



Varje droppe räknas

-På väg mot precisionsbevattning i bärodling

Thilda Håkansson, HIR Skåne



Europeiska jordbruksfonden för
landsbygdsutveckling: Europa
investerar i landsbygdsområden



Sparbanken
Skåne



HIR Skåne

Omslagsfoto: Björn Nilsson

Tidigare skrifter inom precisionsbevattning i bär

”Droppbevattning i bär – tekniska tips och trix för din bevattning” med fokus på uppbyggnad av grundläggande droppbevattningssystem. Skriften finns tillgänglig via [Hushållningssällskapets hemsida](#).

Om finansiärerna

Projektets huvudfinansiär är Europeiska jordbruksfonden för landsbygdsutveckling.

Projektet har delfinansierats av Sparbanksstiftelsen Skåne som bidrar till lokal och regional utveckling genom engagemang och ekonomiskt stöd till projekt inom områdena forskning, näringsliv, utbildning, kultur och idrott.

Om författarna

Författarna är hortonomer och arbetar som rådgivare inom bärproduktion på HIR Skåne. HIR Skåne erbjuder kvalificerad och oberoende personlig rådgivning samt utvecklar och förmedlar kunskap och tjänster som leder till lönsamt och hållbart lantbruk.

FÖRORD

Innehåll

Den här skriften fokuserar på bevattningsstyrning i mark- och substratodling av bär. När vi pratar om precisionsbevattning menar vi att möta plantans bevattningsbehov genom att tillämpa de tekniker och beslutsunderlag som är praktiskt och ekonomiskt möjliga.

Genom precisionsbevattning kan vi bland annat uppnå:

- högre skördar, högre kvalitet, bättre plockekonomi
- högre ekonomiskt resultat
- minskad vatten- och näringsåtgång per kg bär
- minskat näringsläckage
- minskat slitage på bevattningsanläggningar
- lägre arbetskostnad

I takt med att odlingarna blir mer tekniskt avancerade finns det utrymme för att implementera allt fler tekniska lösningar som inte bara kan övervaka, utan också direkt hjälpa till att styra bevattningen. Eftersom vädret ändrar sig timme för timme är det svårt att vattna med precision utan assistans från sensorbaserade system. Skriften tar upp både enkla och mer exklusiva lösningar, men de alla är sådana som kan användas i verkligheten.

Skriften tar inte upp lösningar som allt för mycket gränsar mot klimatstyrning, då det är ett stort och komplext ämne i sig.

Tack

HIR Skåne vill rikta ett varmt tack till de som hjälpt till längs vägen. Flera företag har generöst delat med sig av kunskap och idéer. Bland dem kan nämnas Aquadrip, CMTeknik, IRRIoT, PRIVA, Pro Vanding, Sensefarm, Scangrow och Scanpeat.

Harrie Pijnenburg, Delphy delade sina erfarenheter av bevattningsstyrning i holländsk odling.

Ett varmt tack till Borgeby Fältdagar-teamet 2019 och Aquadrip som möjliggjorde den eleganta mässtdemon om sensorstyrd bevattning.

Thilda Håkansson, HIR Skåne

Borgeby april 2020

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

Förord.....	1
Innehållsförteckning	2
Introduktion till precisionsbevattning	3
Plantans vattenbehov	3
Odlingsmediets vattenhållande egenskaper	4
Övervakning och styrning.....	5
Markodling	1
Jordens egenskaper	1
Bevattningsbehov.....	3
Fuktighetshalt.....	3
Övervakning och styrning.....	5
Styrning med förinställda tider	5
Fuktsensor	5
Rekommendation	6
Substratodling.....	8
Substratets egenskaper	8
Krukans utformning.....	11
Bevattningsbehov.....	12
Vad ska man styra efter?	12
Fuktighetshalt.....	13
Ledningstal.....	14
Övervakning och styrning.....	16
Styrning med förinställda tider	16
Styrning med solintegrator	17
Fuktsensorer.....	17
Ledningstal.....	18
Dräneringsmängd.....	19
Bevattningsbehov baserat på vikt.....	20
Uppsamling av returvatten	20
Rening och recirkulering	22
Samla upp regnvatten	24
Slutord.....	25
Litteratur I urval.....	26

INTRODUKTION TILL PRECISIONSBEVATTNING

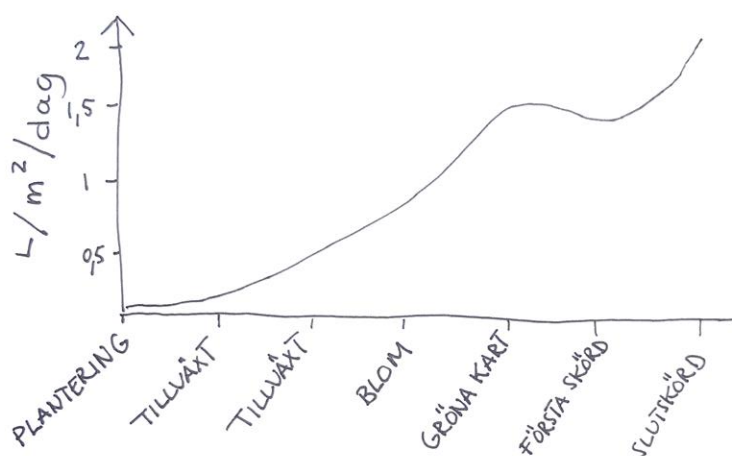
Plantans vattenbehov

Plantan tar upp vatten genom rothåren på de små fina rötterna. Jordgubbar har ett grunt rotsystem. De flesta rötter finns inom 30 cm djup. Upptaget drivs till största delen av att luften kring bladen innehåller mindre fukt än bladen självt, varpå avdunstning sker. Ju torrare och varmare luften är, desto större mer vatten transpireras från växterna, och avdunstar från jord-/substratytan.

När jordgubbsplantan inte kan ta upp lika mycket vatten som den gör av med stängs klyvöppningarna. Tillväxten sjunker och den totala bladytan minskar i storlek. Bladstjälkarna får minskad längdsträckning, och på plantor som varit vattenstressade under en lång tid kan man se att bladen läggs i flera lager så att de skuggar varandra. Bladen riktas dessutom till viss del bort från solen. Även mycket mild torkstress påverkar snabbt skördarna negativt.

Skördenivån i jordgubbar påverkas av vattentillgången på många olika sätt, t.ex.:

- Tillväxt av krona, blad och rötter
- Mild torkstress kan minska den vegetativa tillväxten och påskynda blombildningen till att komma igång.
- Blombotten-antal celler. Celldelningen avstannar ungefär en vecka efter att kronbladen fallit.
- Bärstorlek -cellerna sväller i gröna och vita kart, men nästan inte alls i röda bär. Under torkstress i grönt kart-stadie går vattnet i första hand till att försörja bladen.



Figur 1. Vattenupptag under utveckling av tunnelodlad Elsanta i säck, vårkultur. Modifierad efter Lieten & Minotten 1993.

Bärkvaliteten påverkas till en betydande del av balansen mellan vattentillgång och kvävetillgång. Hög vattentillgång ger höga skördar

av stora men ibland mjukare bär som därigenom blir känsliga för tryckskador. Stora bär tenderar att få något lägre sockernehåll, men förekomsten av andra smakämnen gör att den uppfattade smaken kan vara lika bra ändå. Bär som däremot mognat under vattenstress tenderar att få utanpåliggande frön.

Olika jordgubbssorter har olika tålighet för torka, Florence har t.ex. fått mindre skördenedsättning av torka än Sonata.

Vattneffektivitet

Man kan mäta vattneffektiviteten i en odling genom att jämföra hur många kg bär som kan produceras per en kubikmeter vatten. Vattenåtgången varierar mycket beroende klimat och bevattningsmetod.

De system som kombinerar hög skörd, en bevattningsmetod med låga spridningsförluster (droppbevattning) samt bevattning efter behov har goda förutsättningar att uppnå en hög vattneffektivitet.

Odlingsmediets vattenhållande egenskaper

Det finns tre särskilt viktiga begrepp att hålla reda på när vi pratar om vatten och jord/substrat:

- **Maximal vattenkapacitet** ett mått på vattenhalten i en jord när porerna är helt vattenfyllda. Dränering sker.
- **Fältkapacitet/krukkapacitet** är ett mått på vattenhalten i en jord/en kruka när det dränerat från maximal vattenkapacitet. De grövre porerna är nu fyllda med luft och de små med vatten.
- **Permanent vissaningsgränsen** är gränsen då det vattnet som är kvar i jorden inte längre kan tas upp av rötter
- **Vattenhållande förmågan** motsvarar mängden vatten som finns tillgänglig mellan fältkapacitet och den permanenta vissaningsgränsen

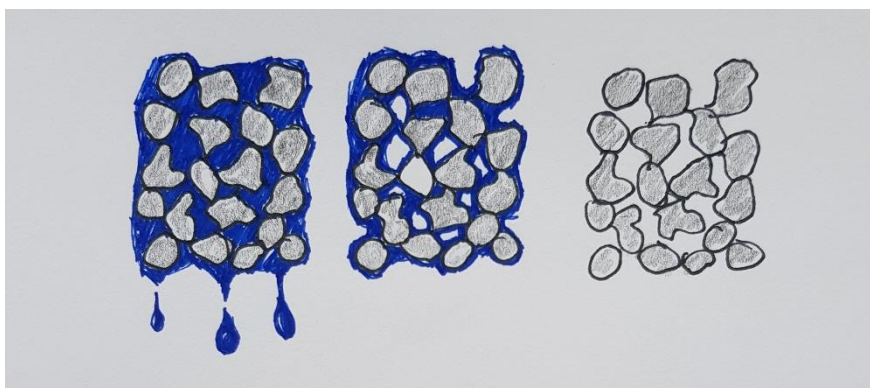


Bild 1. Till vänster: Ett substrat eller en jord över maximal vattenhållande förmåga/fältkapacitet. Dränering uppstår. Mitten: Vid vattenhållande förmåga/fältkapacitet. Stora porer är luftfyllda och små vattenfyllda. Till höger: Vissaningsgränsen. Allt växttillgängligt vatten är förbrukat.

