



Sveriges lantbruksuniversitet
Swedish University of Agricultural Sciences

Fakulteten för landskapsarkitektur, trädgårds-
och växtproduktionsvetenskap

Drosophila suzukii

- Utveckling av bekämpningsmetoder för fruktad fluga

Drosophila suzukii

- Development of control methods for dreaded fly

Mikaela Bergemalm



Självständigt arbete • 15 hp

Trädgårdsingenjör:odling – kandidatprogram

Alnarp 2016

Drosophila suzukii

- Utveckling av bekämpningsmetoder för fruktad fluga

Drosophila suzukii

- Development of control methods for dreaded fly

Mikaela Bergemalm

Handledare: William B. Walker, Institutionen för Växtskyddsbiologi vid SLU

Btr handledare: Alix Whitener, Washington State University, Department of Entomology

Examinator: Paul Becher, Institutionen för Växtskyddsbiologi vid SLU

Omfattning: 15 hp

Nivå och fördjupning: G2E

Kurstitel: Kandidatarbete i trädgårdsvetenskap

Kurskod: EX0495

Program/utbildning: Trädgårdsingenjör:odling – kandidatprogram

Utgivningsort: Alnarp

Utgivningsår: 2016

Omslagsbild: Spotted-wing *Drosophila* (*Drosophila suzukii*) male av Martin Cooper (CC BY 2.0)

Elektronisk publicering: <http://stud.epsilon.slu.se>

Nyckelord: *Drosophila suzukii*, Spotted wing *Drosophila*, SWD, ovipositor, yeast, bait trap, chemical lure, natural enemies, economic impact

SLU, Sveriges lantbruksuniversitet

Fakulteten för landskapsarkitektur, trädgårds- och växtproduktionsvetenskap

Institutionen för biosystem och teknologi

Förord

Som student befinner man sig i en skyddad "bubbla" som ofta känns tillfreds att vara i. Dock är det sällan man får chans till kontakt med verkligheten. Genom detta arbete har jag fått upptäcka världen utanför skolområdet och fått möjlighet till kontakt med oerhört kunniga personer,- forskare som rådgivare.

Under mina snart tre år som studerande på Alnarp har mitt intresse för växtskydd kommit att utvecklas. Det är intressant hur den mänskliga faktorn kan spela en avgörande roll för växter-, djur-, miljö- och människors framtid. Ämnet för arbetet var något jag funderat över men som jag samtidigt hade lite vetskap om. Jag förstod att problematiken på området var alarmerande och att mycket forskning fortfarande pågår. Följaktligen tänkte jag: vad är inte mer motiverande än att skriva om ett ämnesområde som vi ännu inte vet svaret på? Tillslut föreslog Peter Witzgall att jag borde skriva om *Drosophila suzukii*, och därmed var mina funderingar över.

Jag vill varmt tacka William B. Walker, Peter Witzgall, Alix Whitener, Boyd Mori, Sanja Manduric och Magnus Engstedt för att ni tog er tid till viktiga samtal. Samtliga involverade har hjälpt mig med att uppnå ett färdigställt resultat. Jag vill även tacka de respondenter som svarade på enkätundersökningen, trots att ingen av er kommer att kunna läsa detta på grund av utländsk härkomst. Ett särskilt tack vill jag slutligen rikta till min handledare William B. Walker och Peter Witzgall, som båda varit involverade i att guida mig genom arbetets gång. William har gett mig goda råd och alltid funnits kontaktbar om jag har haft frågor. Likaså hade enkätundersökning, intervjuer och kontaktadresser till hela världen varit omöjligt att få tag på utan Peters hjälp. Jag önskar att jag åter igen kommer i kontakt med ovan nämnda i framtiden!

Mikaela Bergemalm

Mars 2016

Sammanfattning

Den globala uppvärmningen och den ökade handeln mellan länder är den största anledningen till att främmande arter introduceras nya ekosystem. Den invasiva arten, *Drosophila suzukii*, orsakar i nuläget stora ekonomiska förluster för bär- och fruktodlare världen över. Tvåvingearten har sitt ursprung i Asien och har blivit en betydelsefull skadegörare på grund av flygans hastiga spridningsförmåga samt evolutionära tillgångsförmåga att angripa omogen frukt. Till skillnad från ett flertal arter inom *Drosophilidae*, som vanligtvis konsumerar övermogen frukt, angriper *D. suzukii* bär och frukt under mognadsfas. *D. suzukii*s omfattande spridning på kort tid har resulterat i ökat behov av alternativa bekämpningsmetoder. Syftet med studien är att ta reda på vilka bekämpningsmetoder som finns tillgängliga för *D. suzukii* och vad det forskas om gällande bekämpningsstrategier. Arbetet ska även uppskatta Sveriges framtida påverkan av *D. suzukii*.

Studiens resultat har tagits fram genom litteraturstudier, semistrukturerade kvalitativa intervjuer samt med hjälp av en enkätundersökning. Enkätundersökningen visade att det för närvarande finns ett otillräckligt utbud av biologisk bekämpning på marknaden, att flugan utgör stor ekonomisk skada och att det finns ett alarmerande behov av vidare utveckling av bekämpningsmetoder. Idag används övervakningsfällor för prognos av *Drosophila suzukii*-populationer. Forskare har upptäckt att olika jästarter attraherar *D. suzukii* och kunskapen kring området kan medföra att framgångsrika bekämpningsmetoder utvecklas. Predatorer och entomopatogena svampar kan i framtiden fungera som biologisk bekämpning, men vidare forskning kommer att behövas för att det ska vara praktiskt genomförbart. Det finns brist på mer skonsamma bekämpningsmetoder då *D. suzukii* idag bekämpas i stor utsträckning med insekticider. Slutligen kommer nyckeln till en lyckad bekämpning av *D. suzukii* bygga på en samordnad bekämpning bestående av flera åtgärder.

Summary

Global warming and increased trade between countries are the main reasons why exotic species are introduced to new ecosystems. The invasive species, *Drosophila suzukii*, is now causing significant economic hardship for berry- and fruit growers worldwide. This fly originated in Asia and has become a major pest because of the fly's ability to rapidly spread and evolutionary asset for infesting unripe fruit; unlike a number of species within the *Drosophilidae* family, who normally consume over ripe fruit, *D. suzukii* attacks berries and fruit during maturation. *D. suzukii*'s extensive spread in a short time has resulted in increased need for alternative pest control management. The purpose of this study is to find present control strategies against *D. suzukii* and summarize what is still being researched. The work also gives attention to the impact of *D. suzukii* in Sweden.

Study results were obtained through literature study, semi-structured qualitative interviews and use of a questionnaire. The survey showed that there is currently an inadequate supply of biological control on the market, the fly represents great economic damage and that there is an urgent need for further development of control methods. Today, monitoring traps are used to forecast *Drosophila suzukii*- outbreak potential. Scientists have discovered that different yeast species attract *D. suzukii* and knowledge within this area can lead to the development of successful control methods. Predators and entomopathogenic fungi may, in the future, serve as biological control, but further research will be needed for it to be practical. There is a shortage of more environmentally sustainable control methods, as *D. suzukii* is fought largely with insecticides. Finally, the ultimate key to successful control of *D. suzukii* is based on implementation of various control measures, a coordinated fight.

Innehållsförteckning

1. Introduktion	
1.1 Bakgrund.....	1
1.1.2 Fluga hotar frukt- och bärödling.....	2
1.1.3 Morfologi.....	4
1.2 Syfte och frågeställning.....	4
2. Material och metod	
2.1 Litteraturstudie.....	5
2.2 Intervju.....	5
2.3 Intervjurespondenter.....	6
2.4 Enkätundersökning.....	6
3. Resultat	
3.1 <i>Drosophila suzukii</i> introduceras i Sverige.....	6
3.2 Övervintring.....	7
3.3 Hygienåtgärder.....	8
3.4 Nättäckning.....	9
3.5 Insekticider.....	9
3.6 Naturliga fiender och patogener.....	11
3.7 Mikroorganismer.....	13
3.7.1 Övervakning och prognos.....	15
3.7.1.1 Fällor betade med livsmedel.....	15
3.7.1.2 Fällor betade med kemiskt framställda doftämnen.....	16
3.7.1.3 Utfomning av fälla.....	17
3.8 "Attract and kill".....	19
3.9 Resultat från enkät.....	21
4. Diskussion	
4.1 Förebyggande åtgärder.....	24
4.2 Insekticidproblematik.....	24
4.3 Biologiska bekämpningsmetoder.....	25
4.4 Fångstfällor.....	26

4.5 Kombination av jäst och insekticid.....	27
4.6 Framtida utsikter.....	28
5. Slutsats.....	29
6. Litteraturlista.....	30
6.1 Icke publicerat material.....	35
6.2 Enkätundersökning- respondenter.....	35
6.3 Bilder.....	36
7. Bilagor	
7.1 Intervju A.....	37
7.2 Intervju B.....	40
7.3 Intervju C.....	43
7.4 Intervju D.....	48
7.5 Enkätfrågor.....	50

1. Introduktion

1.1 Bakgrund

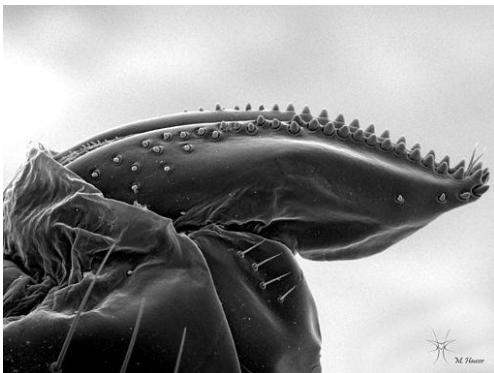
Olika arter introduceras ideligen till främmande geografiska områden som inte är det naturliga utbredningsområdet för dem (Scalera et. al 2012). Detta betyder inte att samtliga arter blir invasiva. Ett större antal arter saknar förmåga att anpassa sig till den nya miljön och dör till följd av detta. Vad som karakteriserar en invasiv art kan bland annat vara artens negativa påverkan på inhemska arter, förmåga att överföra parasiter och patogener och sexuell reproduktion med andra individer (hybridisering). Att skydda internationella gränser för risken att sprida invasiva arter blir allt svårare i dagens situation (Perrings et. al 2005). De aktörer som orsakar främmande arters spridning bär sällan det juridiska ansvaret. Kostnader för skador orsakade av invasiva arter är en sidoeffekt av den internationella handeln. Generellt är invasiva arter kända för att orsaka båda ekonomiska- samt ekologiska konsekvenser. Ekonomiska konsekvenser är dock lättare att upptäcka i ett tidigare skede, då problem rapporteras omgående av berörda personer. Problemet med invasiva arter har blivit ett alltmer utbrett problem till följd av globaliseringen (Perrings et. al 2005). Ökad handel mellan länder har resulterat i att större antal nya arter introduceras främmande ekosystem. Trots detta är det endast en liten andel av de introducerade arterna som utgör hot i det främmande geografiska området, men de arter som utgör skada kan komma att orsaka stora förluster.

Invasiva arter kan introduceras oavsiktligt eller avsiktligt (Scalera et. al 2012). Tvåvingearten *Drosophila suzukii*, eller som på svenska går under namnet körsbärsättiksflugan, är ett exempel på en oavsiktligt introducerad invasiv art som sannolikt spridit sig med importerad frukt (SJV 2014). *D. suzukii* är nära besläktad med den välkända bananflugan, (*Drosophila melanogaster*), som vanligtvis kan upptäckas cirkulera runt fruktskålarna. *D. suzukii* är till utseendet även lik *D. melanogaster* men trots detta skiljer sig arten i många avseende från sin släkting. Medan ett flertal arter inom *Drosophilidae* såsom bananflugan, konsumerar övermogen frukt, angriper *D. suzukii* bär och frukt under mognadsfas (SJV 2014). Detta leder i sin tur till stora skördeförluster med ekonomisk negativ påföljd för odlarna. Kostnader som krävs för åtgärder mot skadedjuret är direkt relaterade till nivån av skador den utgör (Scalera et. al 2012). *Drosophila suzukiis* snabba reproduktion och artens anpassning och förmåga att överleva låga temperaturer gör att den utgör ett stort hot för ett flertal länder i världen (Quarles 2015).

Den globala uppvärmningen och den ökade handeln med frukt och bär över havet är en respons på *D. suzukii*'s hastiga spridning. Den globala uppvärmningen har för många insekter lett till utveckling av fler generationer än tidigare. Bristen på naturliga fiender för arten och det låga utbudet av biologiska bekämpningsmetoder gör att problematiken förvärras.

1.1.2 Fluga hotar frukt- och bärödling

Drosophila suzukii föredrar oskadad frukt och bär som är under mognadsfas (Rota-Stabelli et. al 2013). Honan lägger ägg i frukten med hjälp av ett ägglägningsrör som penetrerar fruktskalet, se **Figur 1**. Förmågan att kunna lägga ägg i oskadad och mogen frukt beror på det ovanliga utseendet på *D. suzukii*-honans ägglägningsrör (Atallah et. al 2014). Det finns dock lite forskning om det evolutionära ursprunget till organets struktur. Ägglägningsröret ger en adaptiv fördel för arten då larverna kan utvecklas och utfodras av frukt- och bär som inte finns tillgängligt för andra *Drosophila*-arter. Skadan uppstår då *D. suzukii*-larver utvecklas inuti frukten och resultatet blir en förstörd skörd som inte längre anses säljbar (Rota-Stabelli et. al 2013). *Drosophila suzukii* är även problematisk då arten är en polyfag



skadeinsekt som utgör stort hot för ett flertal kulturer. Exempel på frukt och bär flugan angriper är: druvor, persika, plommon, aprikos, körsbär, vinbär, hallon, blåbär, björnbär med mera. Arten kan dessutom utveckla 10-15 generationer per år. (Cini et. al 2014).

Figur 1. Honans ägglägningsrör

Fotograf: Martin Hauser

Honan kan lägga upp till 400 ägg under sin livstid (SJV 2014). Under gynnsamma förhållanden kan ägg kläckas efter endast ett fåtal timmar. Larverna lever av fruktköttet och kan under goda förhållanden fullborda sin utveckling under 3-13 dagar. I svenskt klimat är det troligt att *D. suzukii* utvecklar färre generationer. Tidiga sorter av bär såsom jordgubbar, kan skonas av flugans angrepp, då populationen i Sverige hittills ansetts vara låga. Trots detta utgör arten fortsättningsvis ett stort hot för frukt- och bärödling i framtiden, även i Sverige.

Drosophila suzukii, eller som på engelska nämns vid spotted wing drosophila, har fått sitt trivialnamn efter hanens mörka fläck på vardera vinge (Rota- Stabelli et. al 2013). Arten har sitt ursprung i Sydostasien och år 1931 beskrevs flugan för första gången av japanen Matsumura (Hauser 2011). Några år senare hittades de första publikationerna om skadeangrepp av *D. suzukii*. Arten upptäcktes även i Korea, Thailand och i Indien. I Oahu, Hawaii upptäcktes *D. suzukii* år 1980 och rapporter intygade att arten spridit sig till ett flertal andra öar på Hawaii. *Drosophila suzukii* rapporterades finnas på kontinenten i USA och i Europa samma år, 2008.

Det är väldigt svårt att okulärt bedöma om frukten är angripen av *Drosophila suzukii* eller inte (Gerdeman och Tanigoshi 2011). Larvernas gömda habitat inuti frukten gör det svårt att upptäcka skador. Många gånger är det efter skörd och transport ett angrepp kan konstateras. Invasionen av *D. suzukii* betyder nu allvarliga ekonomiska konsekvenser för hela världen (Cini et. al 2014). De första kända skadorna på frukt och bär i Europa, orsakade av flugan, upptäcktes 2009 i provinsen Trento, Italien. I endast Trento-provinsen hade sammanlagt 400 ha av odlingar drabbats av angrepp (Cini et. al 2014). Förluster för området uppgick till ca 500 000 euro år 2010, och följande år 3 miljoner euro. Även några av de drabbade odlarna i USA har rapporterat skördeförluster på totalt 80%, orsakad av *D. suzukii* (Walsh et. al 2011). Under 2008 svarade Kalifornien, Oregon och Washington för nästan all konventionell produktion av hallon och björnbär i USA. 84% av all körsbärsproduktion, 83 % av jordgubbsproduktionen samt 26 % av blåbärsproduktionen sker i delstaterna. De fem kulturer i Kalifornien, Oregon och Washington motsvarar 76 % av USA:s totala produktion av bär. Det uppskattade värdet för produktionen är ca 2, 6 billioner dollar. Ekonomiska förluster beräknas kosta USA ca 500 miljoner dollar årligen (Bolda et al. 2010).



Figur 2. Körsbär med skador efter äggläggning av *D. suzukii*. Fotograf: Martin Hauser

1.1.3 Morfologi

Drosophila suzukii-honan har ett tandat ägglägningsrör som kan liknas vid en såg (Rota-Stabelli et. al 2013). Organet gör det möjligt för honan att penetrera förhållandevis hårt fruktskal av mogen och färsk frukt. Hanen kännetecknas vid dess fläckiga vingar. Det är emellertid lätt att förväxla *D. suzukii* med andra arter av *Drosophila*-släktet (Van Timmeren et. al 2012). En vuxen individ av *D. suzukii*-flugan har 2-3 mm lång, rundad bakkropp. Till



färgen är arten något brun eller ljusgul och har röda ögon. Honan är svårare att identifiera då den inte har några fläckar på sitt vingpar, se **Figur 3**. Honan har ett längre ägglägningsrör i jämförelse med andra arter i släktet. Båda könen är försedda med mörka vertikala band som omger flugans buk. Hanen har även två mörka band på vardera framben, till skillnad från många andra *Drosophila*-arter, som endast är försedda med ett mörkt band.

Figur 3. *Drosophila suzukii* (hona) Fotograf: Martin Cooper

Levnadsstadier för *Drosophila suzukii* är ägg, larv, puppa och vuxen individ (Quarles 2015). En hona lägger i snitt 1-3 ägg per ägglägningsplats (Mitsui et. al 2006). Antalet ägg honan lägger varierar beroende på mognadsgrad på frukten. När frukten är tillräckligt mogen och redo att skördas är det störst risk att honan lägger ägg i den. Honans äggläggning ökar i takt med att brixnivån i frukten stiger (Mitsui et. al 2006). En frukt eller ett bär kan innehålla larver från ett stort antal olika *D. suzukii*-honor.

1.2 Syfte och frågeställning

Drosophila suzukiis omfattande spridning på kort tid har resulterat i ökat behov av alternativa bekämpningsmetoder för att hålla nere populationen. Syftet med studien är att ta reda på vad det existerar för bekämpningsstrategier mot *D. suzukii* i nuläget och vad det

fortfarande forskas om. Arbetet ska även uppskatta Sveriges påverkan av arten. Följande frågor som ska besvaras under arbetets gång är:

- Vilka bekämpningsstrategier forskas det om för att kunna bekämpa *D. suzukii*?
- Vad finns det för strategier som används i nuläget för att bekämpa den invasiva arten?

2. Material och metod

Arbetet är en sammanställning med information hämtat från vetenskapliga tidskrifter, intervjuer samt från en enkätundersökning. Eftersom det i nuläget pågår mycket forskning gällande *Drosophila suzukii* så möjliggörs chansen till relevant och aktuell information lättare med hjälp av intervjuer. Arbetet består av sammanlagt fyra kvalitativa intervjuer där information ges om den aktuella situationen för *D. suzukii*, vilka problem som flugan orsakar och framtida lösningar.

2.1 Litteraturstudie

De vetenskapliga artiklar som ligger till grund för en del av arbetet har hämtats från ett antal olika databaser. Exempel på databaser som har använts är Web of Science, Primo och Google Scholar. Till hjälp har biträdande handledare och handledare förslagit litteratur som ansetts relevant. Samtliga källor är engelska med ett fåtal undantag.

2.2 Intervju

Intervjuerna är baserade på en semistrukturerad kvalitativ forskningsintervju, där respondenterna får möjlighet till personliga och utförliga svar (Trost 1993). Urvalet av frågor som ställts under intervjuerna har formulerats på egen hand, med handledning av William B. Walker och Peter Witzgall. Frågorna har varit varierande beroende på vem som intervjuats. Detta beror på att de tillfrågade besitter olika kunskaper beroende på vilket arbetsområde de jobbar med. Tre intervjuer ägde rum med fysisk närvaro varav en intervju skedde via mejlkontakt. De personliga intervjuerna spelades in i det syfte att säkerställa korrekt berättad version. Intervjuerna finns integrerad i den löpande texten och refereras med bokstäver A-D. De följande stycken som hämtats från en eller ett flertal intervjuer inleds med ett citat inom citationstecken, för att förtydliga att källan är intervjubaserad. Kompletta innehåll från intervjuerna finns efter referenslistan i form av bilagor.

2.3 Intervjurespondenter

Intervju (A) Alix Whitener

Mrs. Alix Whitener kommer från USA och är doktorand vid Washington State University, Wenatchee. Hon utför försök hos avdelningen för kemisk ekologi vid institutionen för växtskyddsbiologi, SLU i Alnarp.

Intervju (B) Boyd Mori

Dr. Boyd Mori kommer från Kanada och gör sin postdoctoral-studie vid avdelningen för kemisk ekologi vid institutionen för växtskyddsbiologi, SLU i Alnarp.

Intervju (C) Sanja Manduric

Sanja Manduric arbetar på Jordbruksverket som rådgivare.

Intervju (D) Magnus Engstedt

Magnus Engstedt arbetar på Länsstyrelsen i Jönköping som trädgårdskonsulent.

2.4 Enkätundersökning

Diagrammen som redovisas i slutet av resultatdelen ligger till grund för en enkätundersökning som besvarades av 10 st respondenter. Respondenterna valdes ut personligen och med hjälp av Peter Witzgall. De personer som kontaktades var i största mån ”corresponding authors” till ett flertal av de artiklar som går att finna i litteraturlistan. Sammanlagt besvarades 8 st enkätfrågor och skalindelningen för frågeformuläret var 1-5. Frågorna berörde olika problem gällande *Drosophila suzukii*.

3. Resultat

3.1 *Drosophila suzukii* introduceras i Sverige

”*Drosophila suzukii* har upptäckts i hallon, blåbär, björnbär, vinbär, fläder och plommon i Sverige” (Intervju C)

Drosophila suzukii angriper tunnskaliga frukter och bär. *D. suzukii* har upptäckts i hallon, blåbär, björnbär, vinbär, fläder och plommon i Sverige. Några skador på körsbär har ännu inte konstaterats i Sverige. Detta beror emellertid på att körsbären var färdigplockade innan flugan var aktiv i fält. Ett fåtal *D. suzukii*-flugor upptäcktes efter skörd men inga skador finns hittills rapporterade på körsbär. Körsbärsodlare måste dock vara uppmärksamma

eftersom flugan kan påbörja sin flygning tidigare på säsongen år 2016, framför allt om sommaren blir varm. Dessutom ökar populationerna för varje år. Utöver bär i odlingarna angriper flugan vilda växter i omgivningen utanför odlingarna. *D. suzukii*-flugan angriper till exempel kornell och andra prydnadsväxter som bildar bär. Sena jordgubbsorter, remonterade jordgubbar, kan vara i riskzon för *D. suzukiis* angrepp. Dock finns det en chans att tidigare jordgubbssorter kan skonas på grund av att flugan vanligtvis angriper senare på säsongen. (Intervju C)

”Drosophila suzukii har påträffats i 12 av 13 odlingar i Skåne” (Intervju C)

Drosophila suzukii hotar svensk frukt- och bärödling. Flugan har påträffats i 12 av 13 odlingar i Skåne. Flugan har trots detta inte upptäckts i något annat landskap förutom Skåne. Längst norrut arten påträffats i Sverige är på gränsen till Blekinge. Vid olika tillfällen samlades bär in för att undersöka om de innehöll *D. suzukii*-larver. Upptäckten visade tidigt därefter att det fanns det. Det har även skett en regelbunden kontakt med Danmark under säsongerna. Danmark upptäckte flugan en vecka efter att rapporter publicerats att den påträffats i Sverige. Efter det hängde även danska intressenter upp fällor och hittade *D. suzukii* omedelbart. Under 2015 har Danmark gjort inventeringar och de har funnit relativt stora populationer av arten. I Norge har de gjort mindre försök och hängt upp fällor i bärödlingar men de har ännu inte upptäckt flugan. (Intervju C)

”D. suzukii-flugan har troligen spridit sig med hjälp av importerad frukt” (Intervju A)

I Sverige upptäcktes arten för första gången i Lund i slutet av augusti, 2014. Forskare tror att *Drosophila suzukii* har spridit sig med hjälp av importerad frukt. Arten uppskattas ha etablerat sig 1980 på Hawaii-öarna. Forskare har jämfört populationer av *D. suzukii* på Hawaii-öarna, i USA och i Asien. Det finns analyser där flugornas genotyper har studerats och de tyder på att *D. suzukii* troligtvis spridits från Asien till USA. Alltså har arten troligtvis inte spridit sig från Hawaii till USA. (Intervju A, B, C)

3.2 Övervintring

Studier har visat att *Drosophila suzukii* är som mest aktiv vid en temperatur på 20 grader (Walsh et. al 2010). Detta är även optimal temperatur för reproduktion inom arten. Vid 30

grader och högre reduceras flugans aktivitet. Vuxna individer har bevisats kunna utstå mer kyla än larver och puppor. Det är vuxna individer av *D. sukukii* som övervintrar till kommande säsong (Quarles 2015). För att överleva måste *D. sukukii* få tillgång på föda med näringsämnen som upprätthåller flugans metabolism (Kacar et. al 2015). Födan är nödvändig för artens överlevnad vintertid.

”Det är inte helt säkert hur *Drosophila sukukii* övervintrar” (Intervju C)

Det antas att *Drosophila sukukii* söker sig till olika bebyggelser för att söka skydd inför vintern. Helst söker sig flugan till platser där det är frostfritt och där den kan få skydd mot uttorkning. På ett möte i Köpenhamn klargjordes att larverna kan tåla ned till 17 minusgrader. Dessutom finns det alltid övervintringsställen som är betydligt varmare och därför tror man att klimatet nödvändigtvis inte behöver vara en begränsande faktor. *D. sukukii* kan klara av hårdare kyla men det beror på hur låga temperaturerna blir och under hur lång tid. Fasen i flugans livscykel spelar en avgörande roll för hur mycket kyla den klarar av. Det är vuxna individer, främst parade honor som övervintrar. Mellan 2014-2015 lyckades *D. sukukii* övervintra framgångsrikt i Sverige och det berodde antagligen på den milda vintern. Under tidig vinter 2015 var det förhållandevis varmt och detta kan ha resulterat i att *D. sukukii* har hunnit invintra i god tid. (Intervju C & D)

”Det är ej sannolikt att *D. sukukii*-flugan kan utveckla lika många generationer som i varmare klimat” (Intervju D)

Det är ej sannolikt att *D. sukukii*-flugan kan utveckla lika många generationer i Sverige som i varmare klimat. Detta gäller generellt för många insekter. Sverige har ett kallare klimat än vid sydligare breddgrader och därmed kortare säsong med lägre temperatursummor. Antal generationer kan trots allt variera beroende på hur temperaturen ser ut för olika år. *D. sukukii* är klimattålig och kan uthärda mycket tuffa och kalla förhållanden. Ett år med mer extrema väderförhållande och med ihållande kyla kan således minska populationen. (Intervju A, C, D)

3.3 Hygienåtgärder

En av de viktigaste förebyggande åtgärderna för att förhindra *Drosophila sukukiis* angrepp i fält är hygienåtgärder (Quarles 2015). Fukt bör skördas i ett tidigt skede och ingen fukt

bör lämnas kvar i fältet. Angripen frukt måste destrueras och får inte komposteras. Kompostering kan tillåta *D. suzukii* att fullfölja sin livscykel och följaktligen sprida sig. Skadad frukt eller frukt som fallit till marken bör placeras i plasthinkar med förslutet lock eller i förslutna plastsäckar (Lee et. al 2011, Intervju C). Eftersom *D. suzukii*-flugorna är väldigt känsliga för uttorkning kan plastpåsar eventuellt lämnas i solbelyst läge för att på så sätt döda dem (Hampton et. al 2014). Att gräva ned angripen frukt är inte att föredra då de vuxna *D. suzukii*-flugorna kan leta sig upp till markytan (Lee et. al 2011).

3.4 Nättäckning

Tillämpning av nättäckning för att stänga ute *Drosophila suzukii* fysiskt kan fungera som en förebyggande åtgärd (Asplen et. al 2015). Rekommenderad maskstorlek på näten kan exempelvis vara 1*1 mm och för att nätet ska uppfylla sin funktion måste det läggas på i god tid innan frukt och bär hunnit mogna (Lee et. al 2011). Strategin har visats fungera framgångsrikt i blåbärsodling i nyligen gjorda försök från Kanada (Cormier 2015). I försöket hittades inga vuxna individer i agnade fällor innanför nättäckningen. Dock hittades 16 vuxna *D. suzukii*-flugor i fällorna utanför nätet. Resultatet från forskningsprojektet visar god potential för nättäckning som åtgärd för att förhindra skador av *D. suzukii*.

3.5 Insekticider

I konventionella frukt- och bärodlingar i USA hanteras problemet med *Drosophila suzukii* främst med hjälp av insekticider (Asplen et. al 2015). Som gensvar till det ökade problemet med *D. suzukii* börjar odlare bespruta schematiskt för att hålla populationer under kontroll (Van Timmeren & Isaacs 2013). Selektiva bekämpningsmedel har i större omfattning bytts ut till bredverkande insektsmedel. Tre klasser av registrerade insekticider- organofosfater, pyretroider och spinosyner anses ha inverkan på reducering av *D. suzukii* (Beers et. al 2011). Två kemikalier som används i insekticider är malathion (organofosfat) och zeta-cypermethrin (syntetisk pyretroid) (Bolda et al 2010). Växtskyddsmedel bestående av neonicotinoider har även visat kunna döda ägg och larver av flugan (Beers et. al 2011). Dock har neonicotinoider använts i en begränsad omfattning eftersom de uppfattas vara

mindre effektiva mot *D. suzukii*. Inom den integrerade produktionen försöker man undvika ett schematiskt besprutande i största mån.

I USA är insekticiden spinosad ett registrerat bekämpningsmedel för ekologisk odling av frukt och bär (Knight et al. 2015). Verksamt ämne i spinosad är substanser som producerats av bakteriearten *Saccharopolyspora spinosa* (Mertz & Yao 1990). Spinosads komposition härrör ursprungligen genom fermentering av *S. spinosa*. Spinosad består av metaboliterna spinosyn A och D (Kirst 2010). Medlet används i stor utsträckning av odlare i USA på grund av bristen på alternativa metoder (Knight et al. 2015). Enligt en undersökning av Williams et. al (2003) visades spinosad kunna verka måttligt skadligt till skadligt för 25 olika arter av parasitoider. 78% av parasitoiderna i laboratorium respektive 86% i fält reagerade måttligt negativt på spinosad. Parasitoiderna visade känslighet för preparatet genom utvecklad sterilitet eller minskad livslängd. Dock anses spinosad vara mer skonsamt mot omgivningen jämfört med andra preparat. Jämfört med andra insekticider anses spinosyner ha större selektivitet på *D. suzukii* och i mindre grad för predatorer, däggdjur, vattenlevande djur och fåglar (Kirst 2010).

För närvarande finns det begränsat med publicerad information om hur omfattande risken för resistens av *Drosophila suzukii* kan tänkas bli (Asplen et. al 2015). Rotation av olika kemiska aktiva substanser är viktigt för att resistens inte ska utvecklas inom arten. Ett brett spektrum av olika verkningsbara medel att välja mellan minskar risken för skadegöraren att utveckla resistens. Antalet kemiska preparat som finns att använda är dock begränsade och detta ökar kravet på ytterligare forskning om icke-kemiska åtgärder. Det finns även få organiska insektsmedel som kan användas mot *D. suzukii* (Woltz et. al 2014). I konventionella odlingar i USA besprutas det med pesticider och detta kan medföra negativa konsekvenser för nyttodjur och naturliga fiender. Neonikotinoider fungerar som ett växtskyddsmedel som används mot skadeinsekter i odlingar (Hallmann et. al 2014). Som exempel har pesticider bestående av neonikotinoider visats ha negativ påverkan på ryggradslösa djur. Djurarterna utgör i sin tur föda för ett stort antal fågelarter. Insekter, särskilt *Diptera*, *Hemiptera*, *Coleoptera* med mera, utgör en särskild viktig näringskälla för fåglar under häckningssäsong. Fågelpopulationer har minskat drastiskt i Europa under de tre senaste decennierna. Jordbruket och ökad användning av kemiska bekämpningsmedel anses vara den primära faktorn till detta. Idag ersätter neonikotinoider i många fall äldre insekticider som organofosfater och pyretroider. I Sverige används det generellt sätt mindre

neonikotinoider än internationellt (Lundin & Bommarco 2015). Detta beror bland annat på att Sverige har en striktare reglering av användandet.

”Det finns inga registrerade insekticider mot *Drosophila suzukii* på den svenska marknaden” (Intervju C)

Lantbrukarnas riksförbund (LRF) söker för närvarande dispens för preparatet spinosad, som ej är registrerat i Sverige på friland. Organofosfater är otillåtna på den svenska marknaden. För att bekämpa *Drosophila suzukii* kan det behöva besprutas så sent som några dagar innan skörd och karenstiden kan därför bli problematisk. Ett antal pyretroider finns tillgängliga men de går inte att använda så nära inpå skörd. Raptol och pyretrum, som är preparat godkänt för ekologisk odling, har dålig effekt på *D. suzukii*. Det enda alternativ som är aktuellt för Sverige är spinosad, om dispens beviljas. Under den tid då det behövs besprutas mot arten är det en stor aktivitet av nyttodjur ute i odlingarna. Spinosad är inte helt ofarligt för nyttodjur, men preparatet har kortare persistens och anses vara skonsammare i jämförelse med exempelvis pyretroider. Det är betydande att använda preparat som utgör så lite negativ påverkan på nyttodjur och omgivning som möjligt. (Intervju C)

”Om en insekticid används frekvent ökar utvecklingen av resistens inom arten” (Intervju B)

Om en identisk komponerad insekticid används flera år i rad, eller mycket frekvent under en säsong, ökar utvecklingen av resistens inom arten. För att undvika att detta inträffar är det viktigt att använda olika klasser av insekticider, kombinerade på olika sätt. Det är viktigt att odlare skiftar mellan aktiva substanser. Att endast bespruta då det anses nödvändigt är att föredra istället för rutinmässigt. Ett annat tillvägagångssätt för att undvika resistens är att lämna delar av odlingen obesprutade. Detta kallas på engelska för ”refuge strategy”. Metoden går ut på att delar av populationen inte utsätts för besprutning och kvarstår därmed mottagliga för insekticiden i ett framtida skede. (Intervju B & C)

3.6 Naturliga fiender och patogener

Bristen på naturliga fiender inom invaderade områden kan vara en förklaring till varför *Drosophila suzukii* lyckats expandera sin spridning med stor framgång (Asplen et. al 2015). Besprutandet av kemiska bekämpningsmedel kan vara mycket störande för naturliga

fiender och för den biologiska mångfalden (Cuthbertson et. al 2014). Det finns därför ett behov av att ta fram alternativa metoder, för exempel biologisk bekämpning. Litteratur om framgångsrik biologisk bekämpning för *D. suzukii* är bristfällig. Trots detta har en del studier gjorts för att undersöka eventuella predatorer för flugan. Som exempel har en näbbskinnbagge *Anthocoris nemoralis*, testats som tänkbar predator för *D. suzukii*. I ett försök i England undersöktes arten i laboratoriemiljö. Flugorna placerades i mindre boxar med en predator i vardera box. Resultatet visade att *A. nemoralis* kunde livnära sig på vuxna individer av *D. suzukii*. Efter fem dagar erhöles en dödlighet på 45% av *D. suzukii*-hanarna. Försöken gjordes emellertid i trånga utrymmen (boxar) och inte ute i fält.

Liksom *A. nemoralis* har en annan art ur familjen Näbbskinnbaggar, *Orius insidiosus* (**Figur 4.**), ansetts vara lovande predator för *Drosophila suzukii* (Woltz et. al 2014). *O. insidiosus* visade avsevärd minskning på *D. suzukii*-larvers överlevnad med 12-50%. Dock minskade predatorns effektivitet desto större försöksområde den utsattes för.



Figur 4. *O. insidiosus* Fotograf: Jack Dykinga

Störst effekt på minskning av *D. suzukii*- larver hade *O. insidiosus* då insekterna var placerade i små koppar på 30 ml. *O. insidiosus* effektivitet prövades även i utomhusmiljö, under mer realistiska förutsättningar. Då visade det sig att predatorm inte kunde påverka larvantalet i någon större omfattning. Woltz et. al (2014) förklarar att det kan bero på att det i fält råder mer komplexa betingelser. Temperaturen i fält upprätthålls inte konstant och det finns konkurrens av andra insekter som kan ha resulterat i minskad effektivitet.

Pachycrepoideus vindemmiae är ytterligare en naturlig fiende (parasitoid), tillhörande ordningen steklar, som har visats kunna parasitera *Drosophila suzukii* framgångsrikt (Rossi Stacconi et. al 2015). *P. vindemmiae* upptäcktes i fångstfällor tillverkade för *D. suzukii* i frukt- och bärodlingar i norra Italien samt i Spanien (Asplen et. al 2015). Parasitoiden hade då påträffats som en del av det naturliga habitatet i odlingarna. Även om arten anses angripa puppstadier av *D. suzukii* i första hand, har den även visats kunnat attackera larvstadiet. *P. vindemmiae* har rapporterats kunna attackera mer än sextio olika flugarter, därav ett flertal

Drosophila-arter (Wang & Messing 2004). I laboratorium kunde *P. vendemmiae* reproducera sig framgångsrikt på *D. suzukii*s puppor och arten kan eventuellt utgöra en del av den biologiska bekämpningskontrollen i framtiden (Gabarra et. al 2015).

Utöver forskning om parasitoider och övriga predatorer för *D. suzukii*, finns det studier där entomopatogena svampars effekt undersökts (Woltz et. al 2014). Svamparten *Metarhizium anisopliae* är en av de utvärderade svamparna som ansetts lovande för biologisk bekämpning. Av de utvärderade svamparterna så visade sig *M. anisopliae* (F52) en signifikant skillnad på dödlighet av *D. suzukii*-flugor i jämförelse med kontrollen. Besprutning med svampen orsakade 61,5% dödlighet av arten. Även om procentantalet döda *D. suzukii*-flugor ansågs lovande, upptäcktes det kort därefter att det tog ett flertal dagar efter bekämpningen innan flugorna dog. Detta möjliggjorde chansen för flugorna att fullfölja sin äggläggning under den period de hade kvar att leva. Resultatet klargjorde att *M. anisopliae* kan minska populationer av *D. suzukii*, men svampen har hittills inte visats påverka artens fruktsamhet.

”Att ta fram och forska om lämpliga naturliga fiender är ett arbete som tar lång tid att fullfölja” (Intervju A)

Forskare har rest till Japan för att upptäcka eventuella parasitoider som kan fungera som naturliga fiender för *Drosophila suzukii*. Dock är detta ett problematiskt och riskfyllt arbete och vi vet för lite om naturliga fiender för arten. Vid import av parasitoider måste forskning på området göras noggrant för att inte riskera att parasitoiderna attackerar och utplånar nyttodjur i det nyintroducerade området. Kunskapen är inte tillräcklig om hur beteendemönstret för arten hade sett ut i ett annat klimat med annan biologisk mångfald. Att ta fram och forska om lämpliga naturliga fiender, för att senare gå vidare till att praktiskt släppa ut dem på främmande mark, är ett arbete som tar lång tid att fullfölja. (Intervju A)

3.7 Mikroorganismer

Fermentering eller jäsnings, är en process som kan utföras av olika organismer (Stanbury et. al 1995). Jästsvampar är kända mikroorganismer som kan inverka i olika former av fermentering. I jäsningsprocesser frigörs energi och olika ämnen bildas såsom koldioxid, alkoholer, organiska syror med mera. Exempel på fermenterade livsmedel är vin, äppelcidervinäger och öl. Mikroorganismer, såsom jästsvampar ur svampriket

Saccharomyces, växer ovanpå frukt (Becher et. al 2012). Söta och till viss grad jästa material såsom övermogen frukt har visats attraktivt för *Drosophila suzukii* (Cha et. al 2012). Jäst anses vara en viktig näringskälla för *D. suzukii* då olika jästarter fungerar som föda för flygans larver (Hamby et. al 2012). En kombination av flera jästarter har visats vara mer attraktiv som potentiell utfodringskälla än monokulturer. Jäst har även påvisats påverka *D. suzukiis* reproduktion och flygans förmåga att producera ägg. Material koloniserat av jäst är en plats *D. suzukii*-flugan föredrar att lägga sina ägg på, hellre än där det sker mögel- och bakterietillväxt (Hamby et. al 2012). En fruktsam *D. suzukii*-hona föredrar mognande- och oskadad frukt för att fullborda sin äggläggning (Cini et. al 2012). Cini et al. (2012) skriver att det är därför troligt att doften av fermenterad frukt lockar till sig *Drosophilidae* i allmänhet, medans äggläggande *D. suzukii*-honor attraheras mer specifikt av ämnen som doftar färsk frukt.

”Vi vet ännu inte helt säkert varför Drosophila suzukii attraheras av jäst” (Intervju B)

I början antogs det att flygans intresse av jäst berodde på artens behov av jäst som föda. Forskning bekräftade att så är fallet. Den vuxna individen äter av jästen och den fungerar som en bra födokälla för flygan. Det visade sig även att larven är väldigt attraherad av jäst. I vilket syfte det beror på är sannolikt att jästen fungerar som potentiell föda för den, liksom för den vuxna flygan. Med detta sagt vet inte forskare helt säkert varför *D. suzukii* attraheras av jäst. Antagligen fungerar jäst som en god protein- och näringskälla för både den vuxna individen som för larven. (Intervju B)

”Övermogen frukt lockar till sig många andra Drosophila-arter” (Intervju B)

Drosophila suzukii kan ha utvecklat strategier inom arten för att reducera konkurrensen om föda. Övermogen frukt lockar till sig många andra *Drosophila*-arter och konkurrensen om frukten är stor. Evolutionen kan ha resulterat i att flygan har kunnat tillgodo se sig föda tidigare än andra arter, och på så sätt kunnat reducera konkurrensen om föda. Övermogen och ruttan frukt består många gånger av olika biprodukter såsom bakterie- och/eller mögeltillväxt. Eventuellt utvecklar frukten toxiska ämnen som arten inte klarar av att föda av. (Intervju B)

3.7.1 Övervakning och prognos

Ett tillförlitligt övervakningssystem som visar förekomsten av skadedjur inom en odling är ett av de viktigaste momenten för det integrerade växtskyddet (Cini et al. 2012). Hittills har övervakning av *Drosophila suzukii* baserats på fångstmetoder med bland annat fermenterade livsmedel som lockbete (Cha et al. 2013a). Ett exempel på sådant lockbete kan vara äppelcidervinäger, vin, sockerlösning, fermenterad frukt eller jästsvampar som bete. Fällorna fungerar som prognos och används i övervakningssyfte för att studera flugans population.

3.7.1.1 Fällor betade med livsmedel

”Fällor med jästbete används till övervakning av arten” (Intervju A)

För att övervaka populationen av *Drosophila suzukii* finns det två olika ”typer” av fångstfällor: ”bait trap” och ”chemical/synthetic lure”. Det engelska namnet på fällorna saknar svensk översättning. I ”bait traps” används riktiga livsmedel såsom äppelcidervinäger, vin eller jäst. Vin och vinäger är för exempelvis framställt med hjälp av jästsvampar och det är detta som i sin tur attraherar flugorna. ”Chemical/synthetic lure” är fällor som består av ämnen som framställts på konstgjord väg. Fällorna är till för att ge information om när populationen är som störst, när på säsongen de påbörjar sin flygning, artens beteendemönster beroende på årstid med mera. ”Bait traps” består vanligtvis av burkar med en vätska adderat med såpa som innehåll. Såpan tillsätts för att kväva flugorna till döds inuti fällan. I burken/fällan kan en ännu mindre burk placeras inuti, där ett jästbete placeras. Om jästen blandas med den övriga vätskan kan det bli problematiskt då antalet flugor ska räknas och arter ska urskiljas ifrån varandra. Blandningen blir lätt till en geggig sörja och gör det svårt att identifiera innehållet. Det fungerar bättre om jästen och vätskan förblir separata inuti burken. (Intervju A & B)

”Betesfällor bestående av riktiga livsmedel är problematiska då de förändras över tid”

(Intervju A)

Betesfällor bestående av riktiga livsmedel är problematiska då de förändras över tid. Innehållet i fällorna behöver bytas varje vecka. Emellanåt kan vatten tränga in i fällorna och detta påverkar ämnens koncentration och komposition negativt. Även temperaturskillnader under dag och natt, påverkar betet gjort på livsmedel och gör det

mindre hållbart på lång sikt. Problemet med lockbete bestående av jästarter är att det kan förändras då det kommer i kontakt andra ämnen. En omgivande film av andra organismer kan tillslut börja växa ovanpå jästen och detta kan resultera i att den blir mindre attraktiv för *Drosophila suzukii* och tappar sin effektivitet som lockbete. Om en syntetisk blandning kan framställas och fungera lika effektiv som fällorna med jäst/vin/vinäger med mera, så är det ett bättre alternativ. (Intervju A & B)

3.7.1.2 Fällor betade med kemiskt framställda doftämnen

Utöver fällorna innehållande livsmedel finns det övervakningsfällor där betet utgörs av syntetiska ämnen (Cha et al (2013a)). Lockbeten som används, för exempelvis äppelcidervinäger, har visats sig vara bristfällig i uppgiften att attrahera *Drosophila suzukii*. Därför har försök gjorts för att ta fram attraktiva syntetiska blandningar.

Olika lockbetens attraktion har jämförts för att underrätta vad som lockar till sig *D. suzukii* (Cha et. al 2013b). Exempelvis genomfördes ett försök i tre delstater i USA- Connecticut, New York, Washington samt i byn Dossenheim, Tyskland. I samtliga försök bestod fälla nummer 1 av kemiskt framställda ämnen bestående av fyra beståndsdelar- ättiksyra, etanol, acetoin och methionol. Fälla 2 bestod endast av äppelcidervinäger och fälla 3 av en kombination av äppelcidervinäger och vin. Fälla 1 visade sig fånga ett större antal *D. suzukii*-flugor än fälla 2. Fälla 1, med kemiskt framställt innehåll, var jämförbar med den som bestod av både vinäger och vin. Cha et. al (2013b) beskriver även fördelen med att använda sig av syntetiskt lockbete istället för riktiga livsmedel. Användning av syntetiskt lockbete innebär enklare hantering och minskad risk för att den attraktiva substansen förändras med tiden och blir verkningslös. En fungerande fälla med ett syntetiskt/kemiskt lockbete kan hjälpa frukt- och bärödlare att upptäcka *D. suzukii* och övervaka dess population och förändring inom odlingen (Cha et. al 2013b). På så sätt kan även användningen av olika insektspray reduceras till antalet. Etanol och ättiksyra anses vara de komponenter som medför mest attraktionskraft hos *D. suzukii* (Cha et. al 2013b). 13 andra ämnen såsom acetoin, etyllaktat och methionol anses även kunna vara potentiella betesämnen. Ett problem i dagsläget är lockbeten inte endast lockar till sig *D. suzukii*, utan även andra arter inom *Drosophilidae* (Hamby et. al 2012). Detta kan innebära svårigheter vid kontroll av fällorna då personer med icke- entomologisk bakgrund kan ha svårt att

urskilja *D. suzukii*-flugan från övriga arter. För att vidareutveckla fungerande fällor i framtiden kan kunskap om potentiella jästarter och dess association till *D. suzukii* bli central (Adams et. al 2012.)

” Fällorna med syntetiskt bete fungerande bättre än de med äppelcidervinäger under varm väderlek” (Intervju A)

I ett försök testades syntetiskt bete i förhållande till äppelcidervinäger i fällor ute på fält. Fällorna med syntetiskt bete fungerande bättre än de med äppelcidervinäger under varm väderlek, i juli och augusti. Under de varma månaderna lockade det syntetiska betet flerflugor än fällorna försedda med vinäger. Vid lägre temperatur, i oktober, fungerade respektive fällor lika effektivt. Förmodligen har temperaturen betydelse och kan ha påverkat äppelcidervinägern negativt under denna period. Det kan emellertid behövas olika fällor olika tider på året för att maximalt uppnå bäst effekt. Fällor med syntetiskt framställt lockbete är effektiva i det avseende att de attraktiva ämnena inte förändras över tid och/eller påverkas i samma utsträckning av temperatur och yttre omständigheter. De aktiva beståndsdelarna i vätskan hålls stabila och mer intakt. Fördelen med en konstgjord framställning är dessutom att man kan komponera en helt unik blandning, innehållande olika aktiva ämnen och koncentrationer av dem. (Intervju A)

3.7.1.3 Utformning av fälla

Fällornas färg och form kan variera (Lee et. al 2012). Fällorna kan vara hemmagjorda med hål täckta av ett tunt, nätat material. I nuläget används plastflaskor/muggar med laterala hål på 5-10 mm i diameter (Edwards et al. 2012). För att förhindra att flugorna flyger ut efter att de har uppsökt fällorna, kan klisterskivor eller en tensid placeras inuti fällan. Även fällans färg och form kan påverka fångst av *D. suzukii*. I ett försök visade det sig att röda och svarta fällor attraherade fler antal flugor i jämförelse med gula fällor (Renkema et. al 2014). Enligt Renkema et. al 2014 är det dock ännu ovisst vad som är orsaken till färgens betydelse på fällan och mer forskning bör utföras på området.

” Resultatet visade att storleken på hålen inte hade större effekt på fångst av *Drosophila suzukii*” (Intervju A)

Fällor med olika storlek på ingångshålen har testats för att se om storlek på hålen har betydelse för fångst av *Drosophila suzukii*. Den totala arealen på hålen var densamma (2,5 cm²) för samtliga fällor. Fälla nr 1 bestod av 8 små hål. Fälla 2= 3 medelstora hål och fälla 3= 1 stort hål. Fällorna var försedda med äppelcidervinäger och innehållet utbyttes varje vecka. Resultatet visade att storleken på hålen inte hade större effekt på fångst av *D. suzukii*. De fällor försedda med medelstora hål fångade flest flugor. De fällor med mindre hål reducerade bifångst av skalbaggar och andra insekter. Alltså var de mindre hålen bättre i det avseendet. Höjden på öppningarna/ingångshålen i förhållande till vätskan testades likaså och om detta hade någon inverkan. Även betets – äppelcidervinägers volym testades då olika fällor var försedda med olika mycket volym. Det visade sig att höjden på ingångshålen inte utvisade någon variation på fångst i fällorna. Det som gav olika resultat var fällorna med olika volym vätska. Fällorna innehållande mer volym äppelcidervinäger fångade flest *D. suzukii*. Detta kan eventuellt bero på att högre koncentration av attraktiva ämnen från äppelcidervinägern höll sig intakt desto mer volym fällan var försedd med. (Intervju A)



Figur 5. *D. suzukii*- fälla i hallonodling Fotograf: Sanja Manduric

3.8 ”Attract and kill”

”Attract- and- kill strategy” är en taktik för skadedjursbekämpning som består av en kombination av en attraktiv substans, till exempel ett jästbete, samt med ett dödande medel (insekticid) (Michaelakis et. al 2007). ”Attract-and-kill” har använts inom integrerat växtskydd under flera decennier för att bekämpa problem med invasiva arter (El-Sayed et. al 2009). Syftet med metoden är att skadedjuret ska attraheras av betet gjort på beteendemodifierande doftämnen (semiokemikalier). ”Attract- and- kill” fungerar vanligtvis genom att en insekticid kombineras med semiokemikalier på en koncentrerad yta, som lockbete. När skadeinsekten når lockbetet så utsätts den för ett dödande medel eller ett steriliseringsmedel. På detta sätt kan delar av populationen elimineras och kontrolleras.

I en artikel skriven av Knight et al. (2015), beskrivs ett försök som indikerar att rörsocker som enda komponent, eller i kombination med jästarter, resulterar i att insekticider kan fungera mer effektivt mot *Drosophila suzukii*. Jästarterna *Aureobasidium pullulans* och *Saccharomyces cerevisiae* är två jästarter som visat sig ha effekt. Flugans dödlighet varierade beroende på vilka jästarter samt vilka insekticider som användes. Jäst, socker och insekticiden cyantraniliprole visade i tre av tre försök en avsevärd minskning på antal *D. suzukii*- ägg. I två av tre försök visades samma effekt men då med insekticiden spinosad.

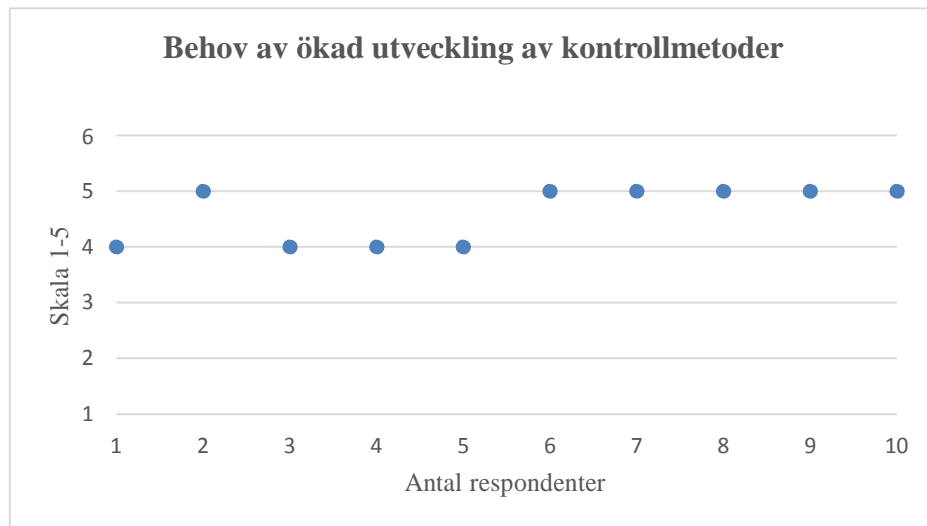
Traditionellt har toxiska ämnen använts i kombination med ett lockbete för att locka till sig skadegöraren (Wang et. al 2005). Det toxiska ämnet som är tänkt att döda skadegöraren har vanligtvis bestått av organofosfaten malathion. Malathion är dessvärre känt för att orsaka negativ påverkan på nyttodjur. Allt eftersom har en ny variant av lockbete med kombination av spinosad utvecklats, GF-120. GF-120 är ett bete baserat på spinosad och utvecklades av United States Department of Agriculture och Agriculture Research Services (Flores et. al 2011). GF-120 togs fram på grund av det ökade behovet av skonsammare alternativ till bekämpning av fruktflugor. GF-120 används för att hålla nere populationer av fruktflugor. GF-120 utvecklades för att attrahera flugorna, stimulera dem till att föda och följaktligen dö (Yee & Chapman 2005). Den aktiva ingrediensen i betet, spinosad, bryts ned hastigt av ljuset och fungerar aktivt i mindre än en dag (Flores et. al 2011). Vanligtvis blandas GF-120 i vatten och besprutas sedan i fält. Bruck et. al 2010 skriver att beteendemodifierande ämnen skulle kunna förbättra effektiviteten av insekticider. Bättre utvecklade lockbeten kan koncentrera *Drosophila suzukiis* flygaktivitet och göra det möjligt att bespruta med större effekt på populationen.

”Det har bevisats att om jästsvampar adderas med insekticider så resulterar det i minskad äggläggning och ökad dödlighet hos *Drosophila suzukii*” (Intervju B)

Det har bevisats att om jästsvampar adderas med insekticider så resulterar det i minskad äggläggning och ökad dödlighet hos *Drosophila suzukii*. Insekticiden ensam eller insekticid med jäst fungerar på samma sätt, men den med jäst dödar fler flugor. Om vi kan forska fram kemiska sammansättningar av ämnen som är mer attraktiva än frukten själv, kan man använda fällorna till massfångst. Idag är frukten mer attraktiv och fällorna lockar inte tillräckligt stort antal av populationen för att det ska vara tillräckligt. *Hanseniaspora uvarum*, *Saccharomyces cerevisiae* och *Pichia terricola* är tre jästarter som har visats fungera tilldragande för *D. suzukii*. Framför allt *Hanseniaspora uvarium*, attraherar specifikt *D. suzukii* och i mindre grad andra flugor inom *Drosophilidae*-familjen. Många olika jästarters attraktivitet har testats, men dem tre är de som visats vara mest attraktiva för flugan. (Intervju A & B)

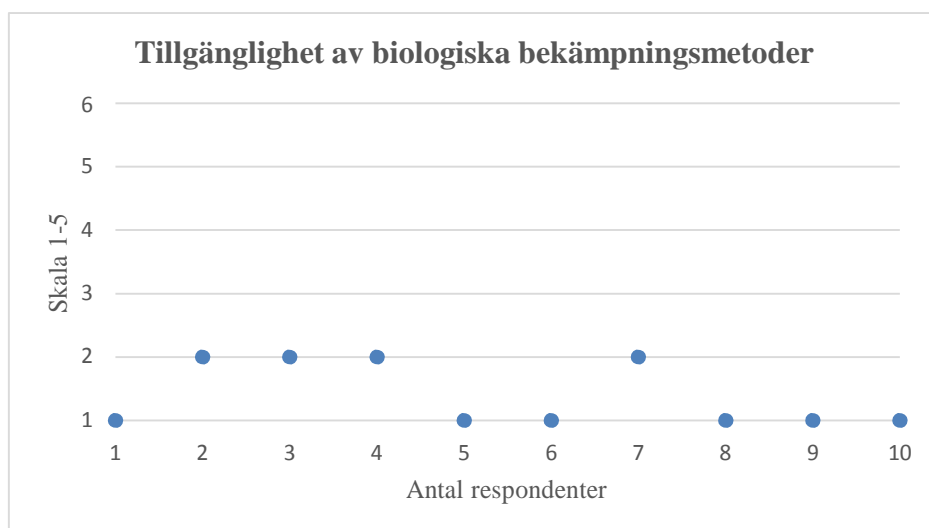
3.9 Resultat från enkät

Enligt enkäten, i **Figur 6**, med 10 svarande, angav 6/10 att utveckling av kontrollmetoder är brådskande. Resterande 4 respondenter svarade en 4a på en skala av 1-5, där 5= brådskande och 1= inget behov. Medelvärdet låg på 4,6.



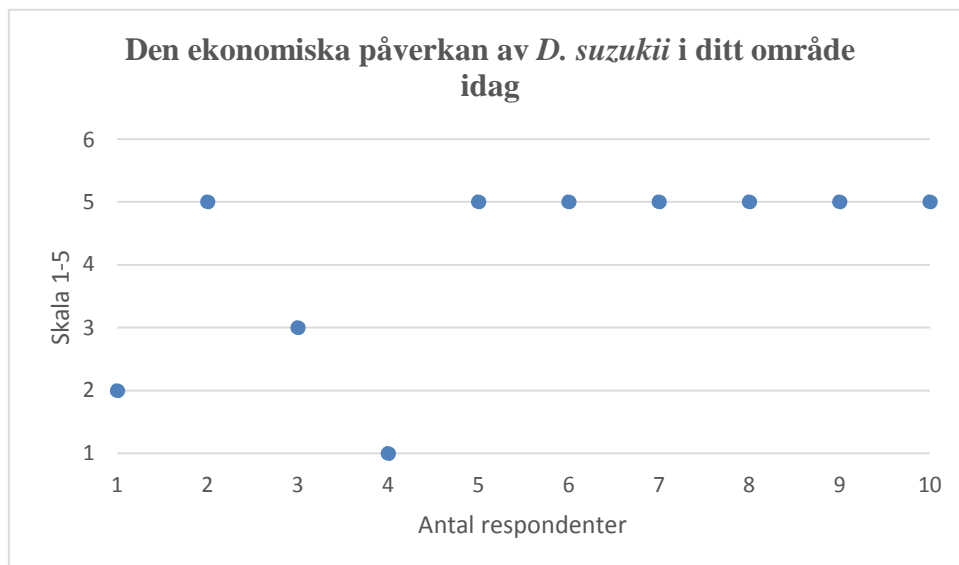
Figur. 6

Enligt **Figur 7**, med 10 svarande, angav 6/10 att tillgängligheten av biologiska bekämpningsmetoder var otillräcklig, det vill säga 1. Resterande 4 respondenter svarade 2 på en skala av 1-5, där 1= otillräckligt och 5= tillräcklig/tillfredsställande. Medelvärdet låg på 1,4.



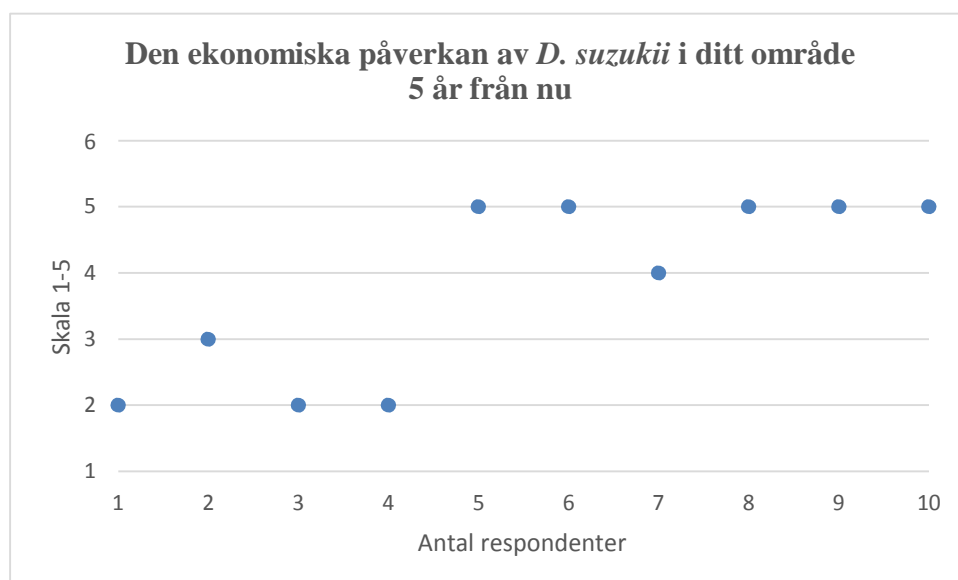
Figur. 7

På en skala av 1-5 där (1= oviktigt, 5=viktig) svarade 7/10 en 5a på frågan ”den ekonomiska påverkan av *D. sukukii* i ditt område idag”. Resterande 3 respondenter svarade olika enligt **Figur 8.** nedan. Medelvärde låg på 4,1.



Figur 8.

I **Figur 9.** Angav 5/10 av de svarande att *D. sukukii* kommer påverka ekonomin i stor utsträckning om 5 år från nu. Resterande respondenter svarade 2-4 på skalan där 1= oviktig betydelse 5= viktig betydelse. Medelvärde låg på 3,8.



Figur 9.

I enkäten besvarades ytterligare 4 frågor gällande *Drosophila suzukii*. Frågorna var följande:

1. Effektivitet av nuvarande övervakningsfällor?

Resultat: Svarande angav ett medelvärde på **3,4** där 1= otillfredsställande och 5= tillfredsställande/väl fungerande.

2. Förväntad framtida användning av övervakningsfällor?

Resultat: Svarande angav ett medelvärde på **3,2** där 1= begränsad och 5= utbredd.

3. Nuvarande behov av bättre utveckling av övervakningsfällor?

Resultat: Svarande angav ett medelvärde på **3,0** där 1=inget behov och 5=stort behov.

4. Tillgång på insekticider?

Resultat: Svarande angav ett medelvärde på **3,3** där 1= otillräcklig och 5=tillräcklig.

4. Diskussion

4.1 Förebyggande åtgärder

William Quarles (2015) skriver om olika tillvägagångssätt för bekämpning av *Drosophila suzukii*. Det nämns bland annat att hygienåtgärder och nättäckning kan fungera som förebyggande åtgärd mot angrepp av *D. suzukii*. Även Sanja Manduric tar upp i intervju C, vikten av noggrann hygienisk hantering av frukt och bär. Frukten bör skördas ofta och noggrant och frukt och bär på mark samt skadad frukt ska avlägsnas och destrueras. Sanja berättar även om ett demoförsök som ska utföras med nättäckning inom en snar framtid för att studera dess effekt på *D. suzukii*. De två förebyggande åtgärderna är oerhört betydelsefulla i en bekämpningsstrategi mot *D. suzukii* och nättäckning bör emellertid testas i större omfattning för att utvärdera resultatet. För frukt- och bär odlare världen över är de två åtgärder oerhört betydelsefulla då brist på fungerande bekämpningsmetoder och insekticider är stor. Även för Sverige kan åtgärderna vara avgörande då insekticider i princip ännu ej existerar.

4.2 Insekticidproblematik

Mycket av den information som har hämtats från vetenskapliga tidskrifter är skrivna av amerikanska skribenter. I USA bekämpas *Drosophila suzukii* med diverse preparat bestående av organofosfater, pyretroider, spinosyner och i vissa fall neonicotinoider (Beers et al 2011). Det bedrivs mycket forskning om mer skonsamma preparat mot *D. suzukii* men problemet är redan väl utbrett i många delar av världen att odlarna måste ta till de befintliga verktygen för att inte gå miste om en hel skörd.

Att förlita sig på insekticider för ett minskat problem med bekämpning av *Drosophila suzukii* kan i värsta fall leda till resistens inom arten. För närvarande finns det begränsat med publicerad information om hur omfattande risken för resistens av *D. suzukii* kan tänkas bli. Idag i Sverige finns det ingen registrerad insekticid mot *D. suzukii* att använda på friland (Intervju C). Om dispens för spinosad beviljas kommer det att vara ett av de få alternativ odlarna har att ta till om populationen av *D. suzukii* blir större. Att växla mellan preparat bestående av olika aktiva substanser är allmänt känt för att förhindra resistensutveckling hos skadedjur. Men vad händer om det inte finns alternativ att utbyta mellan? I Sverige

finns inte organofosfater som bekämpningsalternativ då de är olagliga. Pyretroider har inte heller visats effektiva och är dessutom problematiskt att använda tätt inpå skörd. Spinosad verkar emellertid mer skonsamt än andra kemiska bekämpningsmedel som finns ute på marknaden (Intervju C). Trots detta är insekticiden inte helt riskfri. Spinosad är giftigt för bin och eventuellt för andra nyttodjur och pollinatörer (Quarles 2015). Eftersom besprutningen sker sent på säsongen, när ett stort antal nyttodjur är aktiva, är det viktigt med kontrollmetoder som skonar den biologiska mångfalden. I ett framtida skede kommer det att behövas fler alternativa bekämpningsmetoder/preparat, som är mer skonsamma för miljön och nyttodjur. Detta till viss del på grund av att det behövs alternativ för preparat att växla mellan, utöver spinosad. Huruvida den idag existerande insekticidbekämpningen fungerar mot *D. suzukii* kvarstår vara en svårtolkad fråga. Information som har studerats i denna studie pekar dock på att det idag inte finns några effektivt fungerande insekticider mot *D. suzukii*.

4. 3 Biologiska bekämpningsmetoder

Eftersom *Drosophila suzukii* bekämpas i nuläget i stor utsträckning med kemiska bekämpningsmedel, utgör detta ett hot mot de naturliga fienderna och nyttodjur som agerar en viktig roll för den biologiska mångfalden. *D. suzukii*-flugans framgångsrika spridning har dels med att göra att det saknas naturliga fiender i det klimat den spridit sig till.

Försök som har gjorts med potentiella naturliga fiender för *D. suzukii* har visats kunna fungera framgångsrikt. I arbetet beskrivs näbbskinnbaggar *A. nemoralis* och *O. insidiosus* som potentiella predatorer (Cuthbertson et. al 2014, Woltz et. al 2014). Även parasitoiden, *P. vindemmiae*, kan eventuellt fungera som naturlig fiende (Rossi Stacconi et. al 2015). *P. vindemmiae* är också en av de arter som har hittats i fångstfällor i det naturliga habitatet (Spanien, Italien). Något som ett flertal av de försök med naturliga fiender har gemensamt, är att de i laboratoriemiljö har visats kunna parasitera/livnära sig på olika livsstadier av *D. suzukii*. Således blir en aktuell fråga hur egentligt effektiva predatorerna fungerar i realistiska förhållanden, ute i fält? Samtidigt är det ett komplext arbete att gå från försök i laboratoriemiljö till att praktiskt släppa ut de introducerade parasitoiderna/predatorerna i ett främmande klimat. Ett välkänt exempel då en naturlig fiende blev introducerad ett nytt geografiskt område är harlekinnyckelpigan (*Harmonia axyridis*). Harlekinnyckelpigan importerades ifrån Asien i syfte för biologisk bekämpning av skadedjur (Vilcinskas et. al

2013). Detta medförde istället att harlekinnäckelpigan konkurrerade ut den inhemska arten av nyckelpigor i många länder. På grund av omständigheter likt denna är det därför viktigt att säkerställa att den introducerade fienden inte riskerar att attackera även andra arter, förutom *D. suzukii*. Tillstånd för att släppa naturliga fiender för *D. suzukii* kräver emellertid att predatorn uppvisar hög värdspecificitet. Eventuellt kan det ta lång tid innan det är praktiskt genomförbart att släppa predatorerna i odlingarna på friland (Intervju A).

Utöver forskning om parasitoider och övriga predatorer för *Drosophila suzukii* finns det studier där entomopatogena svampars effekt undersökts. Svamparten *M. anisopliae* är en av de utvärderade svamparna som tas upp i arbetet och som ansetts lovande för biologisk bekämpning av flugan. Svampars effektivitet som patogen för *D. suzukii* reflekteras inte i någon större omfattning i arbetet. Detta beror delvis på att vetenskaplig information på området var svåråtkomlig.

Enligt **Figur 7**, antyder resultatet att det finns en tydlig brist på biologiska bekämpningsmetoder för *Drosophila suzukii*. Medelvärdet för de svarande låg på 1,4 där 1 stod för otillräckligt utbud av biologisk bekämpning. Med detta resultat är det därför viktigt att forskning om biologiska kontrollmetoder fortlöper. Arbetet med entomopatogena svampars effekt som patogen för *D. suzukii* och parasitoider/predatorers effektivitet kan innebära en hållbar bekämpningsstrategi i framtiden.

4.4 Fångstfällor

En väl fungerande övervakning av *Drosophila suzukii* inom odlingen är ett viktigt moment för bekämpning av den invasiva arten. På detta sätt kan odlarna upptäcka populationen i ett tidigt stadium och därefter ta till bekämpningsmetoder. Upptäckt av arten i ett tidigt skede gör det möjligt att endast bespruta vid enstaka tillfällen, då det finns ett verkligt behov av det. Schematiska besprutningsåtgärder i förebyggande syfte är inte att föredra ur varken en ekologisk- eller ekonomisk synpunkt.

I arbetet har det uppdagats att jäst anses vara en viktig näringskälla för *Drosophila suzukii* och är framför allt det *D. suzukii*-larver kan livnära sig av. *H. uvarum*, *S. cerevisiae* och *P. terricola* är de tre jästarter som har visats fungera tilldragande för *D. suzukii*, framför allt *H. uvarium*, attraherar specifikt *D. suzukii* och i mindre grad andra flugor inom

Drosophilidae-familjen (Intervju B). I arbetet har två olika fångstfällor beskrivits för användning av prognos över *D. suzukii*-populationen. Fällor innehållande livsmedel, så kallade "bait traps", kunde verka effektivt för kontroll inom en odling. Dock var det nödvändigt att byta innehållet varje vecka och innehållet påverkades även till viss del negativt av temperaturväxling och regn (Intervju A). Fällor innehållande syntetiskt livsmedel "chemical lure" klarade denna utmaning något bättre och lockbetet höll sig mer intakt under en längre period. Det som kvarstår problematiskt med övervakningsfällorna är att de inte endast attraherar *D. suzukii*-populationen utan även andra insektsarter. För att vidareutveckla fällor som specifikt attraherar *D. suzukii* kommer kunskap om potentiella jästarter- proportioner och kombinationer av dem, bli viktigt för mer effektiva övervakningsfällor. Om ett syntetiskt lockbete i fällorna kan verka lika attraherande som vin/vinäger/jäst-beten, kan syntetiskt lockbete vara att föredra då det inte behövs bytas ut lika ofta. Detta medför även ett mindre arbetskrävande moment för odlarna. Vid varm väderlek och vid temperaturväxlingar under sommaren kan det syntetiska lockbetet även verka mer motståndskraftigt för förändringar av den attraherande substansen.

4.5 Kombination av jäst och insekticid

För utveckling av effektivare insekticider har komponenter som rörsocker och jästarter visats kunna öka insekticidens effektivitet på *Drosophila suzukii*- attract and kill (Knight et al. 2015). Spinosad kan exempelvis besprutas som spraybart bete, kallat GF-120 (Quarles 2015). Hur effektiv denna metod är för *D. suzukii* är dock oklart, men den har visats fungerande för ett flertal andra fruktflugor. Det har bevisats att om jästsvampar adderas med insekticider så resulterar det i minskad äggläggning och ökad dödlighet hos *D. suzukii* (Intervju B). Insekticid ensam eller insekticid med jäst fungerar på samma sätt, men den med jäst har visats sig döda ett större antal flugor. I samma fall som för övervakningsfällorna, är framtidens forskning om vilka jästarter samt vilka proportioner som attraherar *D. suzukii*, väldigt betydelsefulla. Om insekticider kombinerat med jäst eller andra attraherande ämnen kan förbättra preparatets verkan kan det innebära att tillämpning av organofosfater och pyretroider kan minska globalt sätt.

Det finns även en möjlighet att massfångst av *Drosophila suzukii* kan fungera effektivt i framtiden om populationen inte bli alltför omfattande (Intervju A). Dock kräver metoden

ett stort antal fällor och även om bekämpningseffekten kan vara tillräcklig så innebär det även en kostnadsfråga för odlarna.

4.6 Framtida utsikter

Något som upptäcktes kort in på informationssökningens start, var att det fanns ett relativt stort gap mellan alternativa bekämpningsmetoder i förhållande till den skada som *Drosophila suzukii* utgör. Detta beror antagligen på att artens invasiva spridning har skett på kort tid. *D. suzukii* upptäcktes inte förens år 2008 i USA samt Europa, och så sent som 2014 i Sverige. I **Figur 8**, svarar de 10 respondenterna varierande på frågan hur stor ekonomisk påverkan *D. suzukii* utgör idag. 70% svarar att arten utgör en viktig och stor påverkan på ekonomin. Beroende på vem som tillfrågades och ifrån vilken del av världen respondenterna refererat till, blev svaren olika. Dock talar resultatet för ekvivalent information som gick att finna i vetenskapliga tidskrifter, - *D. suzukii* utgör ett stort ekonomiskt problem för många länder i världen idag och det finns ett stort behov av fler åtgärder för att kunna bekämpa arten. **Figur 6** indikerar att de 10 svarande anser att utveckling av kontrollmetoder är brådskande. Med ett medelvärde på 4,6 så bekräftas den informationen som även iakttagits under intervjuer och i litteratursökning, - *D. suzukiis* angrepp är alarmerande och det finns ett stort behov av hållbara bekämpningsstrategier mot denna fruktade fluga.

I Sverige är det ännu oklart vilket problem *Drosophila suzukii* kommer att utgöra för svenska odlare. Flugan har upptäckts i 12 av 13 frukt- och bärödlingar i Sverige, och även i Danmark har det hittats förhållandevis stora populationer av arten (Intervju C). Trots detta är det ännu ovisst om flugan kommer att orsaka liknande ekonomiska förluster i Sverige som i andra delar av världen. Populationerna förväntas att bli allt större, och eftersom flugan har visats anpassningsbar för ett kallare klimat så kan en spridning av arten bli ett faktum framöver. Ett annat problem som blir mer komplicerat och som Sanja Manduric även tar upp i intervju C, är att *D. suzukii* angriper i stor omfattning vilda träd och bärbuskar. Att kontrollera och bekämpa arten i fält i odlingar är möjligt men det kvarstår mycket svårt att utrota flugan helt och hållet. Det är emellertid viktigt att också förstå varför *D. suzukii* har blivit en betydande skadegörare i världen. Den globala uppvärmningen och den ökade handeln med frukt och bär över haven är svaret på *D. suzukiis* spridning (Perrings et. al

2005). Det är alltså människan som idag, och i stor utsträckning i framtiden, kommer att fortsätta sprida invasiva arter (Scalera et. al 2012).

En annan ståndpunkt som är viktig att belysa är att all forskning som görs om *Drosophila suzukii* kan ligga till grund för framtida problem med andra *Drosophila*-arter. Arbetet om bekämpningsmetoder för *D. suzukii* kan i framtiden fungera som modell för bekämpning av närbesläktade arter. Effekterna av forskning om flugan kan därför medföra en större tjänst än endast hantering av *D. suzukii* ensam. Som tidigare angivits skiljer sig *D. suzukii*-honans organ från andra nära släktingar men trots detta finns det arter som har visats kunna utgöra ett likartat problem. Som ett exempel skulle en närbesläktad art till *D. suzukii*-flugan (*Drosophila subpulchrella*) kunna utgöra ett hot för hallon- och körbärsodlare, då den har visats kunna punktera mognande bärs utsida (Atallah et. al 2014) Även om lite är känt om ekologin för *D. subpulchrella* bör artens eventuella invasiva potential ej uteslutas. I nuläget är det inte aktuellt motiverande att fokusera på närbesläktade arter till *D. suzukii*, men forskning om *D. suzukii* kan hur som helst innebära färre konsekvenser för liknande invasioner av *Drosophila*-arter.

5. Slutsats

Nyckeln till en lyckad bekämpning av *Drosophila suzukii* bygger på olika bekämpningsåtgärder, en samordnad bekämpning. Hygienåtgärder i fält för att förhindra flugans spridning och övervakningsfällor för bättre kännedom när åtgärder behöver sättas in, blir två viktiga delmoment. Lockbetet för övervakningsfällorna kan utvecklas och göras mer selektivt attraherbart för *D. suzukii*. I framtiden kan massfångstfällor komma att bli allt vanligare som bekämpningsstrategi. Det finns behov av ett bredare spektrum insekticider, i synnerhet i Sverige, om *D. suzukii* skulle innebära ett större problem. Dock krävs det skonsamma preparat som inte påverkar biologisk mångfald i för stor omfattning. Nättäckning har visats effektivt i tidigare forskningsprojekt och kan innebära en väl fungerande metod för att förebygga angrepp av arten. Arbetet om naturliga fiender för *D. suzukii* bör uppmuntras för att kunna undertrycka populationer av *D. suzukii* i det öppna fältet. Slutligen är forskning om attraktiva ämnen för flugan- såsom jästextrakt, väldigt viktig för att kunna effektivisera insekticider och kontrollmetoder. Till sist kan arbetet om

bekämpningsåtgärder för *D. suzukii* tjäna som åtgärds-modell för invasion av närbesläktade arter.

6. Litteraturlista

Adams T., Landolt P. J., Rogg H., Davis T. S. (2012) SPOTTED WING DROSOPHILA, *DROSOPHILA SUZUKII* (DIPTERA: DROSOPHILIDAE), TRAPPED WITH COMBINATIONS OF WINES AND VINEGARS. *Florida Entomologist* 95(2) s. 329 (Hämtad 2016-01-26)

Asplen M. K., Anfora G., Biondi A., Choi D-S., Chu D., Daane K. M., Gibert P., Gutierrez A. P., Hoelmer K. A., Hutchinson W. D., Isaacs R., Jiang Z-L., Kárpáti Z., Kimura M. T., Pascual M., Philips C. R., Plantamp C., Ponti L., Ve' tek G., Vogt H., Walton V. M., Yu Y., Zappala L., Desneux N. (2015) Invasion biology of spotted wing *Drosophila* (*Drosophila suzukii*): a global perspective and future priorities. *J Pest Sci* (88) s. 482, 484- 486 (Hämtad 2016-02-24)

Atallah J., Teixeira L., Salazar R., Zaragoza G., Kopp A. (2014) The making of a pest: the evolution of a fruit-penetrating ovipositor in *Drosophila suzukii* and related species. *Proc. R. Soc. B* (281) s. 1-2 (Hämtad 2016-03-01)

Becher P. G., Flick G., Rozpędowska E., Schmidt A., Hagman A., Lebreton S., Larsson M. C., Hansson B. S., Piškur J., Witzgall P., Bengtsson M. (2012) Yeast, not fruit volatiles mediate *Drosophila melanogaster* attraction, oviposition and development. *Functional ecology* s. 1 (Hämtad 2016-02-01)

Bolda M. P, Goodhue R. E., Zalom F. G. (2010) Spotted wing drosophila: potential economic impact of a newly established pest. *Agri Res Econ* 13 s. 6 (Hämtad 2016-02-26)

Cha D. H., Adams T., Rogg H., Landolt P. J. (2012) Identification and Field Evaluation of Fermentation Volatiles from Wine and Vinegar that Mediate Attraction of Spotted Wing *Drosophila*, *Drosophila suzukii*. *J Chem Ecol* (38) s. 1419 (Hämtad 2016-01-25)

Cha D. H., Adams T., Werle C. T., Sampson B. J., Adamczyk Jr J. J., Rogg H., Landolt P. J. (2013a) A four-component synthetic attractant for *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) isolated from fermented bait headspace. *Pest Manag Sci* (70) s. 324-331 (Hämtad 2016-01-25)

- Cha D. H., Hesler S. P., Cowles R. S., Vogt H., Loeb G. M., Landolt P. J. (2013b) Comparison of a Synthetic Chemical Lure and Standard Fermented Baits for Trapping *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae). *Environ Entomol* 42(5) s. 1057-1059 (Hämtad 2016-01-25)
- Cini A., Anfora G., Escudero-Colomar L. A., Grassi A., Santosuosso U., Seljak G., Papini A. (2014) Tracking the invasion of the alien fruit pest *Drosophila suzukii* in Europe. *J Pest Sci* 87 s. 560 (Hämtad 2016-01-27)
- Cini A., Ioriatti C., Anfora G. (2012) A review of the invasion of *Drosophila suzukii* in Europe and a draft research agenda for integrated pest management. *Bulletin of Insectology* 65 (1) s. 149-156 (Hämtad 2016-02-05)
- Cormier D., Veilleux J., Firlej A. (2015) Exclusion net to control spotted wing *Drosophila* in blueberry fields. *Integrated protection of fruit crops Subgroup "Soft Fruits" IOBC-WPRS Bulletin Vol. 109* s. 181-184 (Hämtad 2016-03-16)
- Cuthbertson A. G. S., Blackburn L. F., Audsley N. (2014) Efficacy of Commercially Available Invertebrate Predators against *Drosophila suzukii*. *Insects* (5) s. 954-958 (Hämtad 2016-02-23)
- Edwards D. L., Lee J., Bruck D. (2012) Spotted wing drosophila monitoring: building a better fly trap. *Proceedings of the 71st Annual Pacific Northwest Insect Management Conference, Portland (OR), USA* s. 1-2 (Hämtad 2016-02-15)
- El-Sayed A. M., Suckling D. M., Byers J. A., Jang E. B., Wearing C. H. (2009) Potential of "Lure and Kill" in Long-Term Pest Management and Eradication of Invasive Species A. *Entomol.* 102(3) s. 1 (Hämtad 2016-02-22)
- Flores S., Gomez L. E., Montoya P. (2011) Residual Control and Lethal Concentrations of GF-120 (Spinosad) for *Anastrepha* spp. (Diptera: Tephritidae). *Journal of Economic Entomology*, 104(6) s. 1885 (Hämtad 2016-02-25)
- Gabarra R., Riudavets J., Rodriguez G. A., Pujade-Villar J., Arno J. (2015) Prospects for the biological control of *Drosophila suzukii*. *BioControl* (60) s. 335 (Hämtad 2016-02-23)
- Gerdeman B. S., Tanigoshi L. K. (2011) Biology and management of spotted wing drosophila, *Drosophila suzukii* (Matsumura) in small fruits in the Pacific Northwest. *IOBC/WPRS Bulletin [Proceedings of the IOBC/WPRS Working Group "Integrated Plant Protection in Fruit Crops,*

Subgroup Soft Fruits", Budapest, Hungary, 20-23 September 2010, 70:129-136. (Hämtad 2016-02-15)

Hallmann C. A., Foppen R. P. D., Van Turnhout C. A. M., De Kroon H., Jongejans E. (2014) Declines in insectivorous birds are associated with high neonicotinoid concentrations. *Nature* Vol 000 s. 1-3 (Hämtad 2016-02-22)

Hamby K. A., Hernández A., Boundy -Mills K., Zaloma F. G. (2012) Associations of Yeasts with Spotted-Wing *Drosophila* (*Drosophila suzukii*; Diptera: Drosophilidae) in Cherries and Raspberries. *Applied and Environmental Microbiology* 78(14) s. 4869, 4871-4872 (Hämtad 2016-01-25)

Hampton E., Koski C., Barsonian O. (2014) Use of early ripening cultivars to avoid infestation and mass trapping to manage *Drosophila suzukii* in *Vaccinium corymbosum*. *J. Econ. Entomol.* 107(5):1849-1857 (Hämtad 2016-03-16)

Hauser M. (2011) A historic account of the invasion of *Drosophila suzukii* (Matsumura) (Diptera: Drosophilidae) in the continental United States, with remarks on their identification. *Pest Manag Sci* (67) s. 1352-1357 (Hämtad 2016-01-27)

Jordbruksverket (2014-09-24) *Drosophila suzukii*, en fruktad fluga. Tillgänglig: <http://www.jordbruksverket.se/amnesomraden/odling/vaxtskydd/friland/drosophilasuzukiifruktadfruktfluga.4.37e9ac46144f41921cd2a950.html> (Hämtad 2016-02-02)

Jordbruksverket (2016-01-12) *Projekt om nya beredningsplaner och neonikotinoider*. Tillgänglig: <http://www.jordbruksverket.se/amnesomraden/djur/olikaslagsdjur/binochhumlor/biodlingsprojekt/projektomnyaberedningsplaner.4.362991bd13f31cadcc2c79.html> (Hämtad 2016-02-22)

Kacar G., Wang X., Stewart T. J., Daane K. M. (2015) Overwintering Survival of *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) and the Effect of Food on Adult Survival in California's San Joaquin Valley. *Environmental Entomology* s. 7 (Hämtad 2016-02-19)

Kirst H. A (2010) The spinosyn family of insecticides: realizing the potential of natural products research *The Journal of Antibiotics* (63) s.101 (Hämtad 2016-02-25)

Knight A. L., Basoalto E., Yee W., Hilton R., Kurtzman C. P. (2015) Adding Yeasts with Sugar to Increase the Number of Effective Insecticide Classes to Manage *Drosophila suzukii* (Matsumura) (Diptera: Drosophilidae) in Cherry. *Pest Manag Sci* (2015) (Hämtad 2016-02-09)

Lee J. C., Burrack H. J, Barrantes L. D., Beers E. H., Dreves A. J., Hamby K. A., Haviland D. R., Isaacs R., Richardson T. A., Shearer P. W., Stanley C. A., Walsh D. B. Walton V. M., Zalom F. G., Bruck D. J (2012) Evaluation of Monitoring Traps for *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) in North America. *HORTICULTURAL ENTOMOLOGY* 105(4) s. 1351 (Hämtad 2016-02-11)

Lee J. C., Bruck D. J., Dreves A. J., Ioriatti C., Vogt H., Baufeld P (2011) In Focus: Spotted wing *Drosophila*, *Drosophila suzukii*, across perspectives. *Pest Manag Sci Vol 67* s. 1349-1351 (Hämtad 2016-03-16)

Lundin O., Bommarco R. (2015) *Neonikotinoider och bin – en systematisk genomgång av den vetenskapliga litteraturen*. Rapport av Jordbruksverket. Tillgänglig: <http://www.jordbruksverket.se/download/18.1a3130fb152332440fc31aca/1452581913644/Neonikotinoider+och+bin.pdf> (Hämtad 2016-02-22)

Mertz F. P., Yao R. C. (1990) *Saccharopolyspora spinosa* sp. nov. Isolated from Soil Collected in a Sugar Mill Rum Still. *International Journal Of Systemativ Bacteriology* 40(1) s. 34 (Hämtad 2016-03-03)

Michaelakis A., Mihou A.P., Koliopoulos G., Couladouros E. A. (2007) Attract-and-kill strategy. Laboratory studies on hatched larvae of *Culex pipiens*. *Pest Manag Sci* 63(10) s. 954 (Hämtad 2016-02-17)

Mitsui H., Takahashi K. H, Kimura M. T. (2006) Spatial distributions and clutch sizes of *Drosophila* species ovipositing on cherry fruits of different stages. *Population Ecology* (48) s. 233 (Hämtad 2016-02-10)

Oakeshott J. G., Vacek D. C., Anderson P. R. (1989) Effects of microbial floras on the distributions of five domestic *Drosophila* species across fruit resources. *Oecologia* (78) s. 539 (Hämtad 2016-01-25)

Perrings C., Dehnen-Schmutz K., Touza J., Williamson M. (2005) How to manage biological invasions under globalization. *Ecology and Evolution Volym 20*(5) s. 212, 214 (Hämtad 2016-02-22)

Quarles W. (2015) IPM for Spotted Wing *Drosophila*. *IPM Practitioner XXXV*(1/2) s. 1-2 (Hämtad 2016-02-19)

- Renkema J. M., Buitenhuis R., Hallett R. H. (2014) Optimizing Trap Design and Trapping Protocols for *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) *HORTICULTURAL ENTOMOLOGY Vol. 107(6)* s. 2117 (Hämtad 2016-03-15)
- Rota- Stabelli O., Blaxter M., Anfora G. (2013) *Drosophila suzukii*. *Current Biology* 23(1) s. R8-R9 (Hämtad 2016-01-27)
- Scalera R., Genovesi P., Essl F., Rabitsch W. (2012) *The impacts of invasive alien species in Europe*. European Environment Agency Nr 16 (Hämtad 2016-02-19)
- Stanbury P. F., Whitaker A., Hall S. J (1995) *Principles of Fermentation Technology*. 2 uppl. Great Britain by BPC Wheatons Ltd, Exeter (Hämtad 2016-03-18)
- Trost J. (1993) *Kvalitativa intervjuer*. Lund: Studentlitteratur (Hämtad 2016-02-02)
- Van Timmeren S., Isaacs R. (2013) Control of spotted wing drosophila, *Drosophila suzukii*, by specific insecticides and by conventional and organic crop protection programs. *Crop Protection* (54) s. 126 (Hämtad 2016-02-24)
- Van Timmeren S., O'Donnell K., Isaacs R. (2012) Spotted Wing *Drosophila* Identification Guide. *Department of Entomology, Michigan State University* s. 1-6 (Hämtad 2016-02-02)
- Vilcinskas A., Stoecker K., Schmidtberg H., Röhrich C. R., Vogel H. (2013) Invasive Harlequin Ladybird Carries Biological Weapons Against Native Competitors. *Sci Mag* (340) s. 862 (Hämtad 2016-03-01)
- Walsh D. B., Bolda M. P., Goodhue R. E., Dreves A. J., Lee J. C., Bruck D. J., Walton V. M., O'neal S. D., Zalom F. G. (2011) *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae): Invasive pest of ripening soft fruit expanding its geographic range and damage potential. *Journal of Integrated Pest Management* 1 s. 4, 6 (Hämtad 2016-02-19)
- Wang X. G., Jarjees E. A., McGraw B. K., Bokonon-Ganta A. H., Messing E. H., Johnson M. W. (2005) Effects of spinosad-based fruit fly bait GF-120 on tephritid fruit fly and aphid parasitoids. *Biological Control* 35 s. 155-156 (Hämtad 2016-02-25)

Wang X. G., Messing R. H. (2004) The ectoparasitic pupal parasitoid, *Pachycrepoideus vindemniae* (Hym., Pteromalidae), attacks other primary tephritid fruit fly parasitoids: host expansion and non-target impact. *Biol Control* (31) s. 228 (Hämtad 2016-02-23)

Williams T., Valle J., Viñuela E. (2003) Is the naturally derived insecticide Spinosad compatible with insect natural enemies? *Biocontrol Sci. Technol* (13) s. 459 (Hämtad 2016-02-25)

Woltz J. M., Donahue K. M., Bruck D. J., Lee J. C. (2014) Efficacy of commercially available predators, nematodes and fungal entomopathogens for augmentative control of *Drosophila suzukii*. *J. Appl. Entomol.* S. 759, 767-768 (Hämtad 2016-02-22)

Yee W. L., Chapman P. S. (2005) Effects of GF-120 Fruit Fly Bait Concentrations on Attraction, Feeding, Mortality, and Control of *Rhagoletis indifferens* (Diptera: Tephritidae). *J. Econ. Entomol.* 98(5) s. 1654 (Hämtad 2016-03-03)

6.1 Icke publicerat material

Alix Whitener	(A) Personlig intervju 28 januari 2016
Boyd Mori	(B) Personlig intervju 8 februari 2016
Sanja Manduric	(C) Personlig intervju 12 februari 2016
Magnus Engstedt	(D) Intervju via mejl 18 februari 2016

6.2 Enkätundersökning- respondenter

Elisabeth H. Beers

Shawn Steffan

Mark Bolda

Orkun Baris Kovanci

Jana Lee

Frank G. Zalom

Claudio Ioriatti

Heidrun Vogt

Gianfranco Anfora

Juergen Gross

6.3 Bilder

Figur 1. *Drosophila suzukii* - elektronenmikroskopische Aufnahme des Eiablageapparates

Fotograf: Martin Hauser (Eget arbete) licens: CC BY 3.0 de, Wikimedia Commons Tillgänglig:
<http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/de/deed.en> (Hämtad 2016-02-20)

Figur 2. *Cherry with oviposition scars of D. suzukii* Fotograf: Martin Hauser Phycus (Eget arbete)

licens: CC BY 3.0 de, Wikimedia commons Tillgänglig:
<http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/de/deed.en> (Hämtad 2016-02-29)

Figur 3. *Spotted-wing Drosophila (Drosophila suzukii) female*

Fotograd: Martin Cooper licens: CC BY 2.0, Creative commons
Tillgänglig: <https://www.flickr.com/photos/m-a-r-t-i-n/15195497409/in/photolist-EsvucZ-p9LTYD-gwvpmz-7NQ2Tk-7Nx4v4-7Nx4wp-8X5vQx-8WhST8-7NB3uQ-7Nx4tz-iw2oe7>
(Hämtad 2016-02-02)

Figur 4. Pirate bug (*Orius insidiosus* [Rhynchota: Anthocoridae]) feeding on white fly nymphs

Fotograf: Jack Dykinga By derivative work: Anna Frodesiak licens: Wikimedia Commons
Tillgänglig:
[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Orius_insidiosus_from_USDA_2_\(cropped\).jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Orius_insidiosus_from_USDA_2_(cropped).jpg)
(Hämtad 2016-02-25)

Figur 5. *Drosophila-fälla i hallonodling*

Fotograf: Sanja Manduric licens: tillåtelse för användning av Sanja Manduric 2016-02-20

7. Bilagor

7.1 Intervju A

1. Kan du kort berätta om forskningen du bedriver på SLU gällande *Drosophila suzukii*?

Jag forskar främst om vilka olika jästarter som specifikt attraherar *Drosophila suzukii* och hur de kan användas i bekämpningssyfte. Det har visats att två jästarter, framför allt *Hanseniaspora uvarium*, attraherar specifikt *D. suzukii* och i mindre grad andra flygare inom familjen. Jag undersöker hur parningsbeteende, kön med mera påverkar artens olikheter att attraheras av olika jästkombinationer. Förhoppningen är att vi ska upptäcka jästarter och ta reda på vilka proportioner och sammansättningar som attraherar *D. suzukii*. Med denna vetskap kan man på syntetisk väg kombinera en konstgjord komposition som fungerar som lockbete för flygaren. Insekticider kan till exempel göras mer effektiva. Jästen används som lockbete för fångstfällor. Problemet med jästen är att den förändras med tiden. En omgivande film av andra organismer börjar tillsluta att växa på jästen och detta kan resultera i att den blir mindre attraktiv och tappar sin effektivitet som lockbete.

2. Kan du förklara skillnaden mellan betesfällor (bait traps) och syntetiska fällor (chemical/syntethic lure)?

I bait traps används riktiga livsmedel såsom äppelcidervinäger, vin eller jäst. Chemical/syntethic lure är fällor som består av ämnen som framställts på konstgjord väg.

3. Är det mer effektivt att använda fällor med syntetiskt framställt betesinnehåll istället för egentliga livsmedel såsom äppelcidervinäger/ jäst?

Betesfällor bestående av riktiga livsmedel är problematiska då de förändras över tid. I de försök jag har varit med och gjort har vi varit tvungna att byta innehåll i fällorna varje vecka. Emellertid kan vatten tränga in i fällorna och detta påverkar ämnens koncentration och komposition negativt. Även temperaturskillnader, högre på dagen och lägre på natten, påverkar betet gjort på livsmedel och gör det mindre hållbart på lång sikt.

Fällor med syntetiskt framställt lockbete är effektiva i det avseende att de attraktiva ämnena inte förändras över tid och/ eller påverkas i samma utsträckning av temperatur och yttre omständigheter. De aktiva beståndsdelarna i vätskan hålls stabila och mer intakt. Fördelen med den konstgjorda framställningen är dessutom att man kan framställa en helt unik komposition, innehållande olika ämnen och koncentrationer av dem. Ett av de framtida målen är att forska fram en förebyggande metod som kan attrahera och döda flugan innan den för exempelvis hunnit para sig.

4. Hur kan man använda doftfällor som bekämpningsstrategi?

Jag har gjort försök där jag har testat doftfällor med olika storlek på ingångshålet till fällan. Den totala arealen på hålen var densamma, $2,5 \text{ cm}^2$, oavsett vilken fälla det rörde sig om. Fälla nr 1 hade 8 små hål. Fälla 2= 3 medelstora hål och fälla 3= 1 stort hål. Fällorna var försedda med äppelcidervinäger som skulle fungera som lockbete och innehållet byttes ut varje vecka. Jag ville undersöka om flugorna lockades till fällorna med de större eller mindre hålen och om "surface area" spelade någon roll. Resultatet var att hålen visade ingen större effekt på fångsten av *D. sukii*. De hål som hade medelstor storlek fångade flest flugor. Stora hål resulterade alltså inte i större fångst. Något som dock visade sig var att fällorna med mindre hål reducerade bifångst såsom skalbaggar och andra insekter. Alltså var de mindre hålen bättre i det avseendet.

Höjden på öppningarna/ingångshålen i förhållande till vätskan testades om detta påverkade attraktionen för fällan. Även betets – äppelcidervinägers volym testades då olika fällor var försedda med olika mycket volym. Det visade sig att höjden på ingångshålen inte utvisade någon variation på fångst i fällorna. Det som gav olika resultat var fällorna med olika volymer vätska. Fällorna innehållande mest volym äppelcidervinäger fångade flest *D. sukii*. Detta kan bero på att koncentrationen av attraktiva ämnen från äppelcidervinägern höll sig intakta med högre volym i fälla.

Jag har gjort försök med syntetiskt bete i fällorna. Fällorna med syntetiskt bete fungerade bättre än de med äppelcidervinäger under varm väderlek, i juli augusti. Under de varma månaderna fångade de fler flugor än fällorna med vinäger. När det blev kallare i oktober så fungerade de olika fällorna lika effektivt. Förmodligen har temperaturen betydelse och kan ha påverkat äppelcidervinägern negativt under denna

period. Det kan emellertid behövas olika fällor olika tider på året för att maximalt uppnå bäst effekt.

5. Hur fungerar fällorna? Dödas flugorna genom drunkning och används fällorna till massfångst eller främst för prognos och övervakning?

Fällorna dödar flugorna när de hamnar i fällan men i nuläget fungerar de som prognos. I de försök jag har varit med och gjort har de använts i syfte att övervaka arten och ge information om när populationen är som högst, när på säsongen de påbörjar sin flygning, artens beteendemönster beroende på årstid med mera. I de flesta fällor, oberoende av sammansättning, tillsätts vanlig disksåpa för att kväva flugorna till döds. Flugorna behöver dock bryta ytspänningen i vätskan för att fastna då det annars finns en risk att de flyger ut igen. I ett försök tillsattes insekticider i fällorna för att undersöka om det gav någon effekt. Resultatet angav att det inte fungerade i någon större utsträckning, utan drunkningseffekten kvarstår mer effektiv.

Om vi kan forska fram kemiska sammansättningar av ämnen som är mer attraktiva än frukten i sig själv, kan man använda fällorna till massfångst. Idag är frukten mer attraktiv och lockar inte tillräckligt stort antal av populationen för att problemet ska vara ur världen.

6. Finns det teorier om hur flugan har kommit till Europa? Tror man att *D. suzukii* spridit sig från Hawaii till USA?

Vi vet inte helt säkert hur *Drosophila suzukii* har spridit sig över världen. Forskare tror att *D. suzukii*-flugan har spridit sig med hjälp av importerad frukt. Arten uppskattas ha etablerat sig på 80-talet på Hawaii-öarna. Forskare har jämfört populationer av *D. suzukii* på bland annat Hawaii-öarna, i USA och i Asien. Det finns analyser där flugornas genotyper har studerats och visat att *D. suzukii* troligtvis kommit från Asien till USA. Alltså har arten troligtvis inte spridit sig från Hawaii till USA.

7. Kan forskning om lämpliga parasitoider leda till en lösning på *D. suzukiis* angrepp?

Forskare har rest till Japan för att upptäcka eventuella parasitoider som kan fungera som naturliga fiender för *Drosophila suzukii*. Dock är detta ett problematiskt och riskfyllt arbete och man vet för lite om naturliga fiender för *D. suzukii*. Vid import av parasitoider måste först forskning på området göras noggrant för att inte riskera att parasitoiderna

attackerar och utplånar andra arter, t.ex. nyttodjur i annat klimat. Kunskapen är inte tillräcklig om hur de hade betett sig i ett annat klimat med annan biologisk mångfald. Att ta fram och forska om lämpliga naturliga fiender för att senare gå vidare till att praktiskt släppa ut dem på främmande mark, är ett arbete som tar lång tid att fullfölja.

8. *D. suzukii* kan utveckla 15 generationer/ år i ett varmare klimat. Ser det annorlunda ut förflugans utveckling i Sverige?

Antal generationer kan variera beroende på hur temperaturen ser ut för olika år. *Drosophila suzukii* är klimattålig och kan uthärda mycket tuffa och kalla förhållanden. Ett år med extrema väderförhållanden och ihållande kyla kan minska populationen.

7.2 Intervju B

1. Kan du kort berätta om forskningen du bedriver på SLU gällande *Drosophila suzukii*?

Jag forskar om *Drosophila suzukiis* olika interaktioner med jäst. Jag forskar omflugans beteende och i vilket syfte den attraheras av jästarter. Det vi vill ta reda på är om jästen fungerar som föda för vuxna individer av *D. suzukii* och/eller har den betydelse för honans äggläggning. En del av forskningen går ut på ta reda på mer omflugans beteende och på så sätt kunna ta fram någon strategier för att bekämpa den.

En metod vi tittar på, är hur en insekticid kan kombineras med jäst. Vi forskar om eventuella svampar skulle kunna fungera som patogen för *D. suzukii*. Insekticiden vi använder i nuläget, spinosad, är baserad på bakterier och även godkänd för ekologisk odling (i USA). Organofosfater skulle kunna användas, men de är inte något vi vill arbeta med i dagens läge då de inte är bra i miljösynpunkt.

Vi har också gjort försök med *Bacillus thuringensis*, men det fungerade inte i någon större utsträckning så forskningen har ej fortsatt. Det finns olika klasser av *B. thuringensis* för olika insekter. Vi provade en som skulle fungera mot ett flertal flugarter men försöket visade inte ha någon effekt på *D. suzukii*-flugan.

2. Varför attraheras *D. suzukii* av jäst?

I början antogs det att flugans intresse av jäst berodde på *Drosophila suzukii*s intresse av föda. Forskning visade att så var fallet. Den vuxna individen äter av jästen och den fungerar som en bra födokälla för flugan. Dock fick vi även reda på att larven är väldigt attraherad av jäst. I vilket syfte det beror på är antagligen att jästen fungerar som potentiell föda för den, liksom för den vuxna flugan. Vi vet inte helt säkert än varför *D. suzukii* attraheras av jäst.

Artificiell föda för *D. suzukii* har testats gentemot artificiell föda kombinerat med jäst. Den födan som inte var kombinerad med jäst attraherade inte flugor i någon större utsträckning. Födan kombinerad med jäst utgjorde mycket större attraktion. Vi antar att jästen fungerar som en bra protein- och näringskälla för flugan och larven.

3. Vet ni varför *D. suzukii*-honor föredrar att lägga ägg i mogen, färsk och oskadad frukt?

Nej vi är inte säkra på det. Vi tror det kan bero på att flugan har utvecklat strategier inom arten för att reducera konkurrensen om föda. Övermogen frukt lockar tills sig många andra *Drosophila*-arter och konkurrensen om frukten är stor. Evolutionen har eventuellt resulterat i att *D. suzukii* har kunnat tillgodo se sig födan tidigare än andra arter, och på så sätt kunnat reducera konkurrensen. Vi tror också att det kan bero på att övermogen frukt ofta består av olika biprodukter som bakterietillväxt och/eller mögeltillväxt. Det kan vara så att dessa frukter utvecklar gifter eller liknande som inte *D. suzukii*-flugan kan föda av.

4. Vilka jästarter har ni upptäckt är mest attraktiva för *D. suzukii*?

Hanseniaspora uvarum, *Saccharomyces cerevisiae* och *Pichia terricola*. Vi har testat många olika jästarters attraktivitet, men dem tre är de som visats vara mest attraktiva för flugan.

5. Kan jäst användas för att göra en insekticid mer attraktiv/effektiv?

Det har visats att om man adderar jäst med insekticiden så resulterar det i minskad äggläggning och ökad dödlighet för flugorna. Insekticiden ensam eller insekticid med jäst fungerar på samma sätt, men den med jäst dödar fler flugor.

**6. Gällande insekticider, finns det en risk att resistens kan utvecklas inom arten?
Hur gör ni för att motverka detta?**

Ja det kan det. Om samma insekticider används flera år i rad, eller mycket frekvent under en säsong, ökar utvecklingen av resistens. För att undvika att detta inträffar är det viktigt att använda olika klasser av insekticider, kombinerade på olika sätt. Biologiska preparat som spinosad kan till exempel användas varvat med pyretroider etc. Ett annat tillvägagångssätt är att delar av odlingen lämnas obesprutade. Detta kallas för ”refuge strategy”. Tanken är att delar av *D. suzukii*-populationen inte ska utsättas för besprutning och fortfarande vara mottagliga för insekticiderna.

7. Kan du förklara hur ni använder jäst för övervakning etc?

Fällor med jästbete används som övervakning av arten, för prognos. Vanligtvis används burkar med en vätska+ såpa som innehåll. I burken kan man placera en ännu mindre burk inuti, där jästbetet finns. Om jästen blandas med den övriga vätskan kan det vara svårt då du ska räkna flugorna och urskilja olika arter från varandra. Blandning blir lätt en enda sörja och gör det svårt att studera innehållet. Det fungerar bättre att jästen och vätskan förblir separata inuti burken. Du kan också använda det för att göra en insekticid mer attraktiv – attract and kill.

8. Är det mer effektivt att använda fällor med syntetiskt framställt betesinnehåll istället för egentliga livsmedel såsom äppelcidervinäger/ jäst?

Om man kan få dem lika attraktiva som fällorna med livsmedel i, så ja. Jästen kan kontamineras på grund av att den kommer i kontakt med ämnen som förändrar jästen med tiden. Om en syntetisk blandning kan framställas och fungera lika effektiv som fällorna med jäst/vin/vinäger med mera, så anser jag att det är ett mycket bättre alternativ.

9. Vilken metod tror du är den mest effektiva strategin för att bekämpa *Drosophila suzukii* i Sverige?

Jag tror att flera metoder kommer att användas i Sverige. Först så kommer odlingarna förmodligen besprutas med insekticider. Det hade varit bra om forskning kunde komma fram till lämpliga naturliga fiender för *D. suzukii*. Detta hade hjälpt till att kontrollera och minska population av flugan. Som jag ser det just nu så tror jag att besprutning av insekticider är det alternativ som finns just nu för svenskt klimat.

10. Finns det en möjlighet att forskare kan utveckla en massfångstfälla i framtiden?

Massfångst kan fungera men det beror på hur stora populationer flugan kommer att utveckla. Om populationen kommer bli alltför omfattande så tror jag inte att massfångstfällor kommer att fungera. Om däremot arten inte förökar sig i större utsträckning+ att *D. suzukii* upptäcks i tid så tror jag metoden kan fungera. Jag har inte kännedom om någon som försökt testa metoden.

11. Har du haft direktkontakt med odlare som påverkas av *D. suzukii*?

Nej, inte i Sverige. I Washington har jag varit i kontakt med odlare av körsbär, och de är ganska oroade över situationen. Flugan utgör ett stort hot för odlare i USA för närvarande. När frukten börjar bli mottaglig för angrepp så sprayar de med insekticider för att kontrollera situationen.

12. Hur övervintrar flugan?

Försök har gjorts för att studera hur låg temperatur arten kan klara av. ”Vinter-morfer” (en generation ur *D. suzukiis* livscykel), har visat sig kunna utstå väldigt låga temperaturer. Man är osäker vart flugan övervintrar, men förmodligen under barken på närliggande fruktträd. Mer forskning behöver dock göras på området.

13. Varför attraheras *D. suzukii* av vin och äppelcidervinäger?

Vin är för exempelvis framställt med hjälp av jästsvampar och det är detta som i sin tur attraherar *Drosophila*-flugorna.

7.3 Intervju C

1. När, vart och hur upptäcktes *Drosophila suzukii* i Sverige?

Drosophila suzukii upptäcktes för första gången i slutet av augusti i Lund, 2014. Det var väntat att *D. suzukii* skulle upptäckas även här, med tanke på dess snabba spridning över hela Europa. *Drosophila suzukii* sprider sig främst med hjälp av importerad frukt. Därför antog jag att störst chans att upptäcka flugorna skulle vara i nära anslutning till

mataffärer eller utanför stora lagerlokaler. Jag tillverkade fällor och hängde upp dem utanför två matbutiker i Lund. Efter en vecka kontrollerade jag fällorna och där kunde jag hitta *D. suzukii*-flugor. För att säkerställa att det rörde sig om *D. suzukii* skickade jag bilder till en kollega i Schweiz för artbestämning. Jag skickade även exemplar till Naturhistoriska museet och båda parterna var eniga om att det rörde sig om *Drosophila suzukii*. Efter att jag fick detta bekräftat hängde jag upp fällor i två odlingar. Det visade sig kort därpå att flugan fanns även där. Efter upptäckten genomfördes under 2015 en mer omfattande inventering på 22 platser. Dessa platser bestod av odlingar samt några hemträdgårdar. Fällorna som användes var Droso-trap och attraktionsvätskan bestod av vin, vinäger, vatten, sirap och/eller socker. Jag testade även en syntetisk framställd arom, som forskare i Tyskland hade skrivit om, β -Cyclocitral. De olika innehållen i fällorna visade dock ingen signifikant skillnad på fångst av *D. suzukii*-flugor.

2. Har du idéer om hur flugan övervintrar i svenskt klimat?

Det vet vi inte säkert. Man tror generellt att flugan söker sig till olika bebyggelser för att söka skydd. I slutet av säsongen, oktober-november hängde jag upp fällor på fält samt i närheten av byggnader. Jag ville se om det fångades fler flugor i nära anslutning till byggnader, eller om det fångades fler ute på fält. Resultatet visade ingen signifikant skillnad mellan de olika placeringarna av fällorna. Det är viktigt att poängtera att undersökningen var begränsad och flugpopulationen hade minskat betydligt vilket så klart hade inverkan på resultat.

Det vi vet är att *Drosophila suzukii* letar efter platser för att söka skydd från kylan och skydd mot uttorkning. Helst ska det vara platser där det är frostfritt. *D. suzukii* kan emellertid klara av hårdare kyla men det beror på hur kallt det blir och under hur lång tid. Fasen i flugans livscykel spelar en avgörande roll för hur mycket kyla de klarar av. Enligt litteraturen är det vuxna individer som övervintrar, främst vuxna parade honor. Ett litet antal puppor kan eventuellt övervintra i markprofilen under nedfallna blad, där de får skydd. Detta är dock något ovisst. Mellan 2014 och 2015 lyckades *D. suzukii* övervintra bra. Detta beror förmodligen på att det var en mild vinter. Detta år har det också varit en mild vinter med kortare perioder med låg temperatur. Under tidig vinter 15/16 var det förhållandevis varmt och detta kan ha resulterat i att *D. suzukii* har hunnit invintra i god tid.

3. Är det troligt att flugan kan utveckla lika många generationer i Sverige som i varmare klimat (10-15 st)?

Nej. Men det gäller generellt för många insekter. Sverige har ett kallare klimat än vid sydligare breddgrader och därmed kortare säsong med lägre temperatursummor.

4. Är flugans utbredning ett problem för svenska odlare idag? Hur ser det ut i våra grannländer, för exempelvis Danmark?

Ja, det är ett problem. Flugan har påträffats i 12 av 13 odlingar i Skåne. Vi har dock inte funnit flugan i något annat landskap än Skåne. Längst norrut flugan har påträffats var på gränsen till Blekinge. Vi samlade in bär för att undersöka om det fanns larver i dem och det upptäckte vi tidigt därefter att det fanns. Larverna kan vara svåra att upptäcka då dem är genomskinliga till färgen, men vi använde oss av mikroskop. Det går dessutom att lägga bären i en socker- eller saltlösning. Detta gör att larverna kryper ut från fruktköttet och de blir på så sätt lättare att studera.

Vi har haft kontakt med Danmark under säsongen och informerat varandra om hur situationen ser ut i odlingarna. Danmark upptäckte flugan en vecka efter att vi hade publicerat att den påträffats här i Sverige. Efter det hängde även danskarna upp fällor och hittade *Drosophila suzukii* omedelbart. Under 2015 har Danmark gjort inventeringar och de har funnit rätt så stora populationer av *D. suzukii*. I Norge har de gjort mindre försök och hängt upp fällor i bärodlingar men de har inte upptäckt flugan ännu.

5. Inom vilka kulturer utgör flugan störst hot?

Tunnskaliga frukter och bär. Vi har hittat *D. suzukii* i hallon, blåbär, björnbär, vinbär, fläder och plommon i Sverige. Dock har vi inte sett några skador på körsbär. Detta beror på att körsbärens var färdigplockade innan flugan var aktiv i fält. Jag såg en och annan *D. suzukii* efter skörd, men vi har inte konstaterat några skador på körsbär ännu. Körsbärsodlare måste dock vara uppmärksamma eftersom flugan kan ha tidigare start om vi får en varmare sommar 2016. Populationerna ökar dessutom för varje år.

Sena jordgubbsorter, remonterade jordgubbar kan också vara i riskzon för *Drosophila suzukii*. Dock så finns det en chans att de tidigare sorterna kan skonas på grund av att flugan

angriper senare på säsongen.

6. Vad finns det för lämpliga metoder/preparat att bekämpa flugan med i framtiden?

Lantbrukarnas riskförbund (LRF) ska söka dispens för ett preparat- spinosad, som ej är registrerat i Sverige på friland. Vi ska göra ett mindre demoförsök med nättäckning för att försöka stänga ute flugan och på så sätt motverka skador. Det har redan gjorts försök med nät så det är värt att testa metoden för att utvärdera fördelar och nackdelar.

Förebyggande åtgärder som odlingshygien- skörda bären ofta och noggrant, avlägsna frukt och bär från marken och destruera materialet är väldigt viktiga. Även ta bort den frukt som ser skadad ut. Materialet får inte komposteras utan ska förstöras för att undvika spridning.

Övervakning sker med fällor. 2014 användes enklare fällor medans år 2015 beställdes fällor från Biobasiq. Fällorna är röda med genomskinligt lock. I år tror jag att jag kommer att modifiera fällor. Jag vill borra fler hål än vad som finns på de nuvarande fällorna för att flugan ska lättare hitta i fällan.

Massfångst-metoden har testats men det är svårt då detta kräver ett stort antal fällor, på 300-400 st /ha. Bekämpningseffekten kan vara tillräcklig men detta är en kostnadsfråga. Fällorna behöver bytas ut ganska ofta och kräver stor arbetsinsats.

Dessutom finns det många vilda bärbuskar i omgivningen, utanför odlingar, som *Drosophila suzukii* angriper. *D. suzukii* angriper även prydnadsväxter som bildar bär, exempelvis kornell.

7. Vilka insekticider finns registrerade för användning mot *D. suzukii* i svensk frukt- och bärödling?

Det finns inga registrerade insekticider mot *Drosophila suzukii* på den svenska marknaden. Organofosfater är otillåtna i Sverige. Ett antal pyretroider är lagliga i Sverige men de går inte att använda så nära inpå skörd. Raptol och pyretrum, som är preparat godkända för ekologisk odling, har dålig effekt på *D. suzukii*. Det enda alternativet som är aktuellt just nu för Sverige är spinosad, om dispens beviljas.

8. Hur lång behöver karenstiden vara mellan besprutning- skörd? Kan karenstiden bli problematisk, då flugan angriper senare under säsongen?

Mot *Drosophila suzukii* kan det behöva besprutas endast några dagar innan skörd. Alltså är detta något problematiskt. Karenstiden är inte det enda som spelar roll utan också hur nyttodjur påverkas av bekämpningen. Vi behöver använda oss av ett preparat som inte utgör alltför negativ påverkan på nyttodjur. Under den tid då det behövs besprutas mot *D. suzukii* är det en stor aktivitet av nyttodjur i odlingarna. Spinosad är inte helt ofarligt för nyttodjur, men det är mer skonsamt än t.ex pyretroider. Preparatet har dessutom kortare persistens.

9. Hur kan man förebygga att arten utvecklar resistens mot insekticider?

Det är ett generellt problem som är komplext. Det är viktigt att man skiftar mellan olika aktiva substanser och undviker att bespruta upprepade gånger med samma medel. Att endast bespruta då det verkligen är nödvändigt är att föredra istället för rutinmässigt. Vi har ännu inte kunnat konstatera höga populationer av *Drosophila suzukii* i Sverige men ändå överstiger populationer skadetröskeln i flera odlingar. *D. suzukii* är en art som snabbt kan öka i antal och populationen kan expandera på väldigt kort tid.

10. Vilka tillvägagångssätt använder svenska odlare idag för att förebygga/bekämpa *D. suzukii*?

Odlare får information om förebyggande odlingsåtgärder. Informationsspridning sker kontinuerligt för att upplysa intressenter om den nya skadegöraren. Ett projekt pågår på SLU med att ta fram doftämnen och ”Tillväxt trädgård” har ett projekt där de tittar på vilka praktiska åtgärder som kan tas i användning, de samarbetar även med odlarna. Det kommer att ske fältvandringar och sammankomster i fält för att diskutera problematiken med flugan.

11. Är det ett problem att urskilja arterna i fällorna från varandra?

Det är lätt att känna ingen *Drosophila suzukii*-hanen. Det är svårare att identifiera honan. Det behövs en jättebra lupp som redskap eller ett mikroskop. För odlarna är det inte lätt med artidentifieringen. Information går att finna om flugans utseende på www.jordbruksverket.se. Denna information kan odlarna ta del av.

7.4 Intervju D

1. Har du idéer om hur flugan övervintrar i svenskt klimat?

På mötet i Köpenhamn i december klargjordes att larverna tål ner till 17 minus.

Dessutom finns det alltid övervintringsställen som är betydligt varmare – så man tror inte klimatet nödvändigtvis är en begränsande faktor.

2. Är det troligt att flugan kan utveckla lika många generationer i Sverige som i varmare klimat (10-15 st)?

Sannolikt inte.

3. Är flugans utbredning ett problem för svenska odlare idag? Hur ser det ut i våra grannländer, för exempelvis Danmark?

Inte ännu, men oron är stor och hallonodlare har för exempelvis börjat sanera från icke plockade bär och påbörjat tidigare ren-klippning av skott.

4. Vad finns det för lämpliga metoder/preparat att bekämpa flugan med i framtiden?

Det mest använda på kontinenten är Spinosad, vilket vi kommer söka dispens för.

5. Finns det framtida behov av mer effektiva övervakningsfällor?

Säkert.

6. Vilka ekonomiska förluster orsakar flugan idag?

Framför allt genom ökade skötselkostnader.

7. Vilka insekticider finns registrerade för användning mot *D. suzukii* i svensk frukt- och bärödling?

Idag fungerar nog bara Fastac och Karate men preparaten är lite väl tuffa mot nyttodjur.

8. Hur lång behöver karenstiden vara mellan besprutning- skörd? Kan karenstiden bli problematisk, då flugan angriper senare under säsongen?

Sannolikt 3-7 dagar. Fastac har 3 d och Karate 14d.

9. Hur kan man förebygga att arten utvecklar resistens mot insekticider?

Flera preparat att växla mellan är förstås det bästa.

10. Vilka tillvägagångssätt använder svenska odlare idag för att förebygga/bekämpa *D. sukii*?

För närvarande inte särskilt mycket. De som varit föremål för inventering är dem som börjat vidta mått och steg enligt ovan.

11. Är det ett problem att urskilja arterna i fällorna från varandra?

Vet ej. Har ej provat men hanarna har ju karaktäristiska fläckar på vingarna. Andra karaktärer kräver bra bordslupp.

7.5 Enkätfrågor

Dear Dr. x

May I please ask you a few questions concerning spotted wing *Drosophila*?

I'm doing my Masters thesis at SLU Alnarp on under supervision of Drs. William Walker and Peter Witzgall and would like to add a survey on the importance of SWD in different fruit growing areas.

I greatly appreciate your help!

Student of Horticulture
Mikaela Bergemalm
230 53 Alnarp, Sweden

1. Economic impact of SWD in your area, today

Scale from 1 to 5 (1=unimportant; 5=important):

and 5 years from now?

Scale from 1 to 5 (1=unimportant; 5=important):

2. Efficacy of currently available monitoring lures?

(1=unsatisfactory 5=excellent):

3. Expected future use of monitoring lures?

(1=limited; 5=widespread)

4. Current need for development of trap lures?

(1=none; 5=urgent)

5. Current availability of insecticides?

(1=insufficient; 6=sufficient)

6. Current availability of biological control methods?

(1=insufficient; 6=sufficient)

7. Need for development of control methods?

(1=none; 5=urgent)