



Sveriges lantbruksuniversitet  
Swedish University of Agricultural Sciences

Institutionen för ekologi

# Patogener och deras påverkan på honungsbin

Pathogens and their impact on honeybees

Johan Ekefäll



Kandidatarbete 15 hp  
Uppsala 2018

**Självständigt arbete/Examensarbete / SLU, Institutionen för ekologi 2018:4**

# Patogener och deras påverkan på honungsbin

Pathogens and their impact on honeybees

*Johan Ekefäll*

**Handledare:** Eva Forsgren, Sveriges lantbruksuniversitet, institutionen för ekologi

**Examinator:** Erik Öckinger, Sveriges lantbruksuniversitet, institutionen för ekologi

**Omfattning:** 15 hp

**Nivå och fördjupning:** G2E

**Kurstitel:** Självständigt arbete i biologi-kandidatarbete

**Kurskod:** EX0689

**Utgivningsort:** Uppsala

**Utgivningsår:** 2018

**Omslagsbild:** Johan Ekefäll

**Serietitel:** Självständigt arbete/Examensarbete / SLU, Institutionen för ekologi

**Löpnummer:** 2018:4

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

**Nyckelord:** Honungsbin, pollinering, Varroa, amerikansk yngelröta, den lilla kupskalbaggen, patogener

**Key words:** Honeybees, pollination, Varroa, American foulbrood, the small hive beetle, pathogens

**Sveriges lantbruksuniversitet**  
**Swedish University of Agricultural Sciences**

Fakulteten för naturresurser och jordbruksvetenskap  
Institutionen för ekologi

# INNEHÅLLSFÖRTECKNING

<b>SAMMANFATTNING</b> .....	1
<b>SUMMARY</b> .....	3
<b>INLEDNING</b> .....	5
<b>MATERIAL OCH METODER</b> .....	5
<b>LITTERATURÖVERSIKT</b>	
De olika arterna.....	6
Livet i bikupan.....	7
Honungsbiförluster.....	9
Varroakvalstret.....	9
Kupskalbaggen.....	11
Amerikansk yngelröta.....	12
Honungsbin och människan.....	12
Pollinering.....	13
<b>DISKUSSION</b> .....	14
<b>SLUTSATS</b> .....	15
<b>REFERENSLISTA</b> .....	16



## Sammanfattning

Bin har pollinerat blommor i miljontals år, och det finns idag över 20000 arter av bin världen över. Honungsbin omfattar sju av dessa arter som ingår i gruppen långtungade bin. Människan fick sin första smak av honung för flera tusen år sedan när de levde som jägare och samlare. Allt eftersom människan utvecklades insåg de att det gick att domesticera dessa små kryp. Traditionen med biodling började med de gamla egyptierna och fördes sedan vidare. Det var de forna européerna som tog det västerländska honungsbiet (*Apis mellifera*) över havet, till den nya världen. De två arterna som i stor skala används i biodling är det västerländska och det östasiatiska honungsbiet (*Apis cerana*). Det västerländska honungsbiet är numera utspritt över hela världen förutom på antarktis, medan det östasiatiska honungsbiet är utspritt i östra Asien. Inuti honungsbiets kupa återfinns tre olika typer av bin. Drottningen, drönare och arbetare. Bisamhället består av en stor andel arbetare, ett betydligt mindre antal drönare och endast en reproducerande drottning. En drottning lägger tusentals ägg om dagen. När äggen utvecklas till larver tas de om hand av arbetarbin och efter två veckor har larven förpuppats och utvecklats till ett honungsbi, redo att tillföra kupan pollen och honung. Honungsbiet förser även människan med vax och pollinering av olika grödor. I och med den ökande populationen av människor och den ökande livsmedelsproduktion som krävs för att föda jordens befolkning upplever vi nu globalt en brist på honungsbin för pollinering. Stora förluster av honungsbisamhällen har rapporterats sedan 1869, men det är de senaste åren som det har uppmärksammats rejält. Många biodlare har drabbats av stora förluster av honungsbisamhällen. Forskare världen över ser detta som ett allvarligt hot mot livsmedelproduktionen och försöker därför ta reda på vad det beror på. Olika parasiter och skadegörare som till exempel varroakvalstret (*Varroa destructor*) dök upp i Europa på 70-talet och är numera ett problem i biodling över hela världen. Problemet med varroa är att de livnär sig på honungsbiets hemolymfa, vilket försämrar biets immunförsvar och gör det svagare och mer mottagligt för patogener. En annan skadegörare, den lilla kupskalbaggen (*Aethina tumida*), kommer ursprungligen från Afrika, där de inte utgör något större hot mot honungsbin. Lilla kupskalbaggen observerades för första gången i USA i mitten på 2000-talet. Utanför Afrika förstör de för honungsbin genom att äta upp deras vaxkakor, pollen och honung. När de äter av vaxkakorna och borrar sig igenom dem, skadas vaxkakorna och honungen kontamineras och "jäser". Om inte åtgärder vidtas kan bina lämna kupan. Andra orsaker till förlusten av honungsbin är en sjukdom som kallas amerikansk yngelröta. Bakterien som orsakar sjukdomen, *Paenibacillus larvae*, infekterar larverna som till slut dör och bildar en brun sörja. Denna sörjan innehåller miljontals bakteriesporer som kan bevaras inaktiva i minst 35 år.