Vatten binds genom sin laddning mot jordpartiklar eller organiskt material. När porerna i odlingsmediet är för stora räcker inte laddningarna för att fylla ut med vatten. Stora porer är luftfyllda i en dränerad jord. Porstorleken bestäms till stor del av mängden små partiklar/aggreat, som ju kan täta igen utrymmet mellan större partiklar. Ett odlingsmedias egenskaper förändras med tiden, både i jord och substrat. Ju större jord/substratvolym som rötterna växer i, desto lättare blir det att hålla en vattenbuffert så att rötterna alltid har tillräckligt med vatten.

Ett odlingsmedias förmåga att hålla vatten, s.k. vattenretention, kan utvärderas genom att man succesivt utsätter mediet för mer tryck. Vatten som är tillgängligt vid ett tryck på 1-5 kPa representerar växttillgängligt vatten. Vatten som behöver mer tryck än så för att dräneras ur mediet är inte möjligt för plantan att ta upp.

Genom att hålla jorden eller substratet med en balans av vatten- och luftförande porer ger vi goda förutsättningar för rötterna att må bra. Eftersom rötter inte har någon fotosyntes är de dygnet runt beroende av god syretillgång för att kunna bryta ned socker och producera sin energi. Dessutom måste restprodukten koldioxid kunna vädras ut. En del syre och koldioxid finns i de luftfyllda porerna och en del är löst i vätskan i odlingsmediet.

Övervakning och styrning

Avläsning av sensorer på distans

Vi rekommenderar att så långt som möjligt använda sensorer som kan avläsas på distans. Det gör det betydligt enklare att kontrollera och använda mätvärdena till justeringar i den dagliga driften.



Bild 2. Trådlös fjärrstation från HORTAU som är kopplad till en markfuktssensor. I praktisk odling med nöjd odlare. Studiebesök i Kanada 2016

Tabell 1. Översikt över olika lösningar för datatransport. Ibland används en kombination av kommunikationstyper i samma varumärkeslösning.

Datatransport via	Räckvidd	Kommentar	Exempel på tjänster
Kabel, vanligen av typ 4-20mA	Praktiskt taget obegränsat	Mycket driftsäkert när kabeln väl är på plats och inkopplad i gödningsblandaren/datorn. Möjliggör att mäta i realtid med många datapunkter. När stamledningar grävs till permanenta odlingsplatser rekommenderas att alltid lägga ned en kabel för att kunna skicka sensordata.	Sensorer kan i princip alltid exportera data via kabel.
Trådlöst Wifi-nätverk	Upp till ca 100 m.	Kräver i princip elnätsansluten strömkälla till router.	Kan användas för de system som använder telefonnätet
Trådlöst nätverk (GSM/4G/5G)	Obegränsat om uppkoppling finns. Signalen kan förstärkas med extra antenn.	Kräver kontantkort/abonnemang och bra mobiltäckning. För en del områden i Sverige finns oberoende mobiltäckningsdata insamlad på http://tackningskollen.se/	Används av en del väderstationslösningar
Radionätet	Några kilometer, vilket i praktiken kan bli 100-tals meter p.g.a. hinder i terrängen. Räckvidden kan förlängas med extra antenn.	Signalen kan försvagas om det finns andra i området som sänder på samma frekvens. Finns två standardprotokoll för datahanteringen, LoRa och LoRaWan. För lantbrukaren spelar det ingen roll vilket av protokollen som används.	30Mhz, IRRIoT, Sensefarm (endast avläsning), PRIVA

Om sensorvärdena ska pluggas in via kabel direkt i en gödningsblandare behöver det finnas tillräckligt många anslutningar för det. Om anslutningarna inte räcker kan gödningsblandaren ibland byggas ut med ett inputkort -som möjliggör fler sensoranslutningar. Vid inköp av gödningsblandare rekommenderar vi att fråga hur många anslutningar den klarar och hur den går att bygga ut.

Tolkning och användning

För att kunna styra bevattning på distans finns olika gränssnitt, alltså den bild man ser på en skärm. Gränssnittet brukar hänga ihop med vilken bevattningsfirma och gödningsblandare man har. Man kan då via en internetsida/app/dator klient göra bevattningsinställningar och se importerade sensorvärden.

MARKODLING

Jordens egenskaper

Jordar har unika egenskaper beroende på partikelsammansättning. De varierar i vattenhållande förmåga, dränerande förmåga, lufthållande förmåga, kapillär transport, mekaniskt motstånd mot framträngande rötter, katjonbyteskapacitet m.m.

Sandjordar lämpar sig allmänhet mycket bra för trädgårdsodling genom att de har stor andel luftbärande porer, men kräver å andra sidan noggrann passning med vattning.

Mjäla- och mojordar har låg luftbärande förmåga, men mycket god vattenhållande och kapillär förmåga.

En lerjord som inte är packningsskadad eller igenslammad och där aggregaten har tillåtits att utvecklas under lång tid genom torksprickor och tjälning ger goda odlingsförutsättningar både genom luft- och vattenhållande förmåga. Vid packning är det de stora porerna som pressas ihop, så att de luftbärande porerna försvinner. Torksprickor kan vara bekymmersamt i samband med nyplantering -stora sprickor kan exponera de små ömtåliga plantrötterna så att de torkar ut. Om lerjorden blir vattenmättad förlorar den lätt sina goda strukturegenskaper.

Tillförsel av organiskt material förbättrar i regel alltid en jords odlingsegenskaper till det bättre.

Bevattningsmängd

Vid bevattning behöver vattenmängderna anpassas efter hur mycket vatten som kan hållas inom rotdjupet. Annars riskerar vattnet att ge oönskad dränering.

Jordart	Mängd växttillgängligt vatten, mm vatten per dm jord. Detta påverkar vilka mängder och hur ofta man behöver tillföra vatten.
Sand	5-15
Mo	10-30
Mjäla	20-35
Lättlera	20-30
Mellanlera	15-25
Styv lera	10-20

Jordens kapillära egenskaper, d.v.s. förmågan att få vattnet att sprida sig oberoende av gravitationen, blir viktiga när vi tillför vatten via droppbevattning. Kapillariteten avgör t.ex. hur långt vi kan ha mellan två droppställen och ändå få spridning i hela jordprofilen. Detta bör man ta hänsyn till t.ex. när man väljer mellan en eller två droppslangar till en dubbelrad.



Bild 3. Intressant att följa vattnets utbredning. Här på en sandjord så ser man tydligt formen på bevattningslöken en bit ner i jorden.

Bevattningsintensitet

På alla jordar, förutom de alla lättaste, brukar man tillföra bevattning varje dag, eller varannan dag med droppbevattning. I försök på lätta jordar har man sett positiva effekter av att istället för att bevattna med 40-60 minuter per gång dela upp bevattningsgiva i två, men 2-3 timmars mellanrum. På så sätt kan man bättre undvika oönskad dränering och ge tid för jordens kapillära krafter att förflytta vattnet i horisontalled. När bevattningarna triggades på tröskelvärde 15-18kPa så gav kortare bevattningstider enligt ovan högre skörd (ca 20-25%) i två av tre försök. I den ena odlingen var det kopplat till genomgående högre skörd under hela skördeperioden, och i den andra odlingen till högre skörd vid vissa skördedatum. Med pulsbevattning håller man en jämnare fuktighet, vilket är eftersträvarsvärt när det redan finns gott om luft i profilen; som på sandjordar och välaggregerade lerjordar.

Om du ska använda pulsbevattning bör du fundera på om du har platser i fält där dina droppslangar dränerar ut mer än på andra ställen p.g.a. lutning. Dessa ställen kan då få betydligt mer vatten än du har tänkt dig.

FAKTARUTA

Den totala vattenanvändningseffektiviteten (liter vatten/kg bär) har i försök ökat när man med ofta lägger små givor med droppslang. Risken för dränering minskar dessutom när bevattningsgivorna är små.

Bevattningsbehov

De flesta försök på vattenåtgång för jordodlade jordgubbar är gjorda i varmare och torra klimat än det vi har i Sverige. Därför finns inte så mycket information om vattenåtgång. Ett försök från norra Europa på plastlistodlad junibärande sort i tunnel visar att det åtgick 25-30 m³/1 ton bär vid noga styrd droppbevattning, men att det i odlarled var vanligt att det gick åt tre gånger mer vatten än så.

Om man börjar minska bevattningsgivorna kan man behöva öka gödningsgivorna med varje utförd vattning.

Marktäckning kan drastiskt minska avdunstning från marken, vilket också minskar bevattningsbehovet.

Fuktighetshalt

Undertrycket är ett mått på hur lätt plantan har att ta upp vatten. Skörde-och vattneffektivitetsoptimum för jordgubbar ligger troligen vid en fuktighet omkring 10-15kPa undertryck i rotzonen, vilket kan variera något beroende på jordtyp. En australiensisk rekommendation är att påbörja bevattning i rotzonen vid 15kPa för lätta jordar och 18kPa för tyngre jordar.

Tabell 2. Skala för avläsning av Watermark-sensörvärden. Utvecklat utifrån potatisodling av Oregon State University. Anpassning efter Shock m.fl. 2013.

Värde	Betydelse
0-10kPa	Indikerar att jorden är mättad med vatten
10kPa	Jorden är nära fältkapacitet =innehåller så mycket vatten den kan hålla
20-60 kPa	Inom dessa värden bör en bevattning göras. Anpassas beroende på situation.
Över 80 kPa	Indikerar vattenstress för plantan

När en jordgubbsplantas rötter utsätts för torka i en del av rotsystemet produceras hormoner som påverkar plantan till att spara på vatten. Så länge torkstressen är mild och det finns tillräckligt med vatten för plantan att försörja sig i andra delar av rotsystemet påverkas inte skörden negativt. Att aktivt försöka åstadkomma den här effekten är dock förknippat med stor risk för skördesänkning, och flera studier avråder från metoden.

Droppbevattning i en bädd

När vatten sprider sig från ett droppställe bildar det en cylinder- eller lökformad fukta i jordprofilen som brukar kallas för "bevattningslök". Bevattningslöken har en maximal storlek, och mängden vatten i

FAKTARUTA

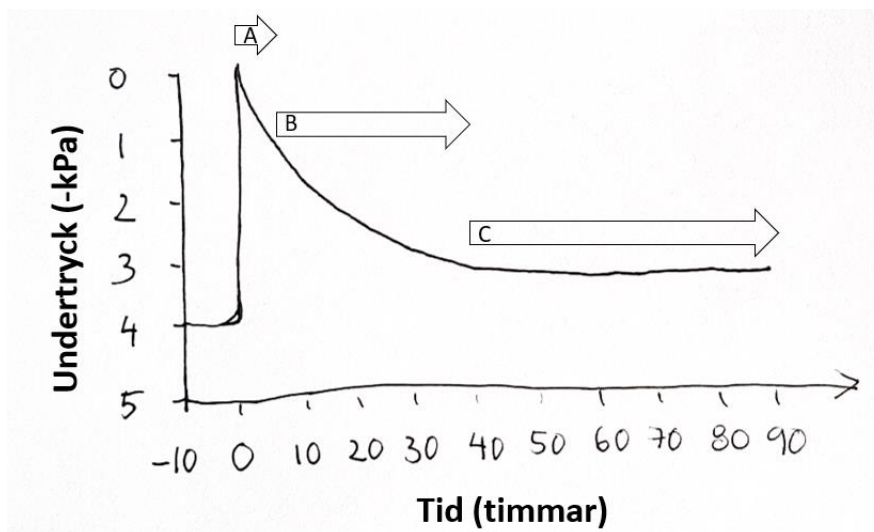
Undertrycket anges vanligtvis i enheten kPa (kiloPascal), men kan även anges i cbar (centibar).

Enheterna är lika stora:
1 kPa=1 cbar.

Ibland anges undertrycket med ett minustecken före, exempelvis -10kPa.

bevattningslöken skulle kunna kallas för "bäddkapacitet", som genom sin spridningsbild skiljer sig från det man i odling på platt mark kallar för "fältkapacitet". När bevattningslöken har nått maximal spridningsbild kommer vattnet att dränera ned genom jordprofilen. Vi rekommenderar att utvärdera under säsongen hur vattnet sprider sig inom dina bäddar.

Genom att vattna upp marken några gånger och med hjälp av en sensor direkt under rotzonen undersöka hur upptorkningskurvan planar ut efter vattnets omfördelning i profilen kan man avgöra ungefär när bäddkapaciteten är nådd och det är dags att avsluta bevattningen. I verkligheten förändras bäddkapaciteten över åren i takt med att bädden kompakteras.



Figur 3. Exempel på hur undertrycket kan förändras nedanför rotzonen i samband med bevattning. Bevattningen startar vid tiden 0 i detta fall i en fuktig jord, undertryck 4 kPa, och mättas med vatten till undertryck 0. I period A sjunker vattnet främst med hjälp av gravitationen. I period B finns en betydande spridning via kapillär verkan, och i period C dominerar den kapillära transporten och fuktigheten sjunker mycket sakta. Vid start av period C säger man att bäddkapaciteten är uppnådd. Anpassad efter förlaga i Letorneau m.fl. 2015.

I ett kaliforniskt sensorförsök satte man -3kPa som målvärde i samtliga fältförsök för vad en sensor strax under rottdjup skulle visa vid avslutad bevattning. För de som tillämpade en bevattningströskel på omkring 10 kPa på en sensor i rotzonen blev de rekommenderade droppbevattningstiderna 40-75 minuter för att återfylla bäddprofilen utan dränering (20 cm mellan droppställena, 0,5 l/ha).

På Borgeby Fältdagar 2019 testade vi att bevattna med enkel- och dubbelslang i jordgubbssäddar med dubbelradssystem. Vi testade detta både på sand- och lerjord. Vattnet färgade vi in med blå karamellfärg så att vi kunde följa hur det färdades genom jordprofilen. Vi kunde se att det fanns risk för dränering inom 20-40 minuter (0,5l/ha i droppen, avstånd 25 cm).



Bild 4. Två blå bevattningslökar på en sandjord från Löddeköpinge. Fotot är taget efter att profilen fått torka upp något.

Övervakning och styrning

Styrning med förinställda tider

Den enklaste formen av automatiserad bevattning är att använda förinställda tider på en så kallad "klocka". Den styr öppningen av magnetventiler så att bevattningen startar. Eftersom vädret variera krävs dagliga justeringar för att möta plantornas vattenbehov.

En vanlig begränsande faktor är hur många bevattningstider som finns tillgängliga på klockan. Välj en klocka med möjlighet till många öppningstider. Det är vanligt med klockor som går på batteri och kan placeras ute i fält utan särskilt väderskydd.

Utländska källor gör gällande att vissa klockor kan ta emot input från regnmätare. Då kan bevattning ställas in om det kommit en viss mängd nederbörd. En del klockor kan till viss del anpassa sin bevattning utifrån jordfuktssensordata.

Fuktsensorer

Undertrycksmätare visar hur lätt det är för växten att ta upp vattnet utifrån mängden markfukt. Mätvärdena är jämförbara mellan olika jordar.

För att få rätt värden krävs tät kontakt mellan jord och mätkropp. Installationen bör ske tidigt på säsongen så att rötter kan växa runt mätaren på samma sätt som i resten av rotsystemet.

Mätarna fungerar i alla jordtyper; undantaget mycket porösa moss- eller grusjordar. Fungerar tyvärr inte i substratodling, eftersom substraten innehåller en hög andel stora och därmed luftfyllda porer.



Bild 5. Bevattningsklocka

Det finns två vanliga tekniker för att mäta undertrycket:

- Sensorer av s.k. Watermark-typ. Mäter det elektriska motståndet mellan ledare som ligger inkapslade i ett gipsblock. Vidarebearbetas med en matematisk beräkning. Watermarksensorer har i flera försök visats visa något fuktigare värden (ca 10%) och reagerar långsammare på fuktighetsförändringar än klassiska keramiska tensiometrar. Oregon State University rekommenderar sex eller fler sensorer per fält. Har svårt att mäta värden fuktigare än -10kPa, men kan mäta ned till -200kPa. På krympningsbenägna jordar kan torka dock göra att kontakten mellan jord och sensor börja glappa. Då får man installera om.
- Keramiska tensiometrar. Dessa mätare klarar endast undertryck ned till ca -70-80 kPa, därefter kollapsar vakuumet och man måste installera om röret igen. Passar därför bäst i odlingar med automatiserad bevattning där jorden aldrig torkar ut. Det går att koppla vissa modeller av keramiska sensorer till automatisk bevattningsstyrning.

Placering av fuktsensorer

Fuktsensorer placeras inom rotzonen, och om det är möjligt samtidigt i den yttre kanten av bevattningslöken från ett droppställe. På så vis kan man se den kombinerade effekten av både rotupptag och vattentillförsel. För att hitta den yttre kanten av bevattningslöken får man gräva och titta efter.

För att övervaka tecken på dränering kan man dessutom placera en sensor under rotzonen; rakt under ett droppställe om man har droppbevattning.

De billigaste lösningarna bygger på att sensorerna placeras ut med långa kablar som är anslutna till en fjärrstation för att sända data. En sådan fjärrstation har typiskt kabelanslutningar till fler än en sensor. Andra system bygger på trådlösa mätenheter som placeras ut och sänder datan direkt. Trådlösa mätenheter ger större flexibilitet när man väljer mätpunkt, men kan ligga högre i pris.

Var sensorerna placeras bör märkas ut ordentligt, så att det går snabbt att hitta och gräva upp dem vid behov.

Rekommendation

Med bakgrund av de många studier som genomförts på vikten av att hålla en hög jämn fuktighet för jordgubbar kan vi rekommendera både övervakning och styrning med hjälp av sensorer. Styrningen behöver dock baseras på flera sensorer per bevattningssektion för att bli tillförlitlig.

Prisbilden gör att många avstår från att investera, men man bör räkna på att även små skördeökningar gör att systemen kan återbetala sig. Flera kostnadsberäkningar visar på att sensorstyrd bevattning löna sig i jordodlade jordgubbar. Man bör dock ta i beräkning att man måste ha personal som har intresse för att utvärdera sensorvärdena för att

upptäcka och åtgärda eventuella fel, och som vill finjustera på bevattningsinställningarna.

På lätta jordar tycks ett undertryck på nära 10-15 kPa i rotzonen vara lämpligt att styra efter. Kan göra kombineras med s.k. pulsbevattning, att man använder kortare bevattningstider än normalt.

Sensorstyrd bevattning är inte lika studerat på tyngre jordar. Det kan antas vara aktuellt med en lägre bevattningströskel för att tillåta upptorkning och luftväxling i profilen. En bevattningströskel på 18 kPa har föreslagits.

Oavsett jordtyp kan sensorsystemets kombineras med att mäta fuktighet nedanför rotdjup för att förutse risk för dränering.



Bild 6. Det är svårt att utvärdera om bevattningsgivor är tillräckliga i markodling utan sensorteknik -mätvärdena kan relativt lätt också kan användas till styrning.

SUBSTRATODLING

Substratets egenskaper

Torv

Torv är ett komplext ämne och kan behöva en egen skrift bara för att förklara skillnader på olika torvmaterial. Torv är sönderdelade växter av vilka det över tid bildats humus. För odling pratar man ofta av torv som kommer från vitmossa. Vitmossetorv kan vara både ljus och mörk och det beror på humifieringsgraden. Den ljusa vitmossan som anses vara av god kvalitet till odling kommer från växtrester från vitmosseäktet *Spaghnum*.

En ljus torv med lägre humifieringsgrad kan skördas genom att block skärs upp och sedan läggs för att torka innan vidare sönderdelning. Genom en varsam hantering behålls torvens struktur bättre vilket ger en bättre porositet och vattenupptagningsförmåga. När torv istället fräses eller harvas upp från mossen slås vakuloerna i den gamla vitmossan sönder, och det blir mer små partiklar. Sammantaget ger det generellt sett lägre vattenledande förmåga och en lägre andel vattenhållande porer än ett substrat som tagits fram från blocktorv. Fräs-/harvtorv är dock billigare än blocktorv.



Bild 7. Skörd av blocktorv på tork. Blocken har staplats för hand.

Humifieringsgraden beskriver hur långt nedbrytningsprocessen kommit och graderas i en skala från H1-10. Där 1 är en torv som är i tidigt nedbrytningsstadium och 10 väl nedbruten torv. Med ökande humifieringsgrad minskar luftvolymprocenten i och med att porositeten minskar när materialet blir mer och mer finfördelat. Torv med lägre humifieringsgrad har även en bättre vattenhållande förmåga.

Ett torvrecept består ofta av en förklaring på procentandelen från olika fraktioner. Fraktioner beskriver storleken på materialet vilket i sin tur påverkar volymprocent och den vattenhållande förmågan. Vanliga fraktioner är 3-10 mm, 10-25 mm och 25-40 mm. En blandning av fraktioner är att rekommendera för att få både lättillgängligt vatten och god luftvolymprocent. Andel fint material har stor påverkan på substratets egenskaper, eftersom det kan fylla de porer som skapas av de större fraktionerna. Vid hantering av torven från brytning, trågfyllnad och plantering kan det ske mer finfördelning av substratet till mer fint material än vad som man tänkt sig.

Torv har hydrofobiska egenskaper när den är torr vilket gör att den kan vara svår att vattna upp. I frästörv är det vanligt att vätmedel blandas i för att minska de hydrofobiska egenskaperna.

Kokos

Kokos har liknande fysiska egenskaper som torv. Stark vattenhållande förmåga och snabbt upptag av vatten. På grund av den snabba upptaget av vatten kan en kruka som låtit torka ut snabbt vattnas upp igen och plantorna snabbt återhämta sig som följd.

Kokos är stabilare än torv och bryts inte ner på samma sätt, vilket gör att de fysiska startegenskaperna behålls bättre över tid. I länder där det är vanligt att återanvända substratet används gärna kokos. Precis som för torv kommer kokosen i olika fraktioner. Den finfördelade varianten (coco dust) har bra vattenhållande förmåga de grövre fraktionerna blandas i för att få mer luftvolym.

Kokos innehåller naturligt höga halter av salter som lakas ut och buffras med innan den skickas ut till odlare. Kokos kan innehålla högre mängder av positiva joner som natrium och kalium och binder gärna till sig kalcium- och magnesiumjoner. En analys innan plantering är att rekommendera för att se om en justering av näringsrecept bör göras.



Bild 8. Kokos och perlit i blandning, ett substrat tänkt för att räcka över flera planteringsomgångar av jordgubbar.

Perlit

Perlit är ett vulkaniskt mineralämne som ofta används om tillsats till kokos eller torv men kan också användas ensamt. Målet med att tillsätta perlit är att förbättra dräneringen och ge ökad luftvolym. I en blandning med torv såg man att mängden porer minskade och vattenhållande förmågan, men luftvolymen ökades. Ett annat försök med liknande utgång visade att vid tillsats av 10% perlit ökade luftvolymprocenten från 20% till över 50%. Eftersom perlit har en större mängd stora partiklar ger den vid tillsättning i ett substrat framförallt grövre porer som håller främst luft då vatten kan lätt dräneras utifrån stora porer.

Perlit är stabilt och kan återanvändas flera gånger, men ska steriliseras mellan planteringarna med till exempel vattenånga.

Material med stängda porer

Lecakulor förekommer ibland som tillsats, men eftersom leca är tillslutet på ytan tillför den ingen porvolym, utan effekten blir som att välja en mindre kruka: lägre vatten- och lufthållande förmåga. Material med stängda porer är generellt ej att rekommendera för substratodling.

Rekommendationer

Det finns mycket att ta hänsyn till vid val av substrat. Ett bra substrat tar både lätt upp och håller vatten och har samtidigt en hög luftvolymprocent. Hur hög luftvolymprocent finns det olika åsikter kring. Minst 15 % till bär säger brittiska källor. Eric Boot, BVB Substrate säger såhär: *"I Nederländerna är det vanligt med en blandning till jordgubbar med kokos 50%, ljus-torv 30% och perlit 20% för jordgubbar. Målet är minst 30% luftvolym för att uppnå tillräckligt med syre för en god rotutveckling"*. I Nederländerna torde dock substraten vara anpassade för odling med hög dränering, vilket automatiskt kräver en hög luftvolymprocent.

Generellt är de flesta eniga om att hallon kräver en större luftvolymprocent än jordgubbar. När det gäller den vattenhållande förmågan så testas den sällan utan rekommendationerna baseras på erfarenhet. Normalt så utförs bara analyser på att substratet innehåller den önskade grundgödslingen och pH-värde. Vi rekommenderar att diskutera med er leverantör om önskemål och förutsättningar på gården som vilken gröda, vilken typ av kruka, bevattningsmöjligheter och vattenkvalitet. Fråga gärna om möjlighet att skicka in en analys på luftvolymprocenten efter inkrukning och plantering då substratet hanterats flera gånger och provresultatet blir närmre verkligheten. En analys efter avslutad kulturtid ger också en bild över hur väl substratet hållit över tid.

Att tänka på vid val av substrat

- *Hur lång är den tänkta kulturtiden och ska substratet återanvändas?*

Vid en lång kulturtid bör substrat väljas som är mer strukturstabila för att undvika en ökning av fint material som minskar porositeten. Kokos är ett sådant exempel samt blandningar med perlit till kokos och/eller torv.

- *Finns det risk för problem med ojämn vattenåtgång eller tillförsel?*

I sådana här fall behöver man övervattna för att få tillräckligt med vatten till den torraste delen. Då passar ett substrat med hög luftvolymprocent där vattnet lätt kan dräneras igenom och minska risk för syrebrist. Samtidigt behövs det en bra vattenhållande förmåga med mycket lättillgängligt vatten vilket det finns i ljus blocktorv och kokos.

- *Dålig vattenkvalité med högt ledningstal i råvattnet.*

Även här vill man generellt ligga på en högre dräneringsprocent för att minska risken för saltstress i krukorna. Vilket innebär ett substrat med igen hög dräneringsförmåga men även kanske man bör välja ett odlingsmedium med lågt initialt ledningstal som torv och perlit.

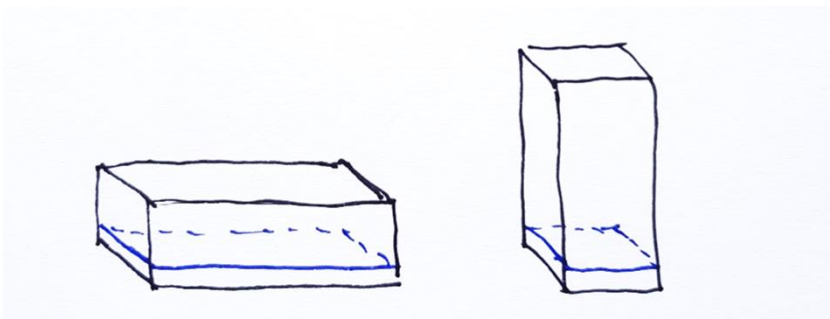
- *Har förutsättningar och önskemål att minimera dränering*

Med en god vattenkvalité och jämn vattenförsörjning finns det möjlighet att minska mängden tillfört vatten. Ett substrat med hög vattenhållandeförmåga med god spridningsbild i krukans i kombination med tillräcklig luftvolymprocent. Kokos av god kvalitet (sköljd och välbuffrad) som snabbt tar upp vatten skulle vara ett intressant alternativ.

Krukans utformning

Krukor med större volym kan hålla mer vatten, och är enklare att bevattna rätt än små krukor, eftersom de genom sin större vattenhållande buffert inte behöver styras lika precist. Hänsyn behöver dock också till hur många plantor man har per kruk, och därmed vattenbuffert per planta.

Även krukans form har betydelse för bevattningsstyrningen. En hög och smal container kan hålla mer luft och mindre vatten än en låg och bred kruk, som är bättre på att hålla vatten. Detta beror på att vatten även efter dränering kommer att hållas kvar i ett par centimetrar i botten på krukans. Ju större botten, desto mer vatten blir då kvar i krukans. Rötterna, som växer nedåt och söker sig längs krukans botten, trivs inte i den vattenmättade miljön, och blir lätt skadade. Problemen kan minskas genom fler dräneringshål som dels ger en snabbare dränering, och dels gynnar luftningen.



Figur 4. Det samlas alltid mer vatten i botten på en kruk, även efter att substratet har dränerat. Hur högt vattnet når beror på substratets egenskaper. P.g.a. detta kan en låg och vid kruk hålla mer vatten än en hög och smal kruk.

FAKTARUTA

En sexliterskruk med ett substrat som har 20% vattenhållande kapacitet innebär att en kruk kan hålla 1,2 liter vatten efter dränering.

Om krukans innehåller t.ex. två hallonskott blir det då 0,6 l i vattenbuffert per planta. En del av detta vatten kommer att vara hårt bundet till substratet och inte tillgängligt för växten.

En krukans stor area i toppen kommer dessutom kunna avdunsta mer fukt till omgivningen. Det kan bli ett betydelsefullt bidrag till att hålla uppe luftfuktigheten och sänka temperaturen i en tunnel/ett växthus. I de översta centimetrarna på krukans brukar dock alltid salter anrikas, vilket försämrar rotmiljön. Med ett substrat som är täckt på toppen, som exempelvis i en säck, kan plantans rötter lättare växa i de övre centimetrarna. Substratet blir sannolikt också både fuktigare och mer syrefattigt, vilket kan kompenseras med luftnings-/dräneringshål.

Krukans- /säckens färg har också betydelse. Svart färg absorberar värme som kan avges till rotsystemet. Bra vid tidig produktion då temperaturen begränsar tillväxten på våren. Vit färg reflekterar bort värme och sprider ljus till bladverket. Kan tänkas passa bättre till sommarproduktion då för lite ljus och ljuset och för höga temperaturer är mer begränsande för tillväxten.

Undvik kontakt med dräneringsvatten

Många bärslag, i synnerhet jordgubbar och hallon kan angripas av *Phytophthora* spp, som sprids med vatten. Man vill så långt som möjligt undvika att rötter kommer i kontakt med underlaget och dräneringsvatten från andra krukor. Om rötterna växer ut i torr luft slutar de att växa, och ibland förgrenar de sig istället. Praktiska lösningar på detta är t.ex.:

- Att underlaget krukans står på har god dränering/lutning så att det inte ansamlas vatten
- En luftspalt mellan krukans och underlag. Antingen genom att ställa krukans på någon form av distanser, eller att krukans botten är försedd med ben.

Bevattningsbehov

Vad ska man styra efter?

Dränering är inte ett mål i sig, utan ett medel för att dränera överflödigt bevattning och med det eventuell önskad saltanrikning i substratet. Dränering används dessutom för att praktiskt hantera ojämnheter i bevattningsbehov och ledningstal inom odlingen. Vissa plantor och delar av odlingen drar ju mer vatten än andra. Med en jämn kultur, bra vattenkvalitet och ett välavvägt näringsrecept kan man spara in mycket dräneringsvatten och växtnäring.

I odlingar med recirkulerande system finns goda förutsättningar att i stor mån förlita sig på dränering som huvudsaklig strategi. Man brukar då när plantorna drar lite vatten ha en låg dränering 5-10%. För att under varma och soliga förhållanden hålla en dränering uppemot 20-30%. Man använder en högre dräneringsprocent i tunnlars än i växthus p.g.a. större ojämnheter.

Allmänt när vi pratar om precisionsbevattning menar vi att istället för att prata dränering borde vi prata om fuktighetshalt, lufthalt och ledningstal i substratet!

Jämnhet

Plantor som står t.ex. extra blåsig i en tunnelkant kan ha högre bevattningsbehov än de som står vindsyddat, liksom de som står i mitten på en tunnel kan få ett varmare och torrare klimat som kräver mer bevattning.

Yttre tunnelsidor kan t.ex. kläs i plast och man kan sätta upp vindnät på stolpar kring odlingen. Tunnlarna bör vara som mest omkring 100 meter för att undvika betydande värmeskillnader mellan mitten och ändarna på tunneln.

Fuktighetshalt

Under våren efter plantering räcker det med några enstaka bevattningstillfällen, emedan det en varm sommardag kan krävas uppemot 15 bevattningsgivor. En tysk rådgivare uppskattar att det på varma sommardagar kan gå åt uppemot 70m³ vatten/ha.

För tunnelodling åtgår mer vatten än i frilandsodling. I tunnel har man under varma dagar en lägre relativ fuktighet, vilket driver transpirationen.

Tabell 3. Principer för bevattningsstyrning under dygnet i substratodling samt exempel på målvärden. För kokos får man i princip öka de lägsta värdena och minska de högsta värdena så man rör sig i intervallet 45-70%. Bör anpassas till den egna odlingen, det är främst proportionerna över dygnet som är intressanta.

Tid på dygnet	Att tänka på	Målvärde volymprocent jordgubbar	Målvärde volymprocent hallon
Soluppgång	Tidpunkten för den första morgonvattningen är viktig att den inte blir för sen.	40-50%	45-55%
Förmiddag	Öka fuktigheten succesivt. Ej snabba fuktförändringar för att undvika skapa tunnlar i substratet. Dränering hålls på ingen -låg nivå.	60-75%	55-75%
Mitt på dagen-tidig eftermiddag	Plantan har här som störst vatten- och näringsupptag. Dränera som mest vid den här tiden på dagen.		
Eftermiddag	Minska på bevattningen under eftermiddagen när temperaturen sjunker.		
Kväll	Låt substratet torka upp. Som regel ingen bevattning någon-några timmar innan solnedgång.	50-60%	50-60%
Solnedgång och natt	Fukt-/viktsensorer kan hjälpa till att trigga nattvattningar vid behov. Upptorkningen kan vara snabb under varma och torra nätter.		

Plantan är naturligt anpassad till att inte ha alltför stora temperaturskillnader mellan rotzon och blad.

Substratet behöver inte bli vattenmättat innan det dränerar, eftersom vatten kan rinna genom kanaler i substratet. Genom att använda små

bevattningsgivor åt gången minskas det problemet. Särskilt om ett torvsubstrat har torkat ut och blivit hydrofobiskt kan vatten fort rinna igenom utan att absorberas av substratet.



Bild 9 Tack vare den sneda planteringen kan vi se den fina rotutvecklingen. Ibland kan man även se olika rotutveckling på sol resp- skuggsidan av en kruka. Det är ofta en fördel om bevattningsvattnet har en temperatur någonstans i närheten av luftens vid vattning i substratodling.

Ledningstal

Mäta ledningstal i substrat

Ledningstalet är ett mått på den elektriska ledningsförmågan, vilket är ett grovt mått på saltkoncentrationen i en viss volym. Ju torrare det är när ett prov tas, desto högre ledningstal kommer man att få som mätvärde. Det finns även fuktmätare som även kan mäta ledningstal, till exempel en FDR-mätare. Den kan kopplas till att automatiskt skicka loggade data eller så läses de av manuellt på plats. Värdena är ett mått på ledningstal i substratet och tillgängligt vatten och det värdet varierar med fukthalten. Resultaten är lättast att tolka över tid och om mätaren är stationerad på samma mätställe hela tiden då kan man se svängningar och trender. Går man med en handhållen mätare så blir det lätt att få stora skillnader i mätvärde. För att lättare tolka resultatet så märk ut krukor som är referensplantor och mät på samma tidpunkt på dagen. Notera samtidigt fukthaltsprocenten för att tolka uppmätt ledningstal utifrån hur fuktigt substratet är.

Mäta ledningstal i dropp och dränering

Uppsamling av det vatten som dräneras ut från krukorna ger en indikation på växtens upptag. Man kan välja att ta en analys på hela näringsinnehållet eller så mäts bara ledningstal och pH. Vid en fullständig vattenanalys så jämförs innehållet i det som dräneras ut med det som ges i droppen. Då får man en bild på hur upptaget är av respektive näringsämne och kan då justera receptet utifrån plantans upptag. Ledningstalet i dränering ska ligga på samma eller lite högre än det som går ut i droppen.

Varma dagar kan ledningstalet sticka iväg då plantans vattenbehov överstiger näringsupptaget. Det ökade uppmätta ledningstalet ger då en indikation på att det är dags att sänka ledningstalet i droppen. En ökad bevattning med högre dräneringsprocent (10-20% mer än normalt) som följd kan minska saltstressen för plantan. Hög salthalt i krukans leder till ett minskat vattenupptag och därmed saltinducerad torkstress. Skulle det vara svårt att få ner ledningstalet trots ökad dränering så kan man spola "flusha" substratet med rent vatten mitt på dagen.

Vad ledningstalet ska ligga i droppen och dränering beror på kultur, växtstadium och ledningstalet i råvattnet. En analys av råvattnet visar på vattenkvalité och ligger till grund för näringsreceptet. Råvattenkvalité skiljer sig mellan odlare och därför kan optimalt ledningstal i utgående dropp skilja sig åt. En odlare med högre ledningstal i råvattnet måste troligen ligga på ett högre ledningstal i droppen för att få ut samma näringsinnehåll.

Tabell 4 Ett exempel på hur vatten och näringsstillförsel kan utvärderas med hjälp av målvärden på dropp och dränering samt mängden övervattning.

Växtstadium		Ledningstal dropp	Ledningstal drän	Dräneringsprocent
Jordgubbar	Start	1,4-1,6	1,4-1,8	15-25%
	Tillväxt	1,6-1,8	1,6-2	10-20%
	Blomning	1,8	1,8-2	10-20%
	Skördestart	1,6-1,8	1,8-2	10-25%
	Skörd	1,4-1,6	1,6-1,8	10-20%
Hallon	Start	1,4	1,4-1,5	5-15%
	Tillväxt	1,5-1,8	1,8-2,2	10-15%
	Blomning	1,8-2,2	2-2,2	10-15%
	Skördestart	1,6-2	2-2,3	10-15%
	Skörd	1,8-2	2-2,5	10-15%

EXEMPEL

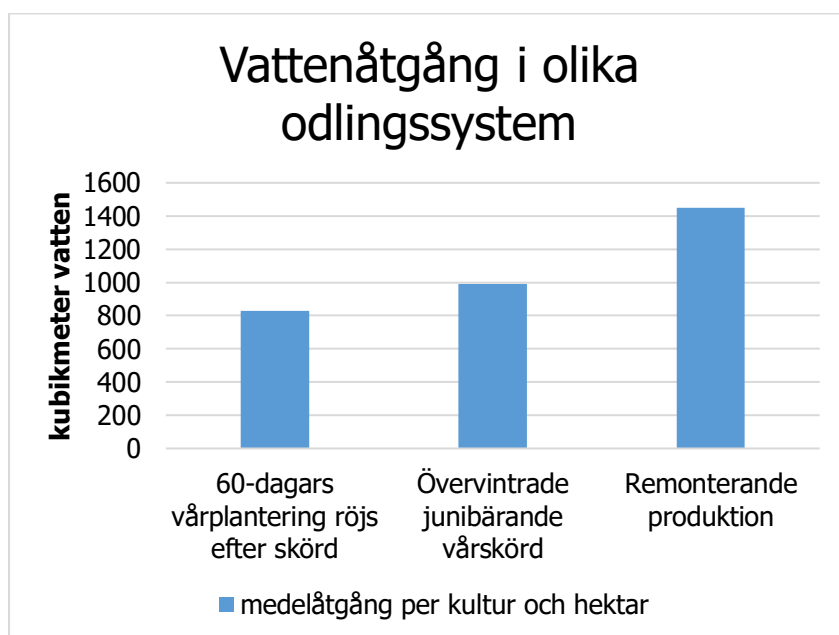
I en jordgubbsodling som blommar ligger ledningstalet i droppen på 1,6 och uppmätt ledningstal i dränering är 2,2. Det innebär att där är en ackumulering av näringsämnen. Åtgärd sänk ledningstalet i utgående dropp tills ett lägre ledningstal uppnåtts i dräneringen, helst inte mer än 0,2ms/cm mer än utgående dropp.

Ta gärna en komplett vattenanalys för att se vilka näringsämnen som ackumulerats.

Vatteneffektivitet

Vid ett studiebesök veta på WET-center på East Malling fick vi veta att precisionsbevattning med fuktsensorer i substratodlade jordgubbar gentemot odlarens bevattning hade gett 5-10% ökad klass I-skörd gentemot odlarens strategi. Forskarna kunde också visa upp till 30% lägre dränering, upp till 20% lägre näringsåtgång samt minskade arbetskostnader.

En brittisk undersökning samlade in data från 21 jordgubbsproducenter om vattenåtgång. se Figur 5. Det var stor variation emellan de odlingarna. På den 25% mest effektiva arealen av junibärande, övervintrade junibärande respektive remonterande åtgick, 40 respektive 30 m² vatten per kilo klass I-bär. Odlarna rapporterade skördar om 10-35 ton junibärande/ha och 18-32 ton remonterande/ha.



Figur 5. Vattenåtgång i brittisk substratodling med olika odlingssystem. Medelåtgång per kultur är beräknat efter medelarealen.

Övervakning och styrning

Styrning med förinställda tider

Den enklaste formen av automatiserad bevattning är att använda förinställda tider på en så kallad "klocka". Den styr öppningen av magnetventiler så att bevattningen startar. Eftersom vädret kan variera mycket från dag till dag krävs dagliga justeringar för att så lagom som möta plantornas vattenbehov.

En vanlig begränsande faktor är hur många bevattningstider som finns tillgängliga på klockan. Välj en klocka med möjlighet till många öppningstider. Det finns klockor som går på både batteri och sådana som kan pluggas in i ett vägguttag.

Styrning med solintegrator

Genom att mäta ackumulerade ljusmängder får man ett ungefärligt mått på när det behöver bevattnas i en substratodling.

En ljussensor sätts upp i full sol ovanpå t.ex. ett tak. Data från ljussensorn räknas sedan ihop, och vid den inställda ackumulerade ljusmängden triggas en bevattning. Under perioder med lite nederbörd kan det samlas damm på mätaren vilket ger lägre uppmätt ljus än i verkligheten. Med åren försämras också genomsläpligheten på platen vid sensorn, och då behöver man kalibrera instrumentet igen.

Styrning med solintegrator har i andra kulturer visats fungera som bäst vid ljusintensiteter inom 700-1000 mikromol/m²/s, ganska bra vid 200-700 mikromol/m²/s. Är det mörkare än så är det andra faktorer som har mycket större påverkan på transpirationen.

En solig sommardag ligger strålningen på ca 1500 mikromol/m²/sekund. En planta behöver beroende på art ungefär 12-25 mol per dag för sin utveckling, alltså motsvarande drygt 2 h av sommarsolljus.

Det är vanligt att ställa in solintegratorn på att trigga en bevattning vid en viss ljussumma. Man brukar lägga in en säkerhetsbevattning, så att det bevattnas t.ex. varje timma även om strålningssumman inte har uppnåtts.

En solintegratorstyrning kan t.ex. inte ta hänsyn till olika mycket vind under olika dagar, så att plantorna drar olika mycket vatten. Styrning med solintegrator förutsätter därmed ett så jämt klimat som möjligt för plantorna.

Fuktsensorer

Generellt gäller när man använder fuktsensorer att de mäter på en liten punkt och att de inte fångar inomfältvariationer. Att automatisera bevattningen endast beroende på få mätpunkter kan därför vara tveksamt, utan bör i så fall kombineras med andra mätdata för automatisering, t.ex. solintegrator samt egen utvärdering.

Mätare för odling i substrat -volymetrisk mätning

En signal skickas genom mark eller elektriska ledare i odlingsmediet man ska mäta. Man brukar kunna välja på kokos eller torv. Mätaren behöver dels ha en beräkningsmodell för den aktuella substrattypen, och användaren behöver dels välja just den beräkningsmodellen för instrumentet. Annars kan man få stora avvikelser på hur många volymprocent vatten som substratet verkligen innehåller.

Dessutom finns rekommendationer på ungefärlig önskad fukthalt. Dessa instrument är användbara i substratodling.



Bild 10. Ljuskvoten till solintegratorn registreras genom instrålningsgivaren med vit topp ovanpå lådan.

FAKTARUTA

Ljus (fotonflöde) för växter mäts i enheten mikromol/m²/s. Ibland förekommer mått som Joule/m², W/m² lux eller lumen i odlingssammanhang, men det är INTE mått som går att översätta till hur plantan påverkas av ljuset.

För att få fram mätvärdet som används i beräkningarna används exempelvis dessa tekniker:

- Time Domain Reflectometry -mäter hur lång tid det tar för en elektrisk puls att färdas längs en stålpinne i marken
- Time Domain Transmissiometry – mäter hur lång tid det tar för en elektrisk puls att färdas mellan två stålpinnar genom marken
- Frequency Domain Reflectometry -mäter hur mycket en elektromagnetisk frekvens förändras när den passerar genom marken från en elektrod till en annan. Denna teknik kan även mäta i ett område omkring stålpinnarna. Därför ska mätaren aldrig sättas för nära en planta eller krukkant, då blir det felaktiga mätvärden.

Ledningstal

Bulkvolym

Det finns sensorer som samtidigt klarar av att mäta både fukthalt och ledningstal i en bulkvolym av substrat + vätska, de är dock dyra i dagsläget, ca 20.000kr för en handhållen enhet. För att få möjlighet för fjärravläsning får man betala mer än så. Tekniken baseras på Frequency Domain Reflectometry. Det upprättas ett elektromagnetiskt fält runt stålpinnar som sätts in i substratet.

Exempel på mätning med FDR-teknik: WET-sensorn som tillverkas av Delta-T har ca 7 cm långa stålpinnar som mäter i en radie av 2 cm runt pinnarna, vilket ger en total mätvolym på drygt 200cm³. Instrumentet mäter då ledningstalet i en bulkvolym av både substrat och substratvätska. Mätvärdet varierar märkbart beroende på fuktighetshalt -ju torrare desto högre mätvärde. Denna teknik uppmäter i regel lägre ledningstal än pressvattenprover. En mätning och att läsa av resultatet tar ca 30 sekunder.

Pressvatten

Ledningstalet man kan mäta upp i ett pressvattenprov från rotzonen beror mycket på hur vattenmättat substratet var vid presstidpunkten. Koncentrationen fukt gentemot näringsinnehåll får stor betydelse. Pressvattenprov tas lämpligen ut igenom att ta ut ett vertikalt representativt tvärsnitt av substrat från rotzonen, men att utesluta de översta centimetrarna i krukan.

Man kan med enkla handhållna mätare mäta upp ledningstal och pH i pressvattenprov. Kan även skickas in till labb för en vanlig vattenanalys. Kostnad inkl. frakt ca 500 kr/prov, vilket ger svar på alla näringsämnen, pH och ledningstal.

Dräneringsvatten

Enkla handhållna mätare kan användas för att läsa av ledningstal i ingående vatten samt dräneringsvatten. Pris 2000-5000kr.

Det går också att köpa sensorer som kontinuerligt mäter ledningstal i dräneringsvattnet. Dessa kan vara rätt dyra, och är mest vanliga i växthus.



Bild 11. Fuktighetssensor från GroPoint av FDR-typ. En fördel är att denna sensor mäter över en rätt stor volym tack vare dess längd, ca 20 cm.



Bild 12. WET-sensor in action

Dräneringsmängd

Krukor/tråg ska hållas i normal vågrätt position och under ett antal krukor/tråg läggs sedan en ränna för uppsamling. Ju fler krukor/tråg man kan samla ifrån -desto bättre medelvärde får man.

Om man har jordgubbar i permanenta bäddar med droppslang utan spagettipinnar är den här uppsamlingen krånglig att få till.

Manuellt

För att hålla koll på dräneringen är fungerar det med manuell avläsning i uppsamlingskärl. Bäst är om uppsamlingskärlet har en volymgradering som går lätt att läsa av. Värdet ska jämföras mot ingående vatten, t.ex. från uppsamling av några tomma droppställen, men allra helst från en volymmätare för ingående vatten eller en känd bevattningstid. För att få ett mått på trender i dräneringsmängder behöver dräneringen mätas vid samma tidpunkt varje dag.



Bild 13. manuell mätning av dräneringsmängd

Dräneringsräknare

Elektroniska dräneringsräknare för professionell användning består av en tippskål inuti en skyddande liten ask med trattformad topp. den samlar upp dränering från ett antal krukor. Värdena kan sedan loggas eller skickas vidare på olika sätt beroende på fabrikat.

Med ett datorprogram räknas ingående bevattning ut beroende på bevattningstiden och jämförs med volymen dränering för att få dränprocenten. Ingående bevattning kan också mätas med volymmätare.

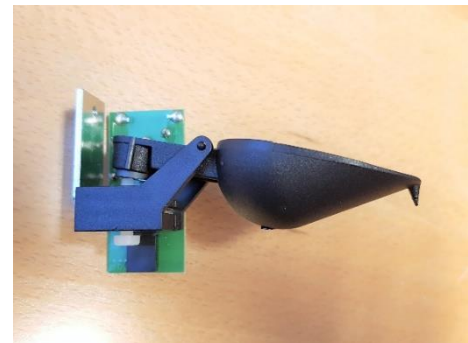


Bild 14. Tippskål till dräneringsräknare

Dräneringsräknarna kan användas både för övervakning och styrning. Beroende på om dräneringen varit hög eller låg kan nästa planerade bevattning flyttas fram eller senareläggas i tid. Det kan också gå att stänga bevattningen när man fått en viss mängd dränering.

Bevattningsbehov baserat på vikt

Manuellt Det så kallade "gyllene greppet" är enkelt att använda när krukorna inte sitter fast eller är för otympliga. Man lyfter då krukorna, iakttar färgen på substratets yta (ljusare ju torrare det är), fuktigheten i krukorna och utvecklar på sikt en känsla för när det är lagom bevattnat.

Det går alldeles utmärkt att mer exakt mäta viktförlusten i en kruka över en viss tidsperiod. Om en uppvattnad kruka utan bevattning har gått ned 200g i vikt på 4 timmar, då har ungefär 50 ml vatten gått åt per timme.

Kontinuerlig mätning och styrning med vågar

De system som automatiskt räknar ut substratets vattenhållning baserat på vikt brukar vara tekniskt avancerade och dyra, men bra. Värdena brukar integreras med flera andra sensorvärden och parametrar i ett bevattnings- och klimatstyrningsprogram. T.ex. PRIVA tillhandahåller en sådan här lösning. På grund av att vågarna med tillhörande system är dyra lämpar sig systemet bäst till om man har stora homogena produktionsenheter med grödor som skördas kontinuerligt under en lång säsong.

Principen är att en våg mäter vikten av ett antal krukor (inklusive plantor + substrat). Just att vågen mäter bevattningen från en stor totalt volym av plantor och substrat är en fördel gentemot t.ex. fuktsensorer.

På morgonen mäter vågen av när vikten minskar och därmed när plantorna börjar att ta upp vatten. Då genomförs den första och viktiga morgonvattningen. Under förmiddagen mäter och styr också vågen att man får en långsam uppvattning av substratet. Under dagen fortsätter vågen att mäta hur mycket vatten som tillförs och hur snabbt det torkar upp så att en lagom mängd vatten kan tillföras för varje vattning. Den sista vattningen för dagen läggs också i tid beroende på systemets prognos för upptorkningshastighet och förinställda önskat målvärde. Även nattvattningar kan triggas automatiskt vid behov.

Uppsamling av returvattnen

Förutom att anpassa bevattningen efter behovet finns potential att spara vatten genom att samla upp och/eller recirkulera vattnet. Uppsamlingen bygger på dessa punkter:

1. Uppsamling av dräneringsvatten via rännor:
 - I tabletop rännor direkt under krukorna.
 - I hallon t.ex. rännor i marken som täckts av plastfolie, ev. med ett dräneringsrör i botten, och som har en vall mot gången.



Bild 15. En våg som läses av manuellt vid samma tidpunkt varje dag.

2. Jämn lutning av rännorna i raderna. I växthus rekommenderas 0,5% lutning, men utomhus kan 1-2% lutning fungera. Använd avvägningsinstrument!
3. Rännorna ansluts till PVC-markrör som samlar upp dräneringsvattnet och leder det till en eller flera "lägsta punkter" i odlingen. Dessa kan vara försedda med mellanlagringsplatser, t.ex. glasfibertankar under jord.
4. Från de lägsta punkterna behöver vattnet ledas/pumpas till en uppsamlingsbassäng.
5. Filtring

Oavsett om vattnet återanvänds eller inte vill man inte ha onödigt stora volymer av returvatten. Det begränsar ju annars hur mycket nytt vatten man kan tillföra och samtidigt ge det en lämplig näringsammansättning. Med en lägre volym returvatten minskar belastningen på pumpar, cisterner, rening, liksom risken för smittspridning.

Om man inte önskar recirkulera dräneringsvattnet kan det vattnas ut på andra frilandsgöröder, helst ur en annan växtfamilj. Det används dock inte särskilt ofta i praktiken.

I tray-plantsproduktion, liksom i skogsplantskola, där man odlar under öppen himmel blir det praktiskt omöjligt att dimensionera uppsamlingssystemen för mycket höga nederbördmängder. I nederländsk plantskola har man anpassat sig genom att vid sådana förhållanden samla upp det första som rinner igenom, eftersom det antas innehålla mest växtnäring. Resterande del leds ut i öppna diken. Detta kallas för "first flush-system".



Bild 16. Uppsamling av returvatten i tray-plantproduktion. plantorna står på plasttäckta mark som leder vattnet till betongrännor med dränering.

Det är i regel mycket besvärligt att i efterhand lösa behov av returvattenuppsamling. Att samla upp vattnet kräver rätt lutningar och rör för att transportera returvatten i hela odlingssystemet. Vi rekommenderar att så långt som möjligt förbereda för

FAKTARUTA

Om vi antar att vattenförbrukningen i en remonterande tunnelkultur är i medel 1400m³/ha/år och 10% av det dräneras ut innebär det 140m³ returvatten.

Detta är avsevärt mindre volymer att hantera än om man också ägnar sig åt regnvattenuppsamling via tunnel-/växthustak.

returvattenuppsamling -också vid utbyggnad av odlingen- vid byggnation av nya odlingsystem.

Rening och recirkulering

Från returvattentanken kan returvattnet direkt doseras in med en viss andel i förhållande till råvattnet. Det medför en risk för smittspridning inom odlingen. Ju längre kulturtid och ekonomisk risk odlingen har, desto större anledning att rena vattnet från patogener.

Sjukdomar kan spridas med returvatten

Returvatten riskerar att innehålla patogener¹; i synnerhet *Phytophthora* spp. som orsakar röt- och kronröta, och som dessutom är anpassad för spridning i vatten. Bakteriesjukdomen *Xanthomonas fragariae* och bladnematoder sprids lätt i vatten. Även *Fusarium*, *Verticillium*, *Pythium*, *Thielaviopsis*, *Rhizoctonia* m.fl. sjukdomar kan spridas via vatten. Vattenburna virus anses inte vara ett problem i bärödling. Till viss del kan riskerna minska om man använder dräneringsvattnet till en annan gröda än där man samlade upp det. Exempelvis att dräneringsvattnet från jordgubbar går till hallon. Även om *Phytophthora* angriper bägge grödor anses det finnas olika genetiska *Phytophthora* som är gröd-specifika. Ju längre kulturtid och ekonomisk investering i odlingen, desto större anledning finns det att rena returvattnet från sjukdomar. Växtnäringen blir kvar i vattnet även efter rening.



Bild 17. *Phytophthora* är en allvarlig sjukdom i bärödling. Här en angripen jordgubbskrona.

Även om reningen inte skulle bli 100-procentigt bra så anses det åtminstone inte Nederländsk odling vara ett problem. Dock används där

¹ Returvattnet kan innehålla växtskyddsmedelrester. Det finns en del forskning på ämnet och vilka reningsmetoder som fungerar för vilka ämnen. Det är dock ingenting vi fördjupar oss i här.

en del svamppreparat som kan ha en dämpande effekt på Phytophthora, som Aliette (aluminiumfosfit och Paraat (dimetomorph). Det finns studier som visar att returvatten har tillväxtstimulerande effekter. Troligen p.g.a. ämnen som påverkar mikroorganismer och/eller plantor. Det pågår forskning där man undersöker effekten av att tillsätta nyttosvampar för att vattna ut i bevattningsvattnet.

Reningssystem

I t.ex. tomat- och gurkodling där man arbetar med höga ledningstal i vattnet innehåller dräneringsvattnet mycket växtnäring som lönar sig att ta tillvara. I bärödling där dräneringsvattnet innehåller mindre näring anser en del att recirkulering fördyrar produktionskalkylen.

I Sverige används recirkulering nästan uteslutande i växthuskulturer, emedan det i framförallt Nederländerna också används på tabletop under regntak/tunnlar. Olika reningstekniker har olika spridning i olika länder:

I Sverige är det vanligt att hetta upp vattnet, vilket ger en total avdödning av patogener, och där värmeenergin åtminstone när det är kallt ute kan återvinnas till uppvärmning. Ett fåtal använder biologisk rening via långsamfiltrering.

I Nederländerna är det i utomhus-/tak-/tunnelodling vanligt med långsamfilter som rening. I växthus är det med UV-system och ibland uppvärmning. I stora anläggningar används ibland väteperoxid.

Rening med UV-ljus beräknas ha en driftskostnad på 2-5 kr/m³, vilket är ungefär i nivå med driftskostnaden hos långsamfilter. I små anläggningar ökar dock driftskostnaden för långsamfilter. Användningen av långsamfilter har sin nackdel i att den kräver en vattentemperatur på minst 15 grader för att nå tillräcklig effekt. Filtreringshastigheten bör vara högst 100l/m²/h. Då uppnås en syrefattig miljö i filtret som klarar att avdöda åtminstone Phytophthora och Pythim. För Verticillium krävs ännu långsammare flöden.

Varken UV eller långsamfiltrering kan garantera en total avdödning - men en väsentlig reducering av smittotrycket. Reningseffektiviteten kan till viss del kontrolleras genom PCR-analys för olika sjukdomar.

Det reade vattnet slussas över till en tank för reat returvatten. Därefter blandas det reade vattnet (t.ex. 20%) med nytt vatten (t.ex. 80%).

Om man har högt innehåll av oönskade salter i returvattnet (t.ex. natrium, sulfat, kisel, bor) kan det bli svårt att blanda in returvattnet igen². I Sverige är detta sällan ett problem. Den enklaste lösningen är att använda ett råvatten med så bra kvalitet som möjligt.

² Om man behöver släppa ut returvatten kan det släppas ut i dammar med vattenväxter där kväve kan avgå och fosfor fälla ut. Vi fördjupar oss dock inte mer i det här.

Samla upp regnvatten

I tunnelsystem med hänggränor mellan tunnarna är det möjligt att samla upp regnvatten och leda det till en reservoar. För den som har ont om vatten kan det bli ett betydande tillskott (1 mm/10m³/ha). den förväntade nederbörden i södra Sveriges kustområden skulle då innebära ett potentiellt vattentillskott med 90% effektivitet på ca 3200m³/ha. Det är dubbelt så mycket mot vad som åtgår i en remonterande kultur. Eftersom vattnet i medel faller med ca 50mm/månad under mars-oktober behöver inte heller allt kunna lagras på samma gång.

För regnvattenuppsamling ska man helst lägga en stamledning till en separat uppsamlingsbassäng. Det går att leda returvattnet och regnvatten i samma ledning till samma bassäng, men det ökar slitaget på framförallt. reningsutrustningen.

Om man har en tunnel eller växthus med automatisk ventilering stänger man i så fall taket när det börjar regna, så att så mycket som möjligt av vattnet kan samlas upp.



Bild 18. Hänggränor i tunnelodling. Gör också miljön torrare i en multi-span tunnel då ingen nederbörd kommer ned till marken.

SLUTORD

Det finns många vägar att gå för den som vill komma närmare verklig precisionsbevattning i bärddling. Vår förhoppning är att skriften kan vara en bra grund för den som önskar utveckla just sin odling tillsammans med teknikleverantörer och egen personal.

Vi ser att många bitar av det plantan vill ha för högsta skörd går att komma närmare med hjälp av precisionsbevattningsverktyg. En del lösningar behöver komma ned något i kostnadsläge, men många går att tillämpa och att kombinera med varandra till överkomligt pris. Oavsett vad finns många utvärderingsmetoder och strategitänk att använda som är helt gratis och tillgängligt för alla.

Utifrån det som framkommit under projektets gång kommer vi på HIR Skåne att spinna vidare på precisionsbevattningsfrågorna. Hösten 2020 arrangerar vi med Jordbruksverket som finansier en precisionsbevattningskurs med tillhörande teknikdemonstrationstorg tillsammans med teknik- och substratföretag. Välkomna!

LITTERATUR I URVAL

Barrett G.E., Alexander P.D., Robinson J.S., Bragg N.C. (2016). Achieving environmentally sustainable growing media for soilless plant cultivation systems – A review. *Scientia Horticulturae* 212:220-234. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2016.09.030>

Bordonaba, J.G., Terry, L.A., Manipulating the taste-related composition of strawberry fruits (*Fragaria x ananassa*) from different cultivars using deficit irrigation. *Food Chemistry* 2010:122:1020-1026, doi: 10.1016/j.foodchem.2010.03.060

Bergstrand K-J., Asp H., Schüssler H.K. (2015). Utnyttja belysningen effektivt. Sveriges Lantbruksuniversitet. LTV-fakultetens faktablad, 2015:3

Ekelöf J., Albertsson A., Råberg T. (2010). Utvärdering av markfuktsensorer och prognosmodeller för styrning av bevattning i potatis. Sveriges lantbruksuniversitet, LTJ-fakulteten. Rapport 2010:41. <https://pub.epsilon.slu.se/8201/>

Eriksson, J., Nilsson, I. & Simonsson, M., 2005: Wiklanders Marklära. Lund. Studentlitteratur AB. Tätande jordlager – en kunskapssammanställning Kajsa Bovin, Emil Vikberg & Ida Morén SGU-rapport 2015:32 http://www.vaxten.slu.se/marken/vaxt_vatten.htm

Deichmann M. (2017). Alles unter 100% gilt einem Holländer als Verlust! <https://erdbeerportal.de/neuigkeiten/alles-hollaender-verlust-eric/206540>

Gendron L., Letourneau G., Cormier J., Depardieu C., Boily C., Levallois R., Caron J. (2018). *Horttechnology* 28:642-650

Hansson T., Löfkvist K. (2019). Uppsamlingsystem för växthusodling. <https://www.sakertvaxtskydd.se/siteassets/bibliotek/dokument/2019-uppsamlingsystem-vaxthusodling-januari.pdf>

Hoppula K.I., Salo T.J. (2007). Tensiometer.based irrigation scheduling in perennial strawberry cultivation. *Irrigation Science* 25:401-409. DOI 10.1007/s00271-006-0055-7

Kirschbaum D.S., Correa M., Borquez A.M., Larson K.D., T.M. DeJong. Water requirement and water use efficiency of fresh and waiting bed strawberry plants. (2004) *Acta horticulturae* 664:347-253.

Li J. (2004) Wetting patterns and nitrogen distributions as affected by fertigation strategies from a surface point source. *Agricultural water management*. 67. 89-104

Lieten P., Misotten C. (2003). Nutrient uptake of strawberry plants (cv. Elsanta) grown on substrate). *Acta horticulturae* 348:299-306.

Möllers B. (2018). Bewässerung und Fertigation. *Spargel & Erdbeer Profi* 2018:2 s 72-77.

Morris J., Else M.E., El Chami D., Daccache A., Rey D., Knox J.W. (2017). Essential irrigation and the economics of strawberries in a temperate climate. *Agricultural Water Management* 194:90-99

Létourneau G., Anderson C.L., Cormier J. (2015). Matric potential-based irrigation management of field-grown strawberry: effects on yield and water use efficiency. *Agricultural Water Management* 161:102-113.

Londra P.A. (2010). Simultaneous determination of water retention curves and unsaturated hydraulic conductivity of substrates using a steady-state laboratory method. *HortScience* 45:1106-1102
<https://doi.org/10.21273/HORTSCI.45.7.1106>

Nimmermark S., Möller Nielsen J. (2014). Klimatisering, belysning, bevattning och mekanisering i växthus -aktuellt kunskapsläge. Sveriges Lantbruksuniversitet. Fakulteten för landskapsarkitektur, trädgårds- och växtproduktionsvetenskap. Rapport 2014:19.
https://pub.epsilon.slu.se/11933/7/nimmermark_s_moller_nielsen_j_150224.pdf

Perkins-Veazie, P., 1995. Growth and ripening of strawberry fruit. In: Janick, J. (Ed.), *Horticultural reviews*. John Wiley & Sons, Inc., New York, pp. 267-297.

Pomper, K.W., Breen, P.J., 1997. Expansion and osmotic adjustment of strawberry fruit during water stress. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 122, 183-189.

Savé R., Penuelas J., Marfa O., Serrano L. (1993). Changes in leaf osmotic and elastic properties and canopy structure of strawberries under mild water stress. *Hortscience* 28:925-927.

Shock C.C, Flock R., Feibert E., Shock C.A., Pereira A., Jensen L. (2013) Irrigation monitoring using soil water tension. Oregon State University. EM 8900. [online] Tillgänglig: <https://catalog.extension.oregonstate.edu/sites/catalog/files/project/pdf/em8900.pdf>

Shock C.C, Flock R., Eldredge E., Pereira A., Jensen L. (2013) Successful potato irrigation scheduling. Oregon State University. EM 8911-E. <https://catalog.extension.oregonstate.edu/sites/catalog/files/project/pdf/em8911.pdf>

Thompson R.B., Delcour I., Berckmoes E., Stavridou E. (Red.) (2018). *The Fertigation Bible - technologies to optimize fertigation in intensive horticulture..* <http://www.fertinnowa.com/the-fertigation-bible/>

Verdonck, O. (1984). New developments in the use of graded perlite in horticultural substrates. *Acta Horticulturae* 150. s. 575-581

Yara (u.å) Strawberry Plantmaster.

HIR Skåne | Borgeby Slottsväg 11 | 237 91 Bjärred
Thilda Håkansson | thilda.hakansson@hushallningssallskapet.se | 010-4762263
Victoria Tönnerberg | victoria.tonnberg@hushallningssallskapet.se | 010-4762252

