

Klimatstyrning - en viktig del i en växtskyddsstrategi

*Förstudie kring möjliga klimatstyrningsmetoder
för minskat skadetryck i prydnadsväxtodlingar*



(Klara Löfvist JTI och Jonas Möller Nielsen, Cascada)

Lund september 2016



Förord

Arbetet som denna rapport bygger på är ett projekt (TT 144-2015) delvis finansierat av Tillväxt Trädgård och Tillväxtfonden.

Stort tack till samtliga muntliga referenter samt till Jesper Mazanti Aaslyng, för intressant studiebesök och information om nuvarande och tidigare forskningen inom klimatstyrningsområdet, särskilt kopplat till växtskydd. Tack också till Tillväxt Trädgård och Tillväxtfonden som delvis finansierat projektet.

Sammanfattning och de viktigaste slutsatserna från projektet

Det finns en stor potential i att optimera växthusklimatet inte bara efter växternas tillväxt utan även så att klimatet skapar optimala förutsättningar för ett fungerande växtskydd. Genom att styra klimatet med fokus på ett integrerat växtskydd kan flera fördelar uppnås. Styrningen kommer dock att bli komplex då det är flera aspekter som behöver tas hänsyn till. Klimatets påverkan på svampangrepp är mera känt än dess betydelse för insekter. I detta sammanhang har därför i första hand klimatets betydelse för insekter varit i fokus. Samtliga klimatregimer och dess inflytande på den totala växtskyddsbilden behöver dock utvecklas särskilt då det gäller insekter då detta område är relativt nytt och endast fragmenterade forskningsinsatser finns.

Följande områden har stor potential att utvecklas med hjälp av rätt klimatstyrning:

- En kraftig dynamisk klimatstyrning kan minska inflygning av skadegörare till följd av minskad lucköppning och dessutom kan behovet av kemisk tillväxtreglering hållas nere.
- Om klimatfaktorerna såsom maximal dagtemperatur, nattemperatur, tillåtet fuktighetsintervall, mörkerperiod, ljusintensitet, ventilationsintervall samt luftförelserna anpassas till såväl skadegörare som nyttodjurs optimum för överlevnad och förökning kan behovet av kemiska växtskyddsinsatser minskas.
- Klimatet kan också användas för att sanera växthusen genom att utnyttja exempelvis solarisation eller andra metoder som ökar temperaturen vilket missgynnar skadegörarna.
- Om rätt klimatstyrningsinsatser görs kan appliceringstekniken förbättras eftersom insekters vilja att flyga ökar vid ökad temperatur och möjligheten att träffa dessa ökar därför om temperaturen höjs då växtskyddsmedel appliceras.
- En optimerad klimatstyrning som även fokuserar på att styra klimatet efter det biologiska växtskyddets klimatbehov kan skapa en viktig bas för ett integrerat växtskydd i växthus.

Innehållsförteckning

Förord	2
Sammanfattning och de viktigaste slutsatserna från projektet	2
Bakgrund	4
Syfte.....	4
Material och metod.....	4
Resultat.....	5
Klimatfaktorers inverkan	5
Temperatur.....	5
Fuktighet.....	6
Ljus och belysning.....	6
Luftrörelser och fläktar	7
Styrningens inverkan	7
Dynamisk klimatstyrning	7
Solarisation och liknande saneringsmetoder	8
Klimatets betydelse vid växtskyddsbehandlingar	8
Övriga kulturinsatser av betydelse	9
Behov av fortsatta studier	9
Insektsnät övertrycksventilation och luftningsstrategier.....	9
Omgivningens påverkan av nyttodjursförekomsten i växthus.....	10
Klimatets betydelse för växtens försvarssystem	10
Klimatets betydelse för nyttodjurens förutsättningar	10
Samspel predator skadegörare	10
Diskussion och slutsatser	10
Rekommendationer.....	11
Referenser	11

Bakgrund

Klimatstyrningens betydelse för växtskadetrycket, plantornas motståndskraft och nyttodjurens effektivitet är ett område som behöver kartläggas bättre för att kunna utnyttjas som integrerad växtskyddsmetod i växthus. För växtskyddsinsatser direkt kopplade till klimatregleringen är det i första hand svampproblem som har varit i fokus. Genom att i första hand hålla luftfuktigheten nere med hjälp av ventilation, fläktar och värmestyrning kan skadegörare som mjöldagg och gråmögel hanteras. Integrerade produktionsmetoder för svampangrepp är viktiga eftersom få biologiska metoder finns tillgängliga och kunskap om hur dessa, genom rätt klimatstyrning, kan hållas i schack är undersökta och med resistent sorter och rätt klimatinställningar kan svampproblem minskas. Vilken typ av klimat som ökar respektive minskar övriga växtskadegörare och nyttodjur är dock mindre känt hos svenska odlare. Mer kunskap om hur klimatet ska regleras för att missgynna skadegörarna, optimera plantornas motståndskraft samt om möjligt optimera nyttodjurens effektivitet behövs. Klimatet i växthus påverkas av det yttre klimatet och tack vare ett kallare utomhusklimat i Sverige är växtskadetrycket i svenska växthus lägre än i växthus längre söderut. Genom att aktivt föra in klimatstyrningen som växtskyddsmetod förstärks det integrerade växtskyddet och behovet av att använda kemiska växtskyddsinsatser minskar. En optimal klimatstyrningsstrategi skulle därmed kunna få ned behovet av kemiska växtskyddsmedel ytterligare i svenska växthus.

Syfte

Syftet med denna undersökning var att kartlägga det aktuella kunskapsläget, både i Sverige och internationellt, för klimatstyrningens potential som integrerad växtskyddsmetod för bekämpning av i första hand skadeinsekter i växthus.

Målsättningen var att skapa en sammanställning över vilka skadegörare och biologiska bekämpningsmedel som det finns befintlig kunskap om optimala klimatförhållanden och undersöka om kunskapen är praktiskt tillämpbar för svenska växthusproducenter samt identifiera de eventuella kunskapsluckor som finns inom området. Målsättningen var också att identifiera vilken potential som klimatstyrning som integrerad produktionsmetod har och vilka områden som behöver utvecklas för att användas fullt ut i kommersiell produktion. Klimatstyrningen har en stor potential att bli en viktig pusselbit till hur vi på sikt ska kunna klara oss med färre kemiska växtskyddsmedel med en fortsatt hög produktivitet.

Material och metod

Första steget var att undersöka det aktuella kunskapsläget och intervjua prydnadsväxtrådgivare och forskare i Sverige om vilken kunskap som finns inom området och vilka insektsproblem som är de mest betydande i svensk prydnadsväxtodling. I Sverige intervjuades Anna-Karin Johansson, Vendel trädgårdsrådgivning, Monica Borg-Ohlsson, Monica konsult och Karl-Johan Bergstrand SLU.

Därefter gjordes en genomgång av befintlig forskningslitteratur och kontakt med de mest förekommande forskarna togs via mail för att få fördjupade kunskaper inom deras forskningsområde. I vissa fall hänvisade dessa forskare vidare till andra och då kontaktades dessa istället. Sammanfattningen av det aktuella forskningsläget baseras på litteraturgenomgången samt kontakterna med forskarna.

Detta kompletterades med en studieresa 1 april, 2016 till Danmark och Teknologiska institutet (mot-svarande SP-koncernen) där Jepser Mazanti Aaslyng besöktes. På teknologiska institutet har man bland annat bedrivit forskning kring insekter och dess predatorers påverkan av klimatstrategin dynamisk klimatstyrning. Eftersom deras forskning och utveckling hade skett både i laboratoriemiljö och i praktisk växthusmiljö var dessa intressanta att besöka för att kunna diskutera resultat och

framför allt praktiska erfarenheter i detalj, särskilt som en del av deras forskning inte fanns tillgänglig via bibliotek eller internet.

Resultat

Nedan följer en sammanställning av den forskning och utveckling som är gjord inom området. Här framgår vilka delar som idag är okända och vilka delar som är av stort värde att utveckla framöver.

Klimatfaktorers inverkan

Det har gjorts en del forskning kring hur klimatet i växthus påverkar både svampangrepp, skadedjur och predatorer. Merparten av den forskning som är gjord har fokuserat på svamppatogener och klimatets betydelse för dessa. Det finns även studier som beskriver nyttodjurens olika reaktioner på klimatfaktorer såsom temperatur och fuktighet. Många studier har dock varit fokuserade på enstaka parametrar och inte helheten när det gäller förhållandet mellan skadegörare och predatorer. Klimatfaktorerna påverkar hela det biologiska samspelet samt varje enskild del var för sig.

De klimatregimer som man idag styr efter fokuserar i första hand på att optimera tillväxten och på att producera så mycket biomassa som möjligt. Detta kan komma att ske på bekostnad av växtens egna försvarssystem i form av sekundära metaboliter och fysiokemiska försvarsmekanismer vilket gör att motståndskraften mot skadegörare blir mindre (Vänninen et al. 2010). Växthusklimatet har dock inte bara inflytande över plantornas utveckling utan påverkar även utvecklingen, fortplantningen, beteendet och interaktionen mellan skadegörare och nyttodjur i växthusen (Shipp et al. 2011). Vid forskning som i flera fall har gjorts i laboratoriemiljö testas vanligtvis endast en klimatfaktor åt gången. I fullskalig växthusproduktion är förhållandena annorlunda vilket gör att kombinationen av de olika klimatfaktorerna kan få andra effekter för det biologiska samspelet. Kunskapen om optimala temperaturer för äggläggning, utvecklingstid och överlevnad finns men kunskap om hur samspelet mellan skadegörare och nyttodjur fungerar i praktiken saknas till stora delar även om viss forskning har gjorts. Temperaturen och luftfuktigheten är de två mest studerade variablerna som påverkar samspelet mellan skadegöraren och predatorn (Shipp et al. 2011).

Temperatur

För att optimera det biologiska växtskyddet måste temperaturen optimeras inte bara för växterna utan även för nyttodjuren och det biologiska samspel som bildas (Messenlink et al. 2014). Temperaturen har stort inflytande på såväl skadegörare som nyttodjur. Precis som växterna påverkas nyttodjuren av klimatet i växthusen. För att få nyttodjuren att fungera optimalt kan temperaturen varken bli för hög eller låg och är den avgörande faktorn för utvecklingstiden. Ju högre temperatur, upp till en viss maximal temperatur desto snabbare utvecklingstid av nyttodjuret. Vid höga temperaturer kan dock skadegörarnas utvecklingstid vara ännu snabbare än predatorernas som då inte blir lika effektiva som vid en lägre temperatur (Messenlink et al. 2014, Shipp et al. 2011). Vid hög temperatur flyger insekter mer eftersom det är det enda sättet för dem att kyla av sig vilket i sin tur gör att de kan sprida sig mera och kan var lättare att träffa vid en bekämpningsinsats (Shipp et al. 2011). Temperaturoptimum ligger olika för olika nyttodjur. För exempelvis *Aphidius colemani* spelar temperaturen stor roll och de kan fungera som predatorer ned till 10°C men är inte lika effektiv som vid 20°C (Prado et al. 2015). Utvecklingstiden från ägg till adult är som optimalast mellan 22-28°C. Vid temperaturer över 30 eller 31 °C upphör utvecklingen och även kortare tider med höga temperaturer såsom 36°C kan skada dess utveckling (Prado et al. 2015). Ett annat exempel är *Neuseilus* (före detta *Amblyseilus*) *cucumeris* som rör sig mindre i temperaturer över 20°C (Shipp et al. 1996). Detta gör att de inte lika ofta stöter på tripsen och effektiviteten hos dem blir därför lägre vid en högre temperatur.

Fuktighet

Även fuktigheten spelar stor roll och flera arter. *Aphidius colemanis* har ett optimum i fuktigheten som ligger kring 75-85% och både över och under denna nivå minskar livslängden (Prado et al. 2015). Både luftfuktigheten uttryckt som vpd (vapour pressure deficit) och temperaturen i kombination spelar roll för hur effektiva *Neuseilus cucumeris* är på att äta trips. *Neuseilus cucumeris* var aktivare i såväl höga luftfuktigheter som i mycket låga. Däremellan fanns ett luftfuktighetsintervall då de var mindre aktiva och deras effektivitet som predator därmed minskade (Shipp et al 1996). Tripsen där- emot visade sig inte vara lika aktiva i låga luftfuktigheter vilket gjorde att de inte stötte på rov- kvalstren lika ofta. I de aktuella temperaturer (17-25°C) som växter normalt sätt produceras i bör därför luftfuktigheten ligga någonstans runt 0,75 kPa för att rovkvalstren ska bli så effektiva preda- torer som möjligt (Shipp et al. 1996).

I laboratoriestudier av *Beauveria bassiana* (BotaniGard) har man funnit att den är som effektivast i höga luftfuktigheter vilket också är känd kunskap hos många odlare. Då studier på dessa har gjorts i växthus kan dock god effekt uppnås även i lägre fuktighetsnivåer. Anledningen till detta är att mikroklimatet kring bladen eller precis vid insekten kan skilja sig stort mot klimatet runt omkring. Studier har visat att transpirationen från de andra bladen runt omkring kan medföra betydligt högre luftfuktigheter i bladverket vilket gör att man trots en lägre uppmätt fuktighet i den omgivande luften kan få god effekt av nyttosvampen (Shipp et al. 2003). Det är alltså i första hand mikroklimatet runt plantorna som är det mest avgörande klimatet för hur väl samspelet mellan skade- och nyttoorganism fungerar (Shipp et al. 2011).

Ljus och belysning

Biologiska växtskyddsmedel påverkas av ökad belysning som blir allt vanligare idag även i gurk- och tomatodlingar (Shipp et al. 2011). Om denna påverkan är positiv eller negativ beror helt på vilket nyttodjur det är. Vissa nyttodjur behöver en dvalperiod i mörker för att bli reproduktiva. Om dagen förlängs med artificiell tilläggsbelysning och inte tillräckligt kort dagslängd ges finns det en risk för att nyttodjuret inte fungerar optimalt och de förökar sig kanske inte alls (Messenlink et al. 2014). En ökad belysning kan i andra fall vara gynnsam för nyttodjuret. I längre dagslängder och högre ljusintensiteter har effekten av *Encarsia* mot vita flygare visat sig vara mera effektiv (Shipp et al. 2011). Det är med andra ord svårare att få det biologiska växtskyddet att fungera effektivt under vinterhalvåret på våra breddgrader och då kan en tilläggsbelysning som ges vid rätt tillfälle vara en hjälp för det bio- logiska växtskyddet. *N. cucumeris* äggläggning gynnades av längre dagslängder och högre ljusintensi- tet vilket gör att även dessa blir effektivare som predatorer av en ökad belysning under vinterhalv- året. För att få optimal effekt av de nyttodjur som man placerar ut måste man även tänka på hur de sätts ut. Under den mörkare delen av året fick man bättre aktivitet hos *Amblyseius swirskii* när man spred ut dem i kulturen jämfört med om man satte ut påsar. Anledningen till detta var att trots belysning så räckte ljuset inte till för att få upp aktiviteten inne i påsarna (Shipp et al. 2011).

Insekter använder optiska signaler för att orientera sig och är därför beroende av UV ljus för att kunna se korrekt. Förekomsten av gult ljus och mängden reflekterat solljus avgör om en insekt ska landa eller ej. Genom att använda skuggväv som ändrar ljusspektrat inne i växthuset och bland annat tar bort UV-ljuset kan insekters syn och därmed möjlighet att hitta växterna minskas. Fotoselektiva skuggvävar, skuggfärg som skyddar plantorna men som förändrar ljusbilden från skadegörarna samt ljusselektiva nät för täckning i fält visade sig alla minska skadetrycket. Vid täckning med gula nät fastnade en mycket större andel på dessa nät än på vanliga nät och väldigt få av dessa tog sig igenom nätet och ned till plantorna trots att maskorna i nätet var tillräckligt stora för att de skulle kunna ta sig igenom det (Ben-Yakir et al. 2014).

Det finns också del forskning kring svampangrepp och UV-belysning och genom att behandla plantorna med UV-ljus kan förekomsten av exempelvis mjöldagg minskas. Problemet är att kunna uppnå denna belysning på ett ekonomiskt lönsamt sätt. Ett företag som heter Cleanlight har ut-

vecklat UV lampor för hortikulturell produktion som kan skydda mot svampar, bakterier och virus och deras lampor har testats internationellt (Cleanlight 2016).

Luftrörelser och fläktar

Många insekter är känsliga för alltför kraftiga vindar och luftrörelser. Luftrörelserna i växthuset kan därför påverka såväl skadegörare som nyttodjur betydligt. Vindhastigheter på 2 m/s kan redan de reducera ägglägningsförmågan hos *Aphidius rosae* och redan vindhastigheter > 0,5 m/s kan påverka parningsbeteendet hos *Aphidius ervi* (Prado et al. 2015). Vanliga växthusfläktar producerar vindhastigheter kring 0,9-1,3 m/s och vissa leverantörer rekommenderar därför att fläktarna stängs av precis efter spridning av nyttodjuren så att de hinner hitta födan och etablera sig (Prado et al. 2015). Skadegörande insekter kan också vara känsliga för luftrörelser och ökade luftrörelser skulle därför kunna vara en del i en bekämpningsstrategi.

Styrningens inverkan

Då man jobbar med biologiska system är samtliga samspel av stor vikt. Då produktion sker i växthus skapas ett annat system än i naturen. Skadegörarna överlever under vinterhalvåret och överlever och uppföras snabbare än i naturen (Lenteren 2000). Större problem kan därför uppstå i växthus vilket måste tas hänsyn till och beaktas då växtskyddsstrategier läggs upp. Sjukdomar på bladen såsom grämögel och mjöldagg kan vanligtvis minskas genom korrekt klimatstyrning. Genom att justera temperaturen, ljuset, fuktigheten, ventilationen, bevattningen, näringen och koldioxidtillförseln kan man minska skadetrycket. Mest effektivt är det att styra temperaturen och fuktigheten men det är också det mest kostsamma sättet. Det är dock svårt att styra detta fullt ut i enklare plasthus och tunnlar (Lenteren 2000).

När man använder biologiska bekämpningsmedel måste de biologiska systemen också tas om hand. Ett problem kan vara att de biologiska metoderna ses som biopesticider istället för levande organismer som behöver lämpliga, ändamålsenliga resurser och förutsättningar för överlevnad och förökning (Messenlink et al. 2014). Man behöver se till att ha en aktiv styrning av ekosystemet för att lyckas med de biologiska metoderna (Messenlink et al. 2014).

Dynamisk klimatstyrning

Det är allt vanligare att odlare, för att spara energi, och minska behovet av kemisk retardering går över till dynamisk klimatstyrning. Den dynamiska styrningen kommer med stor sannolikhet förändra en hel del klimathållande i växthuset vilket man måste vara medveten om och ta hänsyn till.

Nyligen genomförda studier har visat att populationen av *A. gossypii* (gurkbladlusen) kan öka vid dynamisk styrning i relation till traditionell styrning. Anledningen till detta är att man får högre medeltemperaturer under delar av dygnet vilket gynnar dessa skadegörare (Prado et al. 2015). En dynamisk klimatstyrning som tillåter höga temperaturer på dagen och kalla temperaturer på natten kan för vissa nyttodjur som exempelvis *Aphidoletes aphidimyza* vara förödande då de är nattaktiva och behöver en viss minimal temperatur för att vara flygaktiva (Messenlink et al. 2014). Man har också visat att överlevnaden av parasitstekeln *Eretmocerus debachi* var kortare i temperaturer som varierade jämfört med konstanta temperaturer. Effekten av dynamiska klimatregimer varierar stort mellan olika arter. För vissa nyttodjur spelar detta ingen roll så generaliseringar kan inte göras utan reaktionen varierar från art till art (Shipp et al. 2011). Det är inte undersökt hur predatorn *A. cloemani* reagerar i dynamiska klimatstyrningsregimer men utifrån kunskap om dem skulle man kunna förvänta sig flera negativa effekter av denna styrning. Exempelvis skulle den maximala dagtemperaturen överskrida *A. colemanis* optimala temperatur för äggläggning vilket skulle kunna

leda till att de slutar lägga ägg vilket i sin tur kan förstöra populationsdynamiken mellan skadegöraren och nyttodjuret (Prado et al. 2015).

Det finns dock en del positiva effekter med den dynamiska klimatstyrningen. Växtskadegörare kan uppkomma i växthus på olika sätt. De kan komma in via inflygning utifrån, via småplantorna eller genom att de uppföras och överlever inne i växthuset. De svenska växthusen är en blandning mellan anläggningar med låg och hög teknisk nivå och i de allra flesta fall har man inte skydd för inflygning. Vid dynamisk klimatstyrning hålls ventilationsluckorna stängda under längre tid än i traditionell styrning. Detta eftersom man tillåter en högre temperatur vilket i studier visat att skadetrycket genom inflygning utifrån kan minska upp till 5 gånger (Körner och Jakobsen 2006). Danska studier har visat att genom att ventilationsluckorna i dynamisk styrning hålls mindre öppna minskar inflygningen av skadegörare. Med en minskad lucköppning från 22 % öppning i traditionell styrning till 7% i dynamisk styrning kunde skadetrycket av trips i växthusen minska med 40 % (Jakobsen et al. 2006). Forskningen inom ämnet har dock inte fortsatt.

Demonstrationsförsök som genomfördes på julstjärna och pelargon (Löfkvist och Möller Nielsen 2013 och 2014), visade att växtskyddsproblem orsakade av svampar minskade, även vid perioder med mycket hög luftfuktighet i kombination med höga temperaturer på dagen. Bladen på de prydnadsväxter som hade odlats med kraftig dynamisk styrning hade kännbart tjockare blad än de som odlats i traditionell klimatstyrning. Tjockare blad skulle kunna ge ökad motståndskraft mot svampar och sugande patogener eftersom de får svårare för att tränga igenom bladet. Ingen i litteraturen tar dock upp detta som en tänkbar metod för att hålla nere skadetrycket från sugande djur.

Solarisation och liknande saneringsmetoder

Klimatstyrningsstrategier kan också användas som saneringsmetod och för att hålla nere skadetrycket i växthus. Att höja temperaturen och sänka fuktigheten kan ge sanerande effekter på skadegörarna. Detta kan vara en effektiv saneringsmetod mellan exempelvis två gurkkulturer. Genom att höja temperaturen till 40°C med en VPD på 4,76 kPa under ett dygn i en paprikakultur och under 3 dygn i en gurkkultur som skulle rivas ut kunde förekomsten av trips helt elimineras (Shipp et al. 2011). Vid lägre temperaturer ned till 35°C fick behandlingen pågå under 7-8 dagar, vid ytterligare lägre temperatur runt 30°C var metoden inte effektiv. För att metoden skulle fungera var temperaturen tvungen att hållas konstant under den angivna tiden (Shipp et al. 2011).

Sanering genom solarisation i tomma hus, är en mycket effektiv metod som fungerar väl i växthus. Den utvecklades från början som en icke-kemisk metod att sanera jord men används nu vidare i växthus där alla ytor kan saneras. Den bygger på att temperaturen tillåts gå upp i växthuset under en begränsad tid, skadegörare och dess ägg ska dö av värmebehandlingen (Katana 2014). I de fall man har tomma hus under sommaren stängs alltså ventilationsluckorna helt och temperaturen tillåts stiga. Den höga temperaturen bör man hålla i ett par dygn och sedan öppnas ventilationsluckorna för att 7-10 dagar senare, åter stängas för en andra värmebehandling i ett par dygn om möjligt. Detta gör att man även kommer åt de puppor som eventuellt kommer att kläckas i mellantiden. Dessutom skonas växthusens inredning som kan ta skada av alltför höga temperaturer.

Även frost i växthuset kan i viss utsträckning verka sanerande i växthus. Har man tomt i husen under vintern och man har möjlighet att hålla en period av kyla i växthusen kan även detta verka sanerande mot vissa skadegörare. Detta gäller i första hand de insekter som normalt sett endast överlever i växthus under vintrarna i Sverige.

Klimatets betydelse vid växtskyddsbehandlingar

Eftersom skadegörarnas beteende påverkas av klimatfaktorer så kan detta utnyttjas vid applicering av pesticider. För att exempelvis komma åt de oftast svårbehandlade tripsen som dras till mörka stängda platser såsom blomknoppar och bladveck kan temperaturen höjas. Deras flygbeteende påverkas och flygningen ökar vid en högre temperatur. Genom att justera växthusklimatet kan en

effektivare bekämpning uppnås (Shipp et al. 2011). En ökad temperatur från 22-23°C till 26-28°C ger 25 % ökad effektivitet i bekämpningen eftersom de flyger mera i ett varmare klimat (Shipp et al. 2011).

Övriga kulturinsatser av betydelse

Det finns en del naturligt förekommande nyttodjur i naturen som man skulle kunna få nytta av om de etablerade sig även inne i växthuset. Landskapet runt växthusen avgör därför helt om man kommer få problem med inflygande växtskadegörare eller hjälp att behandla dem med naturligt förekommande nyttodjur (Messenlink et al. 2014). Genom att skapa en miljö utanför växthusen som gynnar naturligt förekommande nyttodjur så kan man få även dessa att ta sig in i växthusen och därmed få en naturlig bekämpning av de skadegörare som finns i omgivningen och som också flyger in i växthusen. Genom att plantera lämpliga växter runt växthusen kan generalistpredatorer i omgivningen gynnas, både genom att ha en tillflyktsort då kulturen säljs och genom att förökas upp för att kunna förse växthuset med nyttodjur (Messenlink et al. 2014).

Behov av fortsatta studier

Behovet av fortsatta studier är omfattande, då bara sporadiska aspekter av klimatets påverkan på insekter och predatorer har studerats. Efter litteraturgenomgång, intervjuer och egna observationer har några områden för fortsatta studier, av särskild vikt, identifierats.

Insektsnät övertrycksventilation och luftningsstrategier

Studierna i Danmark visade på kraftigt minskat skadetryck vid dynamisk klimatstyrning, främst på grund av minskad öppning av ventilationsluckorna (Jakobsen, L., et al., 2006), vilket indikerar att styrningen av ventilationsluckorna kan ha en viktig roll i skadetrycket utifrån. Insektsnät i ventilationsöppningarna blir allt vanligare, särskilt i länder med täta växthusbestånd så som Nederländerna. Det förhärskande sättet att dimensionera näten är att nätets maskstorlek skall vara mindre än det minsta skadedjuret som man vill stänga ute. Eftersom ett finmaskigt nät även bromsar ventilationen, är det många som drar sig för den dyra investeringen av rädsla för att temperaturen inte skall kunna hållas nere. Ett sätt att minska behovet av ventilation är att förse växthusen med övertrycksventilation, vilket innebär att fläktar blåser in luft i växthuset och därmed skapar ett övertryck i huset. Syftet är att minska energianvändningen vid små ventilationsbehov genom att ventilationsluckorna då inte behöver öppnas eller endast lite. Metoden bygger på att luft blåses in nere i plantskiktet, t.ex. genom slangar i grönsaksraderna eller under borden vid bordodling, och innebär ett kraftigt minskat behov av att öppna ventilationsluckorna, särskilt på våren då det fortfarande är kallt och torrt ute men patogener lämnar sin vinterdvala under soliga dagar. Det vore därför önskvärt med fördjupade studier inom ett antal områden när det gäller strategierna för ventilationsluckornas styrning i kombination med insektsnät och eller övertrycksventilation. Eftersom dynamisk styrning resulterar i högre dagtemperaturer, möjliggör det en större flexibilitet i hur och när man ventilerar. För att minska skadetrycket med hjälp av rätt luftstrategi behöver följande studeras:

- hur påverkas skadetrycket om det enbart ventileras på läsidan, jämfört med både lä- och vindsida,
- hur påverkas skadetrycket om luckorna, särskilt då vindsidan, hålls stängda under kritiska perioder, t.ex. årstider då patogener lämnar vinterdvala, lantbrukare skördar, eller vid specifika uteklimat då vi vet att skadegörarna flyger,
- finns det specifika tider på dygnet då skadegörare flyger och är mer aktiva, då man helt bör undvika att öppna ventilationsluckorna,
- finns det särskilt gynnsamma perioder att öppna ventilationsluckorna för att fånga in naturligt förekommande predatorer

- kan olika optiska egenskaper på insektsnätet ha en positiv effekt på skadetrycket i enlighet med studierna på UV-ljus och skuggnät (Ben-Yakir et al., 2014),
- kan insektsnät med större hålstorlek accepteras och vara fullgott skydd om det samtidigt kombineras med övertrycksventilation.

- kan övertrycksventilationen minska skadetryck vid traditionell klimatreglering
- kan övertrycksventilationen minska skadetrycket ytterligare vid kombination med dynamisk klimatreglering då ventilationsbehovet minskas som en följd av de högre dagtemperaturerna

Omgivningens påverkan av nyttodjursförekomsten i växthus

Det kan finnas en naturligt förekommande fauna av predatorer i miljön runt ett växthus. Den faunan borde kunna gynnas genom en genomtänkt utformning av omgivningen runt växthuset, både med avseende på växtval och utformning av miljön, t.ex. avstånd till olika växter, vindskydd, etc.

Klimatets betydelse för växtens försvarssystem

Traditionell klimatstyrning fokuserar på att optimera plantans tillväxt vilket kan göra att dess naturliga försvarssystem i form av biokemiska substanser minskar vilket i sin tur minskar dess förmåga att stå emot skadegörare.

Vid kraftig dynamisk klimatstyrning där temperaturen tillåts variera stort i relation till rådande ljusförhållanden kan plantans blad bli tjockare och mera läderaktiga vilket gör att förmågan att stå emot skadegörare kan ändras.

Klimatets betydelse för nyttodjurens förutsättningar

Traditionell dynamisk styrning fokuserar på en så optimal fotosyntes som möjligt vilket innebär högre temperatur och koldioxidhalter vid högre ljusintensiteter. Genom bättre kännedom om både växtskadegörarnas och nyttodjurens livscyklar, kan det finnas perioder på dygnet då vissa klimatparametrar inte skall styras efter plantans tillväxt, utan istället skall styras efter att undertrycka en växtskadegörare eller att gynna en predator. Det kan exempelvis gälla när på förmiddagen som temperaturen tillåts stiga, hur snabbt temperaturen skall sjunka på eftermiddagen, vilken nattetemperatur som ska hållas eller vilken maximal temperatur som kan tillåtas.

Samspel predator skadegörare

Samspelet mellan predator och skadegörare måste undersökas bättre. Nuvarande studier har främst fokuserat på varje organism för sig och inte på vilka temperatur, fuktighets och ljusintervall som skapar ett så stabilt samspel som möjligt mellan olika organismer.

Diskussion och slutsatser

Det finns en stor potential i att utnyttja möjligheten att kunna styra klimatet fullt ut i växthus. Möjligheten att kunna optimera temperatur och luftfuktighet utifrån ett växtskyddsperspektiv måste därför utnyttjas bättre, så att behovet av kemiska växtskyddsmedel kan minskas ytterligare i förhållande till dagens nivåer.

Forskning pågår inom flera olika områden men hur väl olika strategier kan förenas och sättas samman till en samlad integrerad växtskyddsstrategi är oklar. Det finns idag stora kunskapsluckor i hur klimatet i växthus ska styras för att optimera samspelet och dynamiken mellan skadegörarna och de biologiska växtskyddsinsatserna. Större fokus behöver läggas på hur odlarna kan optimera klimatet i växthuset för växterna och nyttodjuret samt försvåra etableringen och förökningen av skadegörarna. Ett förändrat synsätt där man även tar hand om det biologiska systemet och inte bara växterna behöver införas. För att uppnå detta måste mer interdisciplinär forskning kring hur odlarnas styrning påverkar skadegörarna och nyttodjuret och deras utveckling. Även mer forskning kring betydelsen av temperatur, fuktighet, ljus och dagslängd behöver tas fram för fler av de nyttodjur som

används i växthus idag. Grundforskning kring vid vilka temperaturer som nyttodjuret dör och vilka temperaturer som är deras optimala temperaturer är oftast tillgängliga men hur klimatfaktorerna i kombination påverkar predatorernas effektivitet i samspel med nyttodjuret saknas (Prado et al. 2015).

Genom att använda dynamisk klimatstyrning på ett klokt sätt kan behovet av kemisk tillväxtreglering minska. Om klimatfaktorerna såsom maximal dagtemperatur, nattemperatur, tillåtet fuktighetsintervall, mörkerperiod, ljusintensitet, ventilationsintervall samt luftfuktigheterna anpassas till såväl skadegörare som nyttodjurs optimum för överlevnad och förökning kan behovet av kemiska växtskyddsinsatser minska. Utnyttjas dessutom klimatfaktorerna för sanering och optimala betingelser vid applicering av växtskyddsmedel kan behovet ytterligare minska. Genom att sätta in insektsnät i ventilationsluckorna kan delar av växtskadetrycket också minska och sammantaget skapas en god integrerad växtskyddsstrategi där klimatstyrningen har en central roll.

Rekommendationer

Med befintlig kunskap inom området kan följande odlingsrekommendationer redan nu ges. Dessa kan reducera behovet av kemiska växtskyddsinsatser. Samtliga av följande råd måste dock anpassas till de kulturkombinationer som finns i respektive odling och det odlingsystem man har.

- Om man under sommaren har perioder då husen står tomma eller då man byter kultur i ett hus bör sanering med solarisation göras.
- Använd dynamisk klimatstyrning så extremt som kulturen klarar av men tag reda på om det finns information kring temperatur, fuktighet och ljusoptimum för de nyttodjur som används och anpassa nattemperaturen samt den tillåtna maximala dagtemperaturen efter detta.
- Om möjligt skapa en biotop utanför växthusen som minskar skadetrycket in till växthusen.
- Vid växtskyddsbehandlingar med nyttodjur, stäng av fläktarna tills etablering har skett, och då flytande växtskyddsmedel appliceras höj temperaturen i husen så att de är mera flygaktiva och därmed träffas lättare.
- Montera insektsnät i ventilationsöppningarna.

Referenser

- Ben-Yakir, D., Antignus, Y., Offir, Y. & Shahak, Y. (2014). Photosensitive nets and screens and reduce insect pests and diseases in agricultural crops. *Acta Horticulturae*, vol. 1015, ss. 95-102.
- Cleanlight (2016-05-24). *Clean Light*. Tillgänglig: <http://www.cleanlight.nl/?page=about-clean-light>.
- Körner, O. & Jakobsen, L. (2006). A thrips pest pressure model for greenhouse climate control. *Acta Horticulturae*, vol. 718, ss. 407-414.
- Jakobsen, L., Brogaard, M., Enkegaard, A., Brødsgaard, H.F. & Aaslyng, J.M. (2006). Dynamic and traditional greenhouse climate regimes: influx of thrips (Thysanoptera). *HortScience*, vol. 41 (2), ss. 389-393.
- Katana, J. (2014). Three decades of soil solarization: Achievements and limitations. *Acta Horticulturae*, vol. 1015, ss. 69-78.
- Lenteren, J.C. (2000). A greenhouse without pesticides: fact or fantasy? Review article. *Crop protection*, vol. 19, ss. 375-384.
- Löfkvist, K. & Nielsen, M., J. (2013). *Retardering av julstjärna med hjälp av dynamisk klimatstyrning och morgondropp*. Rapport LRF, Monor use.

- Löfkvist, K. & Nielsen, M., J. (2014). *Retardering av pelargon med hjälp av dynamisk klimatstyrning och morgondropp*. Rapport LRF, Minor use.
- Messelink, G.J., Bennison, J., Alomar, O., Ingegno, B.L., Tavella, L., Shipp, L., Palevsky, E. & Wäckers, F.L. (2014). Approaches to conserving natural enemy populations in greenhouse crops: current methods and future prospects Review. *BioControl* vol. 59, ss.377-393.
- Prado, S.G. Jandricic, S.E. & Frank, S.D. (2015). Ecological interactions affecting the efficacy of aphidius colemani in greenhouse crops. *Insects* Issn 2075-4450, vol. 6, ss. 538-575
- Shipp, J.L. Ward, K.I. & Gillespie, T.J. (1996). Influence of temperature and vapour pressure deficit in the rate of predation by the predatory mite, *Alysiidius cucumeris*, om *Franklinella occidentalis*. *Entomologia experimentalis et applicata* vol. 78, pp.31-38.
- Shipp, L. Johansen, N., Vänninen, I. & Jacobson, R. (2011). Greenhouse Climate: an important consideration when developing pest management programs for greenhouse crops. *Acta Horticulturae*, vol. 893 ss. 133-143.
- Shipp, J.L., Zhang, Y., Hunt, D.W.A. & Ferguson, G. (2003). Influence of humidity and greenhouse microclimate on the efficacy of *Beauveria bassiana* (Balsamo) for Control of greenhouse arthropod pests. *Environmental entomology*, vol. 32 (5), ss. 1154-1163.
- Tantau, H.J. & Lange, D. (2003). Greenhouse climate control: an approach for integrated pest management. *Computer and electronics*, vol. 40 (1-3) ss. 141-152.
- Vänninen, I., Pinto, D.M. Nissinen, A.I., Johansen, N.S. & Shipp, L. (2010). In the light of new technologies:1. Plant-mediated effects of artificial lighting on arthropods and tritopic interactions. *Annals of applied biology*, vol. 157 (3) ss. 393-414.