## Summary

Bees have been pollinating flowers for millions of years and today there are more than 20000 species of bees worldwide. Honeybees comprise seven of these species which belong to a group of bees called long tongued bees. Humans got their first taste of honey thousands of years ago while they lived as hunters and gatherers. As humans developed, the ancient Egyptians realized that it was possible to domesticate these little insects. The tradition was carried on, and it was the ancient people of Europe who brought the western honeybee *Apis mellifera* across the sea to the new world. Two species used in a large scale in apiculture are the western honeybee, *Apis mellifera*, and the eastern honeybee, *Apis cerana*. The western honeybee is spread all over the world except Antarctica, while the eastern honeybee is only used in beekeeping in eastern Asia. There are three different casts of bees in a honeybee colony: a reproducing queen, drones and workers. The colony consists of a large proportion of workers, a significantly smaller number of drones and only one queen. A honeybee queen can lay thousands of eggs in a day. When the eggs hatch into larvae, they are taken care of by the worker bees and after pupation and development in the sealed cell, the larvae hatch as an adult honeybee ready to contribute to the hive collecting pollen and nectar. Honeybees also contribute with wax and the pollination of different crops. With a growing human population to feed, there is a growing demand for honeybees to pollinate the crops required. Several major losses of honeybee colonies have been reported since the mid19<sup>th</sup> century, but in recent years the honeybee losses have been debated more frequently. Many beekeepers have suffered from a decreasing number of honeybee colonies and researchers around the world see this as a serious threat to humanity therefore trying to find out what's causing it. Various parasites and pests like the varroa mite (*Varroa destructor*) appeared in Europe in the 1970's and have since then spread throughout the world. The varroa mite feed on the honeybee decreasing their immune system and making them weaker and more susceptible to pathogens. Not only Varroa mites cause collapse of honeybee colonies. Another pest, the small hive beetle (*Aethina tumida*) originate from Africa where they don't present a serious threat. The beetle was observed for the first time outside Africa in the US in the mid 2000's. Outside of their native range the beetle is considered a major problem for beekeepers. The beetle larvae destroy the honeybee combs and the honey when they eat through the wax foundation destroying the wax and contaminating the honey. If no action is taken the bees may abscond, leaving the hive permanently. Another cause of honeybee losses is a bacterial brood disease called American foulbrood. A bacterium, *Paenibacillus larvae*, infects the larvae which eventually dies and form a brown glue-like smear which contains millions of spores that can remain viable for decades.





## **Inledning**

För cirka 100 miljoner år sedan började blommande växter uppträda på jorden. Vid samma tidpunkt började vissa getingar att besöka dessa växter för att samla in pollen. Dessa getingar började sedan att livnära sig på det proteinrika pollenet och därmed överge sin livsstil som predatorer. Vid insamlandet av pollen gjorde de även blommorna en tjänst; de pollinerade dem. Honungsbin har använts i människans tjänst i tusentals år och biodling i sin nuvarande form började hos de forntida egyptierna. Honungsbin har visat sig vara väldigt viktiga för människan genom tillverkning av honung, vax och pollinering av växter. Men det finns många hot mot honungsbin; bland annat olika skadegörare och sjukdomsalstrare som exempelvis bakterier. Av 20000 kända biarter representerar honungsbina endast sju av dessa. Det är framförallt *Apis mellifera* och *Apis cerana* som används inom biodling. En viktig faktor för ett honungsbisamhälle är en frisk drottning som grund för att kunna bilda ett starkt samhälle med många individer. Honungsbin har utvecklat ett komplicerat socialt kommunikationssystem för att effektivt kunna samla in nektar och pollen för att fylla på sina honungsförråd. Om honungsbin skulle försvinna en dag betyder det inte nödvändigtvis slutet på mänskligheten, då den största delen av de kalorier vi får i oss är från vindpollinerade grödor. Men det skulle med säkerhet påverka vissa växters reproduktion och därmed också vår konsumtion av vissa frukter och grönsaker. Därför är det väldigt viktigt att undersöka vad som är de främsta bidragande orsakerna till honungsbiförluster idag, och hur värdefulla honungsbin är för människan och hur man kan förebygga dem. För att förstå hur de olika patogenerna påverkar honungsbin är det bra att förstå deras livscykel, då många patogener endast påverkar honungsbin i vissa stadier i deras livscykel. Förluster av honungsbin påverkar även pollineringen av vissa växter, som bidrar till människans ekonomi. Om dessa förluster presenteras i samband med den ekonomiska förlusten kanske fler människor får upp ögonen för detta stora problem vi ställs inför idag. Därför ska jag svara på följande frågeställningar: Vilka är de främsta patogenerna för honungsbin idag? Hur ser livscykeln ut för honungsbin och hur särskiljer sig de olika arterna? Hur påverkas människan av förlusten av honungsbin i form av färre pollinerade grödor?

## **Material & metoder**

Framförallt använder Web of Science för att hitta diverse artiklar men även vissa review-artiklar, där sökningar som till exempel honeybee AND pests, varroa, hive beetle, disease och humans gjordes. Genom att gå vidare från källförteckningen från vissa artiklar kunde andra relevanta källor hittas. Detta gjordes genom att söka på författarens namn på Web of Science. Utöver Web of Science användes även olika böcker för att hitta nödvändig information. När insamlingen av data var färdig bearbetades datan och rapporten påbörjades. På web of

science hittade jag det mycket av informationen för olika patogener, men även från andra hemsidor. I litteraturen hittade jag mer information om hur livscykeln ser ut hos honungsbin och hur de olika arterna skiljer sig åt.

## De olika arterna

Det finns över 20000 biarter som återfinns över hela jordklotet (Wilson, 2014). Av dessa 20000 arter räknas sju till gruppen honungsbin: *Apis cerana*, *Apis mellifera*, *Apis koschevnikovi*, *Apis nigrocincta*, *Apis andreniformes*, *Apis florea* och *Apis dorsata* (Wilson, 2014). De nio familjerna av bin brukar delas in i tre grupper: Korttungade bin, medeltungade bin och långtungade bin. Honungsbin ingår, tillsammans med humlor, grävarbin, snickarbin, gaddlösa bin och gökbin i gruppen långtungade bin (Wilson, 2014). Av honungsbinas sju arter är två av dem vanligtvis domesticerade, dessa arter är *A. mellifera* och *A. cerana* (Huang *et al*, 2017). De övriga fem arterna är också viktiga pollinatörer för oss människor. I subgenuset *Micrapis* återfinns två arter: *A. florea* och *A. andreniformis*. Dessa två arter är storleksmässigt minst av de olika honungsbiarterna (Wilson, 2014) Dvärgbiet (*A. florea*) är ett rödaktigt bi som utbreder sig från nordöstra Afrika till östra Kina och så långt ner som till norra Malaysia. Detta biet ses ofta som det mest primitiva och lever i små samhällen, som endast bygger en vaxkaka, ofta väldigt exponerat. De vanligaste platserna denna arten bygger sin enda vaxkaka på är på små grenar i mindre träd eller i trädstubbar (Wilson, 2014). Även om dvärgbiet inte används inom biodling, bidrar dess pollinering och "vilda" honung till ekonomin för bönder i sydostasien (Wongsiri *et al*, 1997). Dvärgbiets nära släkting, det svarta dvärgbiet (*A. andreniformis*) har nästan samma storlek, utseende och geografisk utspridning men skillnaden är att det svarta dvärgbiet har mörkare pigment, därav namnet. De finns även på ön Borneo, Filippinerna och öar runt omkring. Precis som sin nära släkting *A. florea*, bygger de sin vaxkaka i det öppna, oftast på en gren i ett litet träd, och det var inte förrän 1991 som de delades upp som separata arter (Wongsiri *et al*, 1997). Den största av de sju honungsbiarterna är en art som tillhör subgenuset *Megapis*. Jättebiets (*A. dorsata*) drottning kan uppnå en längd av hela 32 mm med olika färgvariationer i likhet med de andra arterna, men är oftast brunaktig med svarta ränder. Geografiskt finns denna art spridd från norra Pakistan österut mot norra Vietnam och söderut i Malaysia, Indonesien och Filippinerna. Till skillnad från sina mindre släktingar bildar dessa bin stora samhällen (Wilson, 2014). De bygger endast en vaxkaka, oftast på väldigt otillgängliga platser för människor (Wilson, 2014), som högt upp i trädtoppar. Dessa bin går inte att använda inom biodling då de är väldigt aggressiva (Wen *et al*, 2017). En av de mest populära arterna hos oss människor är det östasiatiska honungsbiet (*A. cerana*). De har använts i biodling i Kina i minst 1700 år. Det östasiatiska honungsbiet är fortfarande väldigt populärt bland biodlare i sydöstra Asien, där de tillför lokalbefolkningen inkomst från honung

och vax (Chen *et al*, 2017). Det är till synes väldigt likt det västerländska honungsbiet men något mindre. Även om det västerländska honungsbiet och det östasiatiska honungsbiet är väldigt lika varandra, så skiljer de sig åt i sin utspridning. *Apis cerana* sprider sig geografiskt från nordvästra Indien till nordöstra Kina, ned mot södra Thailand (Wilson, 2014). Denna art tillhör den grupp av honungsbin som bygger sina bon i håligheter och inkluderar även det filippinska honungsbiet (*A. nigrocincta*) (Oldroyd *et al*, 2006). Till skillnad från det västerländska honungsbiet har *A. cerana* utvecklat ett försvar mot en allvarlig fiende, den asiatiska jättebålgetingen (*Vespa mandarinia*). När en asiatisk jättebålgeting försöker ta sig in i ett bisamhälle tar sig ett stort antal honungsbin snabbt dit och bildar en "boll" runt bålgetingen. Genom att röra sina vingmuskler bildas värme som till slut tar död på bålgetingen utan att skada bina, då dessa honungsbin tål en högre maxtemperatur (Wilson, 2014). Det kanske minst studerade honungsbiet är det filippinska honungsbiet. Denna art är utspridd på Mindanao som är en filippinsk ö men även på Sulawesi som tillhör Indonesien (Damus *et al*, 1997). De liknar ekologiskt sett det östasiatiska honungsbiet och de blev nyligen indelade som separata arter genom dess olikheter i morfologi och för att drönarna flyger iväg på olika tidpunkter på dygnet för att para sig (Palmer *et al*, 2001).

Det minst spridda av alla honungsbin är det röda honungsbiet (*A. koschevnikovi*), som endast bebor regnskogarna på ön Borneo i Malaysia och Indonesien. Biet är rödaktigt och skiljer sig från andra honungsbin genom att det har mer behåring, är mer "ludet" (Wilson, 2014; Woyke, 1997).

Den vanligaste arten av honungsbin är *A. mellifera*, även kallat det västerländska honungsbiet (Wilson, 2014). Det är den mest utspridda arten av honungsbin och har kunnat anpassa sig till att leva på sex av jordens sju kontinenter, undantaget är Antarktis (Wilson, 2014). En faktor som särskiljer denna art från de övriga arterna är att det är det enda av alla honungsbin som sannolikt inte härstammar från Asien, utan Afrika. Från Afrika spred det sig sedan norrut till Europa (Wilson, 2014). Denna arten bildar enorma samhällen med upp emot 50 000 arbetarbin under högsäsong (Wilson, 2014).

## **Livet i bikupan**

Honungsbin lever ett väldigt komplext liv där de till stor del utvecklats för att samla nektar som bearbetas till och lagras som honung som kan förse ett stort antal individer med energi när vintern kommer (Wilson, 2014). I ett honungsbisamhälle finns det tre olika sorters bin, arbetarbin, drönare och en drottning. I ett stort honungsbisamhälle kan det finnas tiotusentals arbetarbin, några tusen drönare och endast en drottning. Drönarens enda uppgift är att para sig med ungdrottningar och de har därför inte utvecklat någon gadd som de kan stickas med.

Arbetarbina gör det mesta i kupan; de städar, bygger upp vaxkakorna, tar hand om de nykläckta larverna, skyddar samhället mot inkräktare och samlar in nektar och pollen till samhället. Pollenet samlas in i speciella "korgar" på arbetarbiets bakben (Gould *et al*, 1988). En drottning kan producera upp till otroliga 2000 ägg om dagen (Gould *et al*, 1988) och kan överleva i många år: detta att jämföra med arbetarbin som oftast bara lever i en månad. Hela cykeln börjar med att drottningen lägger ett ägg i en av de sexkantiga vaxcellerna. Redan efter tre dagar kläcks ägget och ut kommer en larv. Larven matas av arbetarbin och 10 dagar efter den kläckts spinner larven en kokong där den förpuppas och har inom loppet av två veckor förvandlats till ett fullvuxet bi (Wilson, 2014; Gould *et al*, 1988). För att samhällets honung ska vara så beständig som möjligt mot olika mikroorganismer och för att honungen ska kunna ge näring till honungsbin, adderas ett speciellt enzym som kallas invertas. Detta gör att sockret bryts ned från sackaros till fruktos och glukos som nu kan metaboliseras av honungsbin. Det är också en av faktorerna som gör att mögel och olika bakterier inte kan överleva i honungen (Gould *et al*, 1988)(Lichtenberg-Kraag, 2014). Efter detta driver arbetarbina ut vattnet ur nektarn genom att fläkta med vingarna tills dess att mindre än 20% vatten återstår. När vattenhalten blir lägre, ökar nektarns viskositet som gör det ännu svårare för bakterier att trivas. I och med den låga vattenhalten kan inte mikroorganismer eller jäst överleva där. Utöver detta adderas ett till enzym, oxidas, som konverterar socker till väteperoxid vilket bidrar till ett ännu mer ogästvänligt klimat för mikroorganismer (Gould *et al*, 1988). När våren kommer börjar samhället byggas upp på grund av den stora tillgången på nektar och pollen. Det är främst proteinet från pollenet som gör att drottningen kan lägga så många ägg och nektarn och pollenet från blommorna som gör att larverna kan utvecklas. Längre fram på våren har samhället vuxit sig så stort att det börjar bli ont om plats i kupan. Detta gör att samhället gör sig redo att svärma och drottningceller byggs upp. Larverna i dessa celler blir matade med en speciell föda som kallas drottninggelé vilket gör att larverna som skulle bli arbetarbin istället utvecklas till drottningar. Svärmningen påbörjas medan de nya drottningarna är i puppstadiet. Ungefär hälften av bina i kupan och den gamla drottningen fyller sina honungsmagar med honung innan de flyger iväg och bildar en klunga på en trädgren i närheten av kupan (Gould *et al*, 1988). Från klungan skickas sedan spanarbin ut, för att hitta en ny boplats. Överflödet av pollen och nektar har nu kommit mot sitt slut, och det gör att det svärmande samhället har en sämre chans att hinna bygga upp nya vaxkakor och samla in tillräckligt med nektar och pollen för den kommande vintern (Gould *et al*, 1988).

## Honungsbiförluster

Under de senaste åren har många forskare studerat förluster av honungsbisamhällen mer intensivt och hur denna trend kommer att påverka oss människor i framtiden (Wilson, 2014). Förluster av stora antal honungsbisamhällen är inget nytt fenomen. Minst 18 fall av dramatiska honungsbiförluster har uppmärksammats sedan 1869 världen över (vanEngelsdorp *et al*, 2009). I början på 1900-talet förlorade Storbritannien en betydande mängd honungsbisamhällen. Nästan hela populationen av den inhemska arten *Apis mellifera mellifera* dog ut (Wilson, 2014). Colorado, USA hade stora förluster av honungsbisamhällen i slutet på 1800-talet på grund av något som kallades "May disease. Länder som USA och Tyskland har haft en förlust av honungsbin den senaste tiden men andra länder som Kina, Spanien och Argentina har upplevt en ökning (Potts *et al*, 2016). Olika patogener har en betydande roll i förlusten av honungsbin idag, därför har jag valt att undersöka vilka patogener som bidrar mest, och hur man bekämpar dem. En av de främsta bidragande orsakerna till förluster av honungsbisamhällen är angrepp av varroakvalstret (vanEngelsdorp *et al*, 2009).

## Varroakvalstret

*Varroa destructor* är ett kvalster som ingår i genuset *Varroa* tillsammans med *Varroa jacobsoni*, *Varroa underwoodi* och *Varroa rindereri* (Rosenkrantz *et al*, 2010). Dessa kvalster livnär sig på hemolymfan hos olika arter av honungsbin (Anderson *et al*, 2000). *V. destructor* är från början en parasit hos det östasiatiska honungsbiet, men deras samevolution under lång tid har gjort att ett starkt försvar mot *V. destructor* har utvecklats hos *A. cerana*. När det västerländska honungsbiet flyttades till områden där det östasiatiska honungsbiet var inhemskt, bytte kvalstret värd till det västerländska honungsbiet på grund av dess högre mottaglighet. Genom detta spridde sig kvalstret över nästan hela världen (Le Conte *et al*, 2010). *V. destructor* lever hela sitt liv i honungsbisamhället där det livnär sig på hemolymfan. Livscykeln kan delas in i två faser, reproduktionsfasen och spridningsfasen. Under spridningsfasen tar sig *V. destructor*-honan till ett vuxet honungsbi där kvalstret liftar vidare till en larvcell. När varroa-honan tagit sig in i cellen klättrar hon till botten av larvcellen där honungsbilarvens föda återfinns. När cellen har täckts av vax börjar kvalstret livnära sig på honungsbilarvens hemolymfa. Efter cirka 70 timmar börjar *V. destructor* lägga ägg, det första ägget utvecklas till en hane, de andra blir till honor. Drönarlarver angrips ungefär 8-10 gånger oftare än arbetarlarver, anledningen till detta kan vara att drönarlarver tas om hand mer frekvent av husbina. Det bidrar till att kvalstret lättare tar sig in i dröncellen (Rosenkrantz *et al*, 2010). Under tiden kvalstret livnär sig på honungsbilarven försvagas larven och blir mer

utsatt för patogener, framför allt virus. Detta skapar stora problem för bisamhällen. Ett virus som överförs effektivt av kvalstret och som orsakar missbildningar av biets vingar och en förkortad bakkropp är DWV (*Deformed wing virus*). Även viruset ABPV (*Acute bee paralysis virus*) överförs av kvalstret vilket leder till sämre utveckling, förkortad livslängd och ett nedsatt immunförsvar hos bina (Le conte *et al*, 2010). De kan även få orienteringssvårigheter, som påverkar dess förmåga att samla nektar och pollen (Ritter *et al*, 2006). Genom en så kallad nedfallsundersökning kan mängden av varroakvalster uppskattas. På botten av kupan läggs ett varroainlägg som täcker större delen av ytan. Sedan undersöks inlägget av förekomsten av kvalster flera gånger inom en två-veckors period. Genom att undersöka hur många kvalster som ramlat ned på inlägget varje dag kan en uppskattning av hur många kvalster som återfinns i kupan göras (Kristiansen, 2017). Döda puppor som honungsbin städade ut kan också hittas runt kupan. Andra symptom är många tomma vaxceller med oregelbundet lagda larver (Jordbruksverket, 2017). Bisamhällen som har angripits av *V. destructor* dör oftast inom 1-3 år om de lämnas obehandlade. Livslängden från angreppsdagen beror på hur snabbt kvalstret förökar sig men också på om det omkringliggande området är rikt på andra varroa-angripna honungsbin eller inte. Bisamhället klarar inte en övervintring med höga kvalstertal vilket gör att *V. destructor* påverkar överlevnaden av honungsbisamhällen över hela världen. Under vintern 1995-1996 och 2000-2001 dog mellan 50-100% av bisamhällena hos många biodlare i USA. Liknande händelser uppstod i centrala Europa, speciellt under vintern 2002-2003 och några år senare inträffade samma sak i södra Europa (Le conte *et al*, 2010). När kvalstret dök upp i Europa på 1970-talet användes flera olika kemiska bekämpningsmedel som till exempel fluvinat. Redan år 1995 noterades det att *V. destructor* i södra Europa utvecklat resistens mot fluvinat vilket gjorde bekämpningsmedlet verkningslöst. För tillfället finns inget kemiskt bekämpningsmedel som är 100% effektivt (Le conte *et al*, 2010), men det finns andra metoder utöver kemiska bekämpningsmedel att tillämpa. Genom att droppa oxalsyralösning i bisamhällen dör kvalstren. Problemet med denna metod är att endast kvalster som sitter på de vuxna honungsbin blir behandlade, därför är det bättre om det inte finns något täckt yngel i kupan när kuren påbörjas. Oxalsyrabehandling görs under hösten och gör att samhället får en lägre nivå av kvalster inför övervintringen (Jordbruksverket, 2017). En väldigt effektiv metod för att ta död på kvalster på både de vuxna honungsbin och deras larver är att använda myrsyra. Genom att applicera myrsyra på en duk som sedan läggs på ramlisterna bildas myrsyra ånga, som tar död på kvalstren (Jordbruksverket, 2017). Drönarlarver blir oftare utsatta av varroaangrepp än arbetarlarver, och för att bekämpa detta kan man använda en metod som kallas drönarutskärning. Det innebär att angripna drönarlarver skärs ut från vaxkakorna på försommaren under larvens utveckling, och genom detta kan kvalstermängden minska. Metoden bör påbörjas så tidigt som möjligt på våren, för bästa resultat (Jordbruksverket, 2017).

## Kupskalbaggen

Den lilla kupskalbaggen (*Aethina tumida*) utgör ett stort hot mot honungsbisamhällen i flera länder. Skalbaggen kommer ursprungligen från Afrika där den inte anses vara ett stort problem på grund av att de afrikanska honungsbina har utvecklat ett bra försvar. De afrikanska honungsbina är mer aggressiva mot inkräktare vilket förhindrar intrång i kupan. De lägger också mer energi på att hålla det rent och fritt från andra insekter i kupan. Genom att rensa ut larver och att fylla områden där skalbaggen kan gömma sig med propolis, utgör *A. tumida* inget större hot mot dem. Utan detta försvar, som innebär att honungsbina alltid håller koll på vad som tar sig in i kupan, blir konsekvenserna ödesdigra (Anonymous, 2017). Den första upptäckten av *A. tumida* utanför Afrika gjordes 1996 i South Carolina, USA. Redan under sommaren 1998 förstördes tusentals bisamhällen i Florida (Ambrose *et al*, 2016). I nuläget har skalbaggen spridit sig över större delen av USA och Australien. Den återfinns även i Kanada, Mexiko, Jamaica, Cuba och Italien (Anonymous, 2017). *Aethina tumida* befinner sig ofta längst ner i kupan och springer snabbt iväg om kupan öppnas. Detta gör att den kan vara svår att upptäcka. Utöver dess förmåga att gömma sig är den lilla kupskalbaggen kapabel att överleva en vinter i bikupan utan problem. Ett starkt honungsbisamhälle blir inte speciellt påverkat av *A. tumida*, men om samhället blir försvagat på något sätt kommer *A. tumida* ta tillfället i akt och lägga sina ägg i skrymslen och vrår i kupan. När dessa ägg kläcks och blir larver börjar de orsaka stora skador. De små larverna borrar sig igenom vaxkakorna för att livnära sig på bisamhällets honung, pollen och även larver (Ambrose *et al*, 2016). Larvernas och skalbaggens avföring medför också stora problem. Honung som blandas med avföringen börjar fermentera vilket gör honungen oanvändbar. I vissa extrema fall överger honungsbina kupan helt och hållet (Anonymous, 2017). Det ideala klimatet för *A. tumida* är en temperatur runt 20°C. Som med de flesta insekter har denna skalbagge en kort livstid. Det gör att när vintern är för kall och lång så är skalbaggen för gammal för att kunna reproducera sig när våren kommer och temperaturen äntligen stiger. En annan, viktig faktor är att larverna inte klarar av att överleva låga temperaturer i jorden där de förpuppas (Anonymous, 2017). Det finns flera olika metoder för att förhindra etableringen av *A. tumida*. Den bästa metoden anses vara att ha ett starkt och friskt bisamhälle med en ung drottning. Starka bisamhällen med många bin har en större chans att skydda vaxkakorna mot angrepp (Anonymous, 2017). Då larven måste lämna kupan för att förpuppas är ett alternativ att behandla jorden omkring kupan med insektsmedel som gör att pupporna i jorden dör (Cuthbertson *et al*, 2013).

## **Amerikansk yngelröta**

Bakteriella sjukdomar är också en betydande orsak till honungsbiförlusterna (vanEngelsdorp *et al*, 2010). Den allvarligaste av dessa är en sjukdom som kallas amerikansk yngelröta. Denna sjukdom orsakas av en bakterie, *Paenibacillus larvae*. Bakterien bildar sporer som inte är infektiösa för vuxna individer utan endast för mycket unga honungsbilavver (vanEngelsdorp *et al*, 2010). Sjukdomen är mycket smittsam och om samhället lämnas utan åtgärder dör det. Bakteriesporerna kommer in i larvens tarm via födan, gror och börjar dela sig. När bakterierna förökade sig och uppfyller tarmen bryter de sig igenom tarmepitelet och larven dör. Återstoden av den döda larven "ruttnar" till en brunaktig sörja med en illaluktande doft som efterhand torkar till en skorpa på botten av vaxcellen. Denna intorkade rest av larven innehåller miljontals bakteriesporer. Sporerna är mycket motståndskraftiga, tål kyla, uttorkning och höga temperaturer. De kan även ligga inaktiva i mer än 35 år (Genersch, 2009). Den bästa metoden för att förhindra spridning är att bränna gamla vaxramar, larver och honung för att sedan föra över bina till en kupa med en helt ny utrustning (vanEngelsdorp *et al*, 2010). Det finns bin med olika benägenhet att städa ut sjukt yngel och genom att avla på de med hög grad av städiver, kommer dessa bin att kunna avtäcka infekterade celler och rensa ut den infekterade larven innan smittsamma sporer hinner bildas. Men det förekommer även andra metoder som till exempel användandet av antibiotika (vanEngelsdorp *et al*, 2010). Problemet med att använda antibiotika är att det inte dödar bakteriesporerna, och kan på lång sikt göra bakterien resistent. Det kan också innebära att honungen som produceras innehåller en liten andel antibiotika. Därför är antibiotikaanvändning inget att rekommendera, dessutom är det förbjudet i Sverige. (vanEngelsdorp *et al*, 2010) (Jordbruksverket, 2005).

## **Honungsbin och människan**

Människans förfäder levde som jägare och samlare vilka jagade djur och samlade frukt och bär för att överleva. Då och då kunde de passera bisamhällen och genom att samarbeta kunde de ta binas honung och få sig en snabb energikick. Detta finns dokumenterat i form av grottmålningar som daterar cirka 13 000 år tillbaka. Men de första riktiga biodlarna levde i forna Egypten där det finns målningar som beskriver biodling och som dateras till 2400 år före Kristus. Egyptierna började bygga bikupor genom att väva korgar och täcka dem med lera. De konstruerade även flottor där bikupor sattes fast och som sedan flöt längs med Nilen. På detta sättet kunde de skörda honung från en enorm mängd olika blommor (Wilson, 2014). Egyptierna spred sin kunskap om biodling vidare till grekerna som i sin tur spred det vidare till romarna cirka 150 f. K. Romarna förde sedan biodling vidare genom hela Europa (vanEngelsdorp *et al*, 2010) Européerna tog det västerländska honungsbiet (*Apis mellifera*) till Amerika på 1600-talet



där det främst användes för pollinering av grödor. Vissa av dessa bin övergav sina kupor och flög iväg in i skogarna och bosatte sig (Wilson, 2014). I det vilda bygger honungsbin oftast sina bon i ihåliga träd men även i hålor under marken (Michener, 2007). Denna art av honungsbin finns nu hos biodlare över hela världen och har blivit så pass viktig att vårt moderna samhälle har svårt att klara sig utan dem (Wilson, 2014). Honungsbin har ett enormt stort ekonomiskt värde för oss människor i form av pollinering av olika grödor men även som producenter av vax och honung. Vaxet som produceras används till största delen till kosmetikaindustrin, farmaceutiska industrin och till vaxljus (Wilson, 2014).

## Pollinering

I hundratals år har bönder importerat honungsbin för att öka produktionen av grödor. Det har varit nödvändigt på grund av att antalet vilda bin och inhemska honungsbin inte har räckt till för att kunna pollinera de grödor som måste produceras för en växande befolkning (Williams *et al*, 2002). Något som gör honungsbin till speciellt bra pollinerare är att de pollinerar ett stort antal olika blommor; de specialiserar sig inte på en art utan de är så kallade generalister (vanEngelsdorp *et al*, 2010). Av de 115 vanligaste grödorna pollinerar honungsbin cirka hälften av dessa. Även om honungsbin är viktiga pollinerare, så består den största delen av de kalorier vi människor får i oss av grödor som är vindpollinerade, som till exempel vete och ris (Genersch, 2009). Honungsbin är speciellt viktiga för monokulturer på grund av deras höga antal individer per samhälle. När ett bi har hittat ett område med en hög andel blommor "dansar" de. Genom denna dansen förstår de andra bina i vilken riktning och hur långt de ska flyga för att hitta nektarkällan. Studier har gjorts som visar att honungsbin hellre flyger längre till en större nektarkälla, än flyger till källor med mindre nektarkällor som är närmare. Hur långt de flyger beror också på hur landskapet ser ut och blommornas utspridning (Greenleaf *et al*, 2007). Monokulturer kan bestå av grödor som till exempel mandel, vattenmelon, kaffe och hallon där pollineringen utförts till cirka 90% av honungsbin (Klein *et al*, 2007). Den globala omsättningen av honungsbi-pollinering hamnar på omkring 207 miljarder dollar eller 1,7 biljoner svenska kronor om året (Wilson, 2014). Globalt sett har honungsbi-populationen ökat, men ökningen är inte snabb nog för att kunna pollinera tillräckligt med grödor, som därmed kan livnära jordens alla människor och djur. I flera områden har dock honungsbi-populationen minskat, främst i Europa och Nordamerika (vanEngelsdorp *et al*, 2010). I USA har antalet honungsbisamhällen minskat drastiskt med cirka 55% från 1940-talet (Wilson, 2014). Men det finns andra pollinatörer där ute, som det blå orkidébiet (*Osmia lignaria*). Detta biet är inhemskt i USA och precis som honungsbiet, specialiserar de sig inte på en gröda. De har även många olikheter jämfört med honungsbiet. Exempelvis så lever dessa bin solitärt, alltså utan att bilda samhällen. De lever i hålor i döda träd och kan inte producera honung (Mims, 2009). I en

undersökning av polleninsamling av orkidébiet, där boet fanns i närheten av en fruktodling fann man att 85% eller mer av pollenet kom från fruktträd. Med denna kunskapen vet man att de inte flyger iväg till andra grödor för att pollinera dem, de håller sig alltså till de grödor man vill att de ska pollinera (Bosch *et al*, 2001). Endast 250 honor krävs för att pollinera en hektar av äpplen i USA, ungefär samma resultat med 200-240 honor finns hos *Osmia cornifrons*, ett liknande bi i Asien som har pollinerat majoriteten av äpplen i Japan i över 80 år (Biddinger, 2018) (Bosch *et al*, 2001). Jämfört med användning av honungsbin, där 1 till 2.5 bikupor krävs per hektar, alltså tusentals bin för att pollinera samma mängd grödor. Problemet med honungsbin är att de har lätt att flyga utanför området som de ska pollinera, men även för att de inte flyger ut ur kupan om vädret är för dåligt. Ännu en fördel med orkidébiet är att honorna samlar nektar och pollen samtidigt, (hanar samlar endast nektar), det gör att effektiv pollinering sker nästan varje gång. De är också bättre anpassade att flyga under sämre väderförhållanden och lägre temperaturer på grund av att de är så kallade vårbin (Bosch *et al*, 2001). Men det finns också nackdelar med orkidébiet, det går inte att öka mängden med mer än en faktor av 3-8 varje år. Honungsbin kan öka från bara några stycken, med en drottning, till ett samhälle på tiotusentals på bara några månader (Mims, 2009).

## Diskussion

En stor orsak till honungs biförluster är att vi människor har spridit honungsbiet till habitat där den egentligen inte hör hemma. Genom att flytta arter där de inte hör hemma har de ingen chans att utveckla ett försvar genom samevolution, istället blir de bombarderade av ett antal olika bakterier och skadegörare som gör det extra svårt att överleva och frodas, det gör att obalans skapas. Användandet av antibiotika har bevisats störa olika mikrober i magsystemet hos olika djur, och infektioner efter en antibiotikabehandling är ett stort problem. För honungsbin används fortfarande antibiotika i flera länder för att förhindra infektioner hos biynglet. Men användandet av antibiotika stör biets magsystem som gör det mer mottagligt för patogener som gör att biets överlevnad minskar (Raymann *et al*, 2017). Detta problem hade kunnat undvikas genom att följa ekologiska metoder för bekämpning som nämnts tidigare istället för att använda antibiotika som är skadligt i det långa loppet. Man kan också ha i åtanke att människor inte ser på bin som de ser på andra djur, människor som har både bin och till exempel kor tänker nog inte på samma sätt om de båda arterna. Kor är däggdjur med egna personligheter och en relativt stor hjärna i likhet med oss människor, medan ett honungsbi bara är en av tusentals individer, där ett enskilt biliv inte är så värdefullt. Människor ser nog på bin som hårt arbetande insekter som pollinerar grödor, förser oss med honung och vax, inte som djur som kräver lika stort ansvar och skötsel som kor gör. Genom att ha detta tankesättet

ges bina inte lika mycket uppmärksamhet som de kanske förtjänar. Därför tror jag att det hade varit viktigt att ändra sitt tankesätt angående honungsbin, om detta uppnås hade nog bipopulationen kunnat öka betydligt mer än vad den gör idag. Jag tror även att om honungsbin hade dött ut i framtiden, så hade någon nära släkting till honungsbiet eller någon annan sorts insekt ersatt deras niche. Hur framtiden ser ut för honungsbin är svårt att säga. Om fler människor hade valt att bli biodlare och använt honungsbin som är avlade för att kunna klara sig bättre mot många sjukdomar hade framtidsutsikten för den växande mänskopopulationen kunnats förbättras. En annan idé för att öka honungsbipopulationen skulle kunna vara att börja ge bidrag till de som faktiskt blir biodlare, då hade förmodligen fler människor blivit biodlare. Det ges bidrag till bönder runt om i Sverige för att de bidrar med till exempel köttproduktionen till landets befolkning, skulle det inte vara mer än rätt att börja göra detsamma för biodlare? Som faktiskt gynnar landets ekonomi i ännu större utsträckning, i form av pollinerade grödor

### **Slutsats**

Bakteriesjukdomen, Amerikansk yngelröta och parasiten, varroakvalstret är en av de främsta bidragande orsakerna till honungsbiförluster idag. Det krävs att fler biodlare använder sig av bin som är framavlade att städa ur infekterade yngel snabbare, för att dessa patogener inte ska få fäste och därmed undvika att bisamhällen dör helt i onödan. Att hålla rent och fint i sitt samhälle är också väldigt viktigt för att förhindra spridning av patogener. Att använda andra arter av bin för pollinering, till exempel det blå orkidébiet, är en väldigt bra idé, som har visat sig vara speciellt bra pollinerare för många fruktträd inom *rosaceae*-familjen. Även om detta biet inte bildar samhällen, går det att kultivera genom att borra hål i i till exempel trädstockar, som fungerar som deras bo. Sådana här bin har börjat säljas för användning på kommersiell skala, i västra delen av USA. Men dessa bin bildar ingen honung, som många biodlare på liten skala är ute efter, därför är det svårt att införa användandet av dessa bin hos privata biodlare. Då pollinering står i fokus bör andra arter testas, då de har bevisats pollinera mer effektivt. I vissa länder används fortfarande antibiotika för att bekämpa patogener, men det försämrar honungsbits hälsa i det långa loppet, därför bör det förbjudas i alla länder.

## Referenser

Ambrose, JT; Tarpy, DR; Keller, JJ. 2016. The small hive beetle: A pest of honeybee colonies. Beekeeping Note 3D. North Carolina State University, Department of Entomology and North Carolina Cooperative Extension, North Carolina, USA.

Anderson, DL; Trueman, JWH. 2000. *Varroa jacobsoni* (Acari: Varroidae) is more than one species. *Experimental and Applied Acarology* **24**:165-189.

Anonymous\_4. 2005. Amerikansk yngelröta- Biologi, diagnos och bekämpning. Jordbruksverket, Sverige.  
[http://www2.jordbruksverket.se/webdav/files/SJV/trycksaker/Jordbruksinformation/jo05\\_16.pdf](http://www2.jordbruksverket.se/webdav/files/SJV/trycksaker/Jordbruksinformation/jo05_16.pdf)

Anonymous\_3. 2017. Bekämpa varroa. Jordbruksverket, Sverige.

<http://www2.jordbruksverket.se/download/18.2e6575531535141f301c7659/1457523972044/ovr383.pdf>

Anonymous\_2. 2017. Beskrivning av bisjukdomar. Jordbruksverket, Sverige.

[https://www.jordbruksverket.se/amnesomraden/djur/olikaslagsdjur/binochhumlor/beskrivning\\_avbisjukdomar.4.1a4c164c11dcdaebe12800064.html](https://www.jordbruksverket.se/amnesomraden/djur/olikaslagsdjur/binochhumlor/beskrivning_avbisjukdomar.4.1a4c164c11dcdaebe12800064.html)

Anonymous. 2017. The small hive beetle A serious threat to European Apiculture. s 5-25. The National Bee Unit, Animal Plant Agency, Sand Hutton, York, UK.

Beekman, M; Ratnieks, FLW. 2000. Long-range foraging by the honeybee, *apis mellifera* L. *Functional Ecology* **14**:490-496.

Biddinger, D. 2018. Orchard Pollination – Solitary (mason) Bees. USA.

Charles D. Michener. 2007. Tribe apini. Anna J. Michener. The bees of the world. s 830. The Johns Hopkins university press, baltimore, USA.

Chen, C; Liu, ZG; Luo, YX; Xu, Z; Wang, SH; Zhang, XW; Dai, RG; Gao, JL; Chen, X; Guo, HK; Wang, HH; Tang, J; Shi, W. 2017. Managed honeybee colony losses of the eastern honeybee (*Apis cerana*) in China (2011-2014). *Apidologie* **48**: 692-702.

Cox-Foster, DL; Conlan, S; Holmes, EC; Palacios, G; Evans, JD; Moran, NA; Quan, PL; Briese, T; Hornig, M; Geiser, DM; Martinson, V; vanEngelsdorp, