljus som drivkälla i reaktionen. Under processen bildas hydroxylradikaler, som oskadliggör organismer i näringslösningen genom att bryta ned cellmembran och DNA. Metodens främsta fördelar är

- det ringa platsbehovet
- den höga hydrauliska kapaciteten ( $400 \text{ l m}^{-1}$ ) och
- den låga energiförbrukningen (160 W kontinuerligt).

Enligt odlaren inskränkte sig underhållsbehovet till rengöring av UV-rören en gång per vecka, ungefärlig tidsåtgång 2 minuter, principen var ursprungligen utvecklad för dricksvattenrening. Denna studie var den första vetenskapliga studien av användande av BenRad i hortikulturella sammanhang.



plast fyllda med och blandningar av zeolit ("box") har en yta om  $1 \text{ m}^2$  cirka  $0.4 \text{ m}$ . genom filtret med en Boxarna är staplade två näringslösningen leds

Näringslösningen renas genom biologiska processer i filtermaterialet. I den aktuella anläggningen består filtret av 8 boxar. Systemets fördelar uppges vara

- det låga platsbehovet (jämfört med långsamfiltrering),
- pris samt
- möjligheten att enkelt bygga ut systemets kapacitet genom moduluppbyggnaden.

Enligt producenten har systemet lågt underhållsbehov, inget regelmässigt underhåll behövde vidtas under den aktuella anläggningens första driftår (Merlöv, muntligen 2006). Systemet kan dock utrustas med automatisk backspolning om behov skulle visa sig föreligga.



Figur 2: Flerskiktfilter Biobox

Reningssystemet "Biobox", marknadsförd av RaaTec AB, Råå, bygger på filtrering i flerskiktsskåddar - ett modulsysteem med filterenheter i filtermaterialet: olika fraktioner och pimpsten. Varje filterenhet och en höjd på filterbädden av Näringslösningen passerar hastighet av cirka  $300 \text{ l/h/ m}^2$ . och två ovanpå varandra, där genom båda boxarna seriellt.



Figur 3: Långsamfilter

Långsamfiltrering har fått mycket uppmärksamhet i nationella skrifter om rening av näringslösning i slutna odlingssystem. Figur 3 visar filtreringsanläggningen i Glemmingebro. Metodens för- och nackdelar är beskrivna i översikt 1.

För mer information om långsamfiltrering hänvisas till exempelvis Alsanius B.W. & Brand T. 2000. Reningsalternativ för näringslösning i slutna odlingssystem. En handbok för odlare, rådgivare och beslutsfattare. Alnarp. ISBN 91-576-6010-7 och Hansson, T. 2003. Dräneringsvatten i växthus - uppsamling och användning minskar miljöbelastningen. *Jordbruksinformation 16*.

Reningsmetoderna var installerade i följande företag:

Odlingssystem 1: BenRad (CMT) Kvistofta Tomater, Ronny Svensson

Odlingssystem 2: Filtrering i flerskiktsskådd (Biobox, Raatec) Bränna Tomater, Boris Larsson

Odlingssystem 3: Långsamfiltrering Ingeltorps trädgårdar, Johnny Nilsson

Förutsättningarna i de tre företagen är beskrivna i tabell 1.

**Tabell 1.** Förutsättningarna i de tre företagen som ingick i demonstrationsförsöket under 2005.

System nr.	1	2	3
Kultur	Tomat	Tomat	Tomat
Odlingens yta	0.4 ha	1.1 ha	0.4 ha
Reningsmetod	BenRad	Biobox	Långsamfilter
Långsamfiltrets yta			5.9 m <sup>2</sup>
Långsamfiltrets djup			1 m
Odlingssubstrat	Stenull	Pimpsten	Pimpsten
Tidigare driftår	0	0	7
Vattenvolym i systemet	30 m <sup>3</sup>	25 m <sup>3</sup>	12 m <sup>3</sup>

## Analyser

*Provtagningar* skedde enligt följande schema:

25 April, 9 Maj, 23 Maj, 7 Juni, 20 Juni, 4 Juli, 8 Augusti, 22 Augusti, 12 september samt den 3 oktober 2005. Systemet med långsamfiltret har varit slutet under hela säsongen. De två andra systemen har varit öppna fram till provtagningen den 8 augusti. Data som visas i resultatdelen gäller alltså slutna system under de två sista hittills redovisningsbara provtagningstillfällena. Filtret i flerskikt bädd har varit i gång under hela säsongen, men systemet var inte stängt under den första delen av odlingssäsongen.

*Kulturens tillväxt och utveckling* följdes med hänsyn till vegetativa (tillväxthastighet, stamgrovlek, antal blad) och generativa (antal klasar, blomutveckling) parametrar en gång varannan vecka vid 10 randomiserade platser i varje odlingssystem i samband med provtagningarna. Skördebedömning (skördemängd, antal frukt och fruktvikt) genomfördes.

*Näringslösningens kemiska tillstånd* undersöktes dels med hänsyn till oorganiska och organiska egenskaper. Näringslösningens pH, ledningstal och temperatur analyseras kontinuerligt. Prov för näringsanalys (modifierad Spurway-analys) samlades in en gång varannan vecka resp. vid behov. Organiskt kemiska analyser inriktades på mätning av totalhalt organisk kol (TOC) samt kemiskt syrebehov (COD). Prover samlades in både innan och efter passage över reningsanläggningen (2 provtagningsplatser).

*Näringslösningens biologiska tillstånd* undersöks dels med generella mikrobiologiska parametrar, såsom biokemiskt syrebehov (BOD) och enzymanalyser (enligt Brand & Alsanus 2004b). Utöver detta kommer förekomsten av svampar och bakterier (levande cellhaltsbestämning på modifierat maltextraktagar och R2A), av *Pythium aphanidermatum* och *Phytophthora cryptogea* (levande cellhaltsbestämning) och av *Fusarium oxysporum* (levande cellhaltsbestämning på selektivt agar enligt Komada 1975) bestämmas.

## Resultat och diskussion

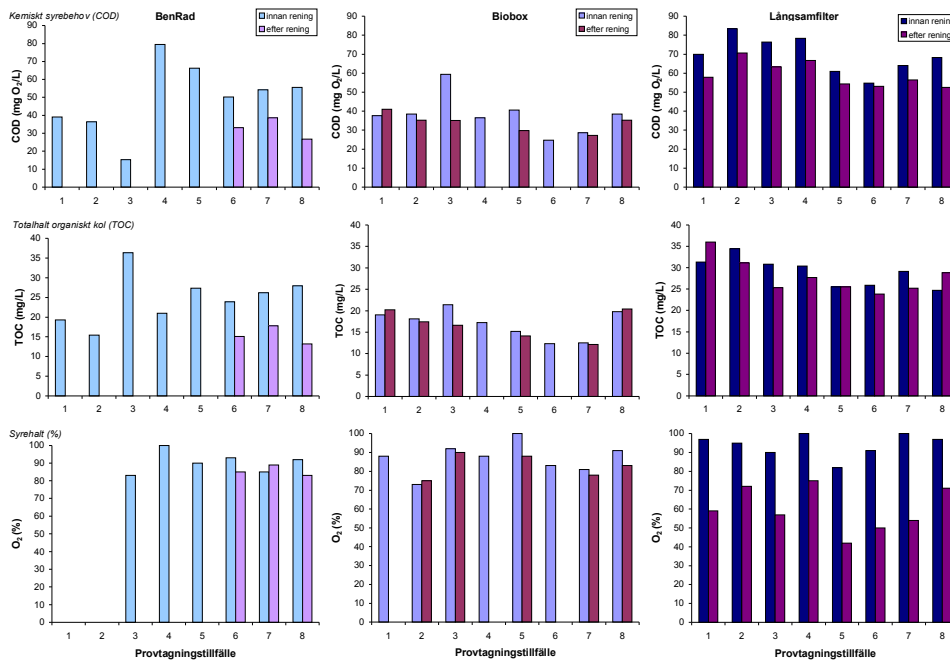
De nedan redovisade resultat behöver anses som preliminära. Vi har hittills inte fått för samtliga tre odlingssystem resultat över en hel odlingssäsong (se avsnitt "Outcome"). Jag koncentrerar mig därför på de delar som gäller biologiska och kemiska faktorer i näringslösningen. Vi kommer att fortsätta med information riktad till trädgårdsnäringen i lämplig form tills kartläggningen avslutats under odlingssäsongen 2006 och tills slutredovisning av fortsättningsprojekt inlämnats.

Figur 4 visar resultaten från mätningarna av kemiskt syrebehov (COD), totalhalten organiskt kol och syremättnadsgrad. Överlag sjönk alla värden efter rening. COD-halten var mycket hög under hela säsongen i systemet med långsamfilter. Detta stämmer väl överens med observationer som gjorts under tidigare odlingsår i samma företag. I och med att det inte finns några riktvärden för COD vad gäller slutna odlingssystem är det svårt att bedöma situationen. Observationer gjorda av Bar-Yosef et al. (2001) samt Loschenkohl och Porting (1996) att halterna ökar dels under odlingssäsongen och att dels finns en skillnad mellan slutna och öppna odlingssystem kan inte stödjas av denna studie om jämför situationen i systemet med BenRad och situationen i systemet med långsamfiltrering.

Också TOC-halten var högst i systemet med långsamfilter, även detta stödjer observationer gjorda under tidigare år. Det finns inga dokumenterade gränsvärden för TOC-halten. De ofta nämnda värden på 20 resp. 40 ppm är inte grundade på vetenskapliga utgångspunkter och måste därför användas med förbehåll. Vissa undersökningar indikerar att TOC-halten kan variera mycket mellan olika företag och mellan olika mätpunkter inom samma företag.

Reduktionen av TOC-halten efter rening är förväntad och stämmer överens den generella teoribildningen kring effekten av biologiska filtreringssteg och oxidering, som principen för BenRad är baserad på.

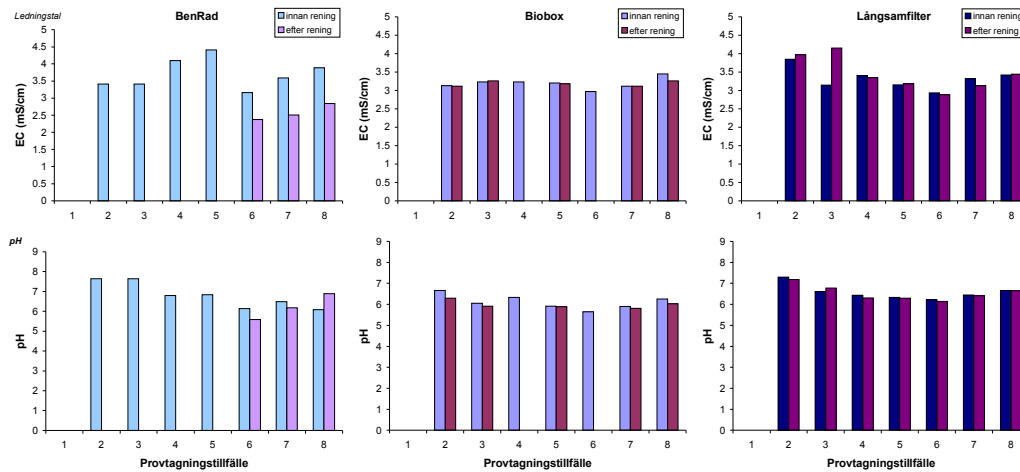
**Figur 4.** Kemiskt syrebehov (mg O<sub>2</sub>/ml), totalhalten organisk kol (TOC, mg/l) samt syremättnad (%) i tre näringslösningen av tre tomatodlingar. Prover togs innan och efter rening. Systemet med långsamfiltrering var slutet under hela året. Systemen med filtrering i flerskikt bädd och BenRad var slutna vid provtagning 7. Vid provtagningar innan renades näringslösningen i systemet med Biobox, men recirkulerades inte. I systemet med BenRad behandlades näringslösningen vid provtagningen 6; näringslösningen recirkulerades dock inte.



Att syremättnadsgraden sjunker är en konsekvens av förekomsten av höga halter av organiskt kol. Reduktionen är mest påtagligt i systemet med långsamfiltrering. Detta stämmer väl överens med tidigare resultat och hänger ihop med "långsamfiltrets inre liv". Minskningen är mycket mindre i systemet med Biobox. Också detta stämmer överens med tidigare observationer gjorda av Raatec. Minskningen i detta system och i systemet med BenRad måste ses i ljus av de ursprungliga nivåer. De är mycket höga och en syremättnadsgrad på 80-90% är mycket goda. Det ska också hållas i åtanke att

det finns många sätt att öka syremättnaden även efter reningssteget.

Figur 5 visar ledningstalet och pH i näringslösningen i de tre studerade odlingarna innan och efter reningssteget. Ledningstalet hölls generellt ganska jämt i de två odlingssystemen som använde någon form av filtrering. Däremot förekom större skillnader i systemet som använde BenRad. En närmare granskning av näringslösningens sammansättning behöver göras för att kunna förklara fenomenet. Inga större förändringar förekom vad gäller pH vid jämförelse av situationen innan och efter rening. Råvattenkvaliteten spelar en stor roll vilket synliggörs i systemet med BenRad. Borrvattnet som används som grund för näringslösningen har hög alkalinitet.

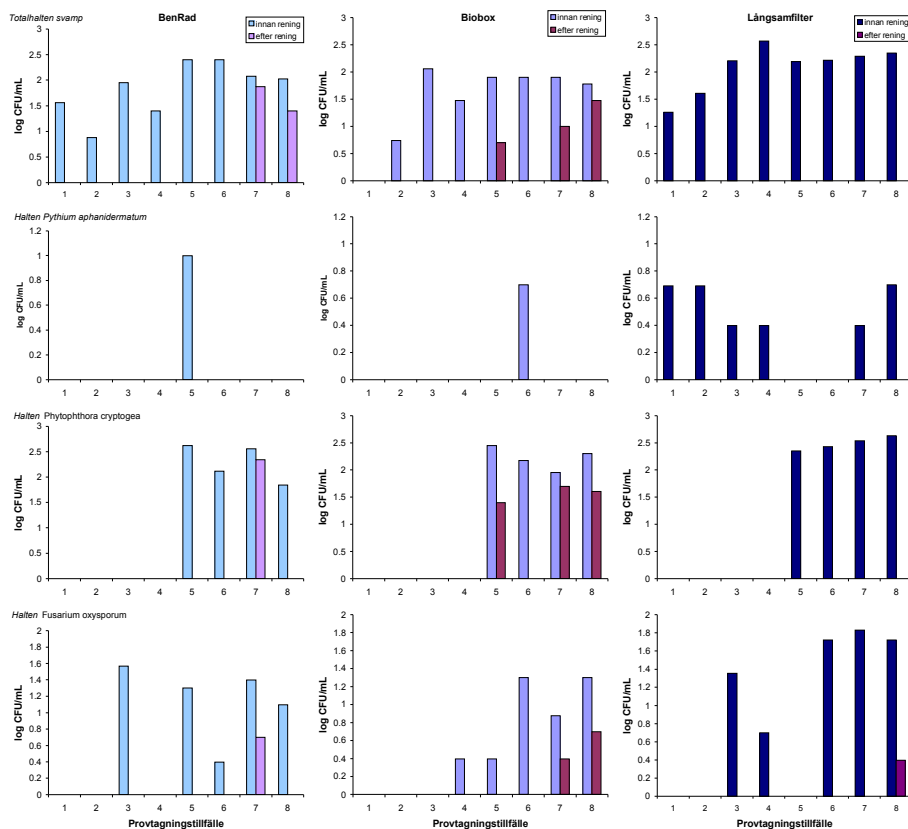


**Figur 5.** Ledningstal (EC, mS/cm) och pH i näringslösningen av tre tomatodlingar. Prover togs innan och efter rening. Systemet med långsamfiltrering var slutet under hela året. Systemen med filtrering i flerskiktssbädd (Biobox) och BenRad var slutna vid provtagning 7. Vid provtagningar innan renades näringslösningen i systemet med Biobox,

men recirkulerades inte. I systemet med BenRad behandlades näringslösningen vid provtagningen 6; näringslösningen recirkulerades dock inte.

Figur 6 visar situationen kring svampförekomsten i de tre odlingssystemen. Den generella svampfloran innehåller samtliga svampar som kunde odlas på näringsagarn, maltextraktagar. *Pythium aphanidermatum*, *Phytophthora cryptogea* och *Fusarium oxysporum* togs fram på selektiva näringsmedier. Resultaten uttrycks logaritmiskt. Detta innebär att ett logaritmiskt värde mellan 0-1 motsvarar ett mellan 1 och 10 kolonier per ml; ett logaritmiskt värde mellan 1 och 2 motsvarar 10 till 100 kolonier per ml, ett logaritmiskt värde mellan 2 och 3 motsvarar 100 till 1000 kolonier per ml. Det är tydligt i samtliga odlingar oavsett om näringslösningen recirkuleras att halten svampar ökar under den första delen av odlingssäsongen. De svamppatogenerna som vi följde hade dock ingen inverkan på denna ökning. Detta resultat är väsentligt om man studerar slutna system under en hel odlingssäsong. I systemet med långsamfiltrering där näringslösningen recirkulerades under hela säsongen kunde man se att den

generella svampfloran hölls på en jämn nivå på mellan 100 och 500 kolonier per ml näringslösning innan rening. Inga kolonier kunde detekteras efter rening. Systemet med filtrering i flerskiktssbädd visade samma tendens under den första delen av säsongen. Under den senare delen av säsongen, både innan systemet slutades och efter att recirkuleringen startades kunde svampar också detekteras efter reningssteget. Mängden låg mellan 1 och 50 kolonier efter rening. Också för BenRad kunde en liknande bild tecknas efter att systemet slutits. *Pythium aphanidermatum*, *Phytophthora cryptogea* och *Fusarium oxysporum* växte till i näringslösning från samtliga odlingar. *Pythium aphanidermatum* fanns i näringslösningen innan den renades med långsamfiltrering vid alla tillfällen med undantag av provtagningstillfällen under högsommaren. Resultatet tyder på att långsamfilter renar effektivt mot *Pythium aphanidermatum*. *Pythium aphanidermatum* fanns vid ett enskilt tillfälle i både systemet med BioBox och BenRad innan rening. Ingen påväxt fastställdes i näringslösningen även efter systemen hade slutits och näringslösningen recirkulerades. Också *Phytophthora cryptogea* återfanns i samtliga system. Patogenens entré i mitten på juni skedde parallellt i samtliga system oberoende av recirkuleringen av näringslösningen och mängden var jämn mellan odlingarna (100-500 kolonier per ml). *Phytophthora cryptogea* kunde inte detekteras i näringslösningss prover som hade passerat långsamfiltret. Förekomsten i ett prov efter behandling med BenRad är förmodligen ett artefact, i och med att provtagningen vid det tillfället inte skedde efter rening utan vid droppstället. En smitthärd på vägen mellan reningssteget och droppstället kan inte uteslutas. I systemet med BioBox förekom *Phytophthora cryptogea* i 3 av 4 prover också efter att näringslösningen passerat över filtret. Mängden låg mellan 5 och 80 kolonier per ml. *Fusarium oxysporum* konstaterades i samtliga system från och med början i juni. Våra analysmetoder ger ingen information om det rör sig om en patogen eller icke patogen form. Om den vore patogen vet vi inte om patotypen alstrar sjukdom på tomat. Näringslösning som hade passerat långsamfiltret visade först vid sista provet i september indikation på påväxt (mellan 1 och 3 kolonier per ml). Resultaten från BioBox går i samma riktning. Den noterade tillväxten efter behandling med BenRad bör förmodligen förklaras på samma sätt som förekomsten av *Phytophthora* vid detta tillfälle efter rening (se ovan).

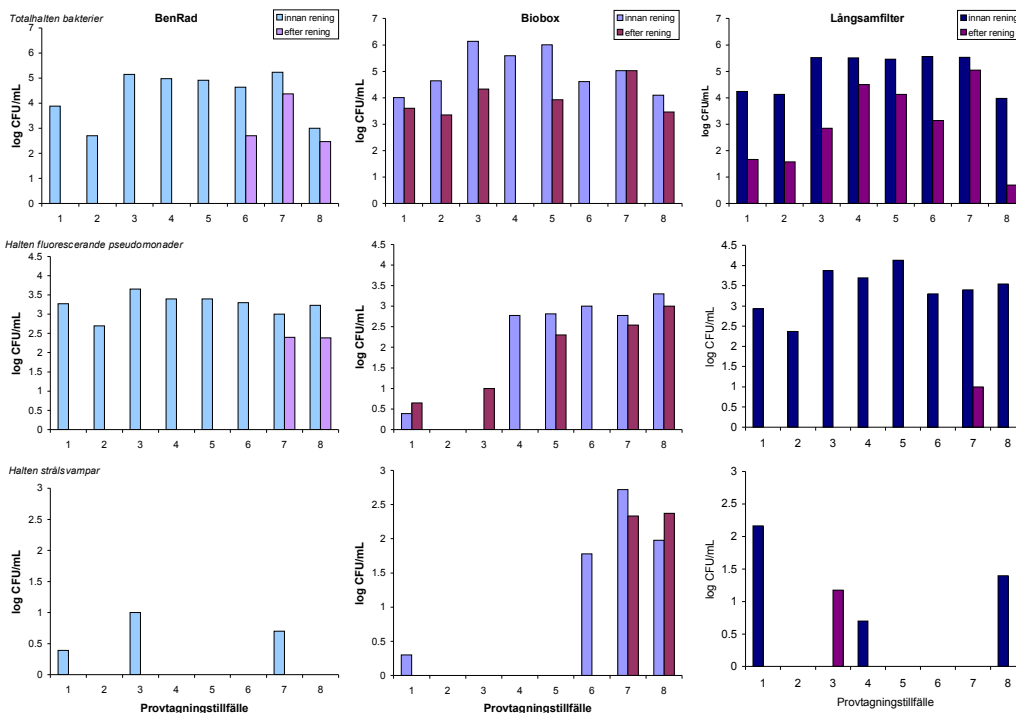


**Figur 6.** Förekomsten av svampar uttryckt som levande celltal per ml (log CFU/ml) i näringslösningen av tre tomatodlingar. Floran analyserades med hänsyn till den generella svampfloran samt förekomsten av *Pythium aphanidermatum*, *Phytophthora cryptogea* och *Fusarium oxysporum*). Prover togs innan och efter rening. Systemet med långsamfiltrering var slutet under hela året. Systemen med filtrering i flerskiktssbädd och BenRad var slutna vid provtagning 7. Vid provtagningar innan renades näringslösningen i systemet med BioBox, men recirkulerades inte. I systemet med BenRad behandlades näringslösningen vid provtagningen 6; näringslösningen recirkulerades dock inte.

Figur 7 visar förekomsten av bakterier. Också för den generella bakteriefloran kan det konstateras att halterna ökar

under odlingsåret oavsett om odlingsystemet är slutet eller ej. Halterna låg mellan 10000 och 100000 kolonier per ml; dessa siffror stämmer väl överens med tidigare observationer och olika odlingsystem (t.ex. Khalil & Alsanous 2001). Halterna reduceras genom reningsåtgärden. Fluorescerande pseudomonader förekommer ofta i alla slags vatten. De är efficients användare av organiskt material och många företrädare är kända för deras förmåga att motverka sjukdomar. Fluorescerande pseudomonader förekom rikligt i näringslösningen innan rening. Också deras antal reducerades genom åtgärden. I en vidare analys behöver också förhållandet mellan den allmänna bakteriefloran och antalet fluorescerande pseudomonader ingå. Det kan

ge slutsatser kring systemets allmänna status. Också strålsvampar bryter ner organiskt material på ett effektivt sätt. Vissa företrädare är kända för sin förmåga att motverka sjukdomar. Postma et al. (2000) fann att förekomsten av strålsvampar i stenullsmattor var positivt korrelerad till den sjukdomssuppressiva effekten. I det föreliggande demonstrationsförsöket ser man att strålsvampar förekom sporadiskt och halterna låg mellan 1 och 500 kolonier per ml. I den senare delen av odlingssäsongen, efter att systemet slutits, återfanns strålsvampar i större antal i systemet med Biobox efter rening.



**Figur 7.** Förekomsten av bakterier uttryckt som levande celltal per ml (log CFU/ml) i näringslösningen av tre tomatodlingar. Floran analyserades med hänsyn till den generella bakteriefloran samt förekomsten av fluorescerande pseudomonader och strålsvampar. Prover togs innan och efter rening. Systemet med långsamfiltrering var slutet under hela året. Systemen med filtrering i flerskiktssbädd och BenRad var slutna vid provtagning 7. Vid provtagningar innan renades

näringslösningen i systemet med Biobox, men recirkulerades inte. I systemet med BenRad behandlades näringslösningen vid provtagningen 6; näringslösningen recirkulerades dock inte.

### Fördjupningsstudie om långsamfilter

I denna delen av undersökningen ingick tre kommersiella företag med tre olika kulturer, nämligen Krukväxter (Poppelgården, Ängelholm) Tomat (Ingelstorps Tomater, Glemmingebro) Gurka (Torup Plant, Næstved, Danmark).

Utöver detta ingick också småskaliga försökssystem med långsamfilter. Långsamfiltren till tre av försökssystemen var behandlade med organiskt material kontinuerligt under observationsperioden medan de tillhörande de andra tre försökssystemen inte behandlas. Flödehastigheten i de småskaliga systemen drevs upp (över rekommenderad nivå) till 350 l/m<sup>2</sup> h för att provocera långsamfiltrens efficens.

Undersökningen i systemet med gurka fick avbrytas tidigare pga förekomsten av grönmosaikvirus som kan smitta med näringslösningen. Tabell 2 visar förutsättningarna i de tre företagen.

**Tabell 2.** Förutsättningarna i de tre företagen som ingick i fördjupningsstudien kring långsamfilter.

System nr.	1	2	3
Kultur	Krukväxter	Tomat	Gurka
Odlingsens yta	1 ha	0.4 ha	1.1 ha
Reningsmetod	Långsamfilter	Långsamfilter	Långsamfilter
Långsamfiltrets yta	5.9 m <sup>2</sup>	5.9 m <sup>2</sup>	10 m <sup>2</sup>
Långsamfiltrets djup	1 m	1 m	1.5 m
Odlingssubstrat	Torv	Pimpsten	Stenull
Tidigare driftår	3	7	5



Vattenvolym i systemet	18 m <sup>3</sup>	12 m <sup>3</sup>	45 m <sup>3</sup>
------------------------	-------------------	-------------------	-------------------

## Analyser

Provtagningar skedde enligt följande schema:

2004: 10 maj, 24 maj, 7 juni, 21 juni, 5 juli, 9 augusti, 23 augusti, 6 september, 20 september samt 11 oktober och

2005: 25 april, 9 maj, 23 maj, 7 juni, 20 juni, 4 juli, 8 augusti, 22 augusti, 12 september samt 3 oktober

i de tre kommersiella odlingssystemen. Alla system har varit slutna under hela säsongen. De småskaliga systemen studerades under en 5 månaders period från februari till juni 2004 och 2005. Proverna togs i de småskaliga systemen varannan vecka. Resultaten för alla nedan nämnda parametrar förutom polysackaridhalten är sammanställda i bilaga 1.

**Näringslösningens kemiska tillstånd** undersöktes dels med hänsyn till oorganiska och organiska egenskaper. Näringslösningens pH, ledningstal och temperatur analyserades kontinuerligt. Prov för näringsanalys (modifierad Spurway-analys) samlades in en gång varannan vecka. Organiskt kemiska analyser kommer att inriktas på mätning av totalhalt organisk kol (TOC) samt kemiskt syrebehov (COD). Prover samlas in en gång varannan vecka både innan och efter passage över reningsanläggningen (2 provtagningsplatser).

Utöver detta utvecklades och anpassades en metod för bestämning av kolhydrathalten som totalhalt polysackarider och exopolysackarider i biofilmen av långsamfiltrrens filterhinnan (bilaga 2).

**Näringslösningens biologiska tillstånd** undersöks dels med generella mikrobiologiska parametrar, såsom biokemiskt syrebehov (BOD) och enzymanalyser (enligt Brand & Alsanius 2004). Utöver detta kommer förekomsten av svampar och bakterier (levande cellhaltsbestämning på modifierat maltextraktagar och R2A), av *Pythium aphanidermatum* (levande cellhaltsbestämning) och av *Fusarium oxysporum* (levande cellhaltsbestämning på selektivt agar enligt Komada 1975) bestämdes.

I de småskaliga systemen utfördes utöver detta **efficienstag** där *Fusarium oxysporum* f.sp. *cyclaminis* användes som modellpatogen. Testet utfördes enligt beskrivningar hos Brand & Alsanius (2004 b).

## Resultat och diskussion

Jämförelse av näringslösningen alla samtliga system visade de största skillnader med hänsyn till COD och TOC. Den var högst i det kommersiella system med tomat och minskade sedan i följande ordning: småskaligt system med tomat, kommersiellt system med gurka och kommersiellt krukväxsystem. COD och TOC-halt var positivt korrelerade ( $r^2= 0.813$ ). Sambandet var starkare innan än efter filtrering. Det biokemiska syrebehovet (BOD) var alltid lågt (< 2 mg O<sub>2</sub>/l). Absoluta syrehalter minskade under långsamfiltreringsprocessen. Varken ledningstal eller pH påverkades inte av långsamfiltreringen. Inga signifikanta skillnader kunde påvisas mellan de valda odlingssystemen vad gäller de biotiska faktorerna (allmän svamp- resp. bakterieflora, fluorescerande pseudomonader, stråsvampar/aktinomycter) i den uppsamlade näringslösningen eller på filterhinnan. *Pythium aphanidermatum* och *Fusarium oxysporum* fastställdes återkommande på båda provtagningsplatser. I försökssystemen fanns *Fusarium oxysporum* också kontinuerligt i den filtrerade lösningen. Det sistnämnda kan vara ett resultat av behandlingen med organiskt material. Vad gäller enzymaktiviteten kunde för första gången internationellt identifieras en hög aktivitet av xylanas i filterhinnan av långsamfilter avsedda för hortikulturella ändamål. Xylan är en byggsten som i synnerhet förekommer i svampsporer – xylanas bryter ner denna substans (jf. Brand et al. 2002; Brand & Alsanius 2004 a, b, c). Xylanasaktivitet ökade över tid. Efficiensen i de småskaliga systemen varierade mellan 98.3% (med tillsats av organiskt material) och 97.9% (utan tillsats av organiskt material). Denna tendens överensstämmer med tidigare publicerade resultat (Brand & Alsanius 2004b) ang. högre efficiens vid tillförsel av organisk substans till filterhinnan.

Analys av totalhalten polysackarider i filterhinnan visade som förväntat att halterna steg vid tillsats organisk substans. Vi fastställde också en linjär uppgång med tidens gång. Också halten exopolysackarider i biofilmen av filterhinnan ökade över tid och visade signifikanta skillnader mellan filter som hade behandlats med organisk substans jämfört med obehandlade. Sambandet mellan efficiens och totalhalten polysackarider samt halten exopolysackarider i biofilmen måste säkras men mycket tyder på att dessa två parametrarna kan tjäna som stödjande faktorer till enzymaktivitetsmätningen.

Under studien såg vi att samspelet mellan efficiens och yttre faktorer är mycket mer komplext än man ofta gärna förväntat sig. Vi fick en intressant gäst i en del av våra filter – en slemsvamp som visade sig ha en kraftig effekt på både efficiens och enzymaktivitet. Båda ökade drastiskt i närvaro av slemsvampen. Vi har gjort försök att bibehålla den i filterhinnan samt att anrika den. Tyvärr har slemsvampen också fiender – sorgmygglarvar som gärna gräver i det översta lagret av långsamfilter livnärde sig på slemsvampen och tog på så sätt livet av den (se kommande publicering av material i Hortica).

## Slutsatser

De två delstudier har gett värdefulla data vad gäller kemiska och biologiska faktorer i näringslösningen av slutna odlingssystem. Tillsammans med data från den nu pågående förlängda demonstrationsstudien kan de ge en bas för riktvärden i slutna odlingssystem. De väsentliga är dock att olika slutna odlingssystem behöver betraktas som

individer och att det inte verkar vara meningsfullt att enbart fästa ögonmärket på en enskild parameter. Istället behöver ett konsortium av olika parametrar användas som bedömningsgrund och grund för rekommendation i en odlingsituation.

Delstudie 1:

- Mikrofloran inkl. förekomsten av rotpatogena svampar påverkas inte tvunget av att sluta odlingsystemet och att återanvända näringslösningen.
- De olika reningsalternativen inverkar på olika sätt på kemiskt syrebehov, syremättnadsgrad (syrehalt) och totalhalten organisk kol.
- Fortsatta observationsstudier måste genomföras för att kunna se tendenser för effekten av de olika reningsåtgärderna.
- Fortsatta observationsstudier behövs också för att kunna ha ett större dataunderlag för tolkning av föreliggande resultat. Detta görs i samband med redovisningen av fortsättningsprojektet.
- Långsamfiltrering har visat sig vara ett gott kontroll till de två nya hittills otestade metoderna.
- Ingen bedömning av reningseffekten genom de olika testade åtgärderna genomfördes. Förändringar i förekomsten av växtpatogena svampar kan därför inte uttryckas som reningseffekt, effizienz eller verkningsgrad.

Delstudie 2:

- Ett positivt samband mellan totalhalten organisk kol och kemiskt syrebehov föreligger i näringslösningen av slutna odlingsystem.
- COD- och TOC-halten är kulturspecifika och specifika för odlingsförutsättningar.
- Xylanasaktivitet kan möjligen tillmätas en större betydelse än tidigare.
- Totalhalten polysackarider och halten exopolysackarider i biofilmen av filterhinnan är intressanta stödparametrar till enzymaktivitetsmätningen. Dessa behöver följas upp i ytterligare studier.

## Litteratur

- Alsanius B.W. & Brand T. 2000. ISBN 91-576-6010-7.
- Alsanius B.W. & Jung V. 2004. *European Journal of Horticultural Science* 69, 96-103.
- Bar-Yousef, B., Markovich, T., Levkovich, I., 2001. *Acta Horticulturae* 548.
- Brand T. & Alsanius B.W. 2003. Improved assays for assessment of enzyme activity in nutrient solutions from closed irrigation systems. *Scientia Horticulturae* 98 (1), 91-97.
- Brand T. & Alsanius B.W. 2004. *Acta Horticulturae* 466, 525-531.
- Brand T. & Alsanius B. W. 2004. *Journal of Horticultural Science & Biotechnolgy* 79: 228-233.
- Brand T. & Alsanius B. W. 2004. *Journal of Phytopathology* 152, 313-319.
- Brand T. & Alsanius B.W. 2004. *Journal of Phytopathology* 152, 313-319.
- Brand T., Wohanka W. & Alsanius B.W. 2002. *Scientia Horticulturae* 92 (3-4), 329-338.
- Ehret, D.L., Alsanius, B.W., Wohanka, W., Menzies, J.G., & Utkhede, R. 2001. *Agronomie* 21: 323-339.
- Gertsson U.E., Hansson I., Waechter-Kristensen, B., Lundqvist S., Svedelius G. & Weich R. 1994. *Acta Horticulturae* 361: 237-244.
- Hansson T. 2003. *Jordbruksinformation* 16.
- Jung, V., Chimuka, L., Jönsson, J.-A., Niedack, N., Bowens, P. & Alsanius, B. 2002. *Analytica Chimica Acta* 474: 49-57.
- Jung V., Olsson E., Asp H., Jensén P., Caspersen S. & Alsanius B. 2004. *Scientia Horticulturae* 100, 23-37.
- Jung V., Fehres, H., Bruins, M.A., Wohanka, W., van Os, E.A., Jackson A., Pettitt, T., McPherson, M., Whipps, J.M., Postma, J., Olsson, E. & Alsanius, B.W. 2006. Microbial and plant metabolites in hydroponic systems. Manuskript.
- Khalil S. & Alsanius B.W. 2001. *Gartenbauwiss.*, 66(4), 188-198.
- Komada H. 1975. *Review of Plant Protection Research* 8, 114-124.
- Komada H. 1975. *Review of Plant Protection Research* 8: 114-124.
- Loschenkohl, B., Porting, P., 1996. IOBC wprs Bulletin 19(6), 158.
- McPherson G.M., Harriman M.R. & Pattison D. 1995. *Med. Fac. Landbouww. Univ. Gent* 60/2b:371-379.
- Postma, J., Willemsen-de Klein, M. J. E. I. M., van Elsas, D. J., 2000. *Phytopathology* 90, 125-133.
- Tu, J.C., Papadopoulos A.P., Hao X. & Zheng J. 1999. *Acta Horticulturae* 481: 577-583.
- Waechter-Kristensen, B; Caspersen, S; Adalsteinsson, S; Sundin, P & Jensén, P. 1999. *Acta Horticulturae* 481: 197-204.
- Wohanka, W. 1998. Wasserentkeimung. In: Geschlossene Bewässerungsverfahren. Thalacker Medien, Braunschweig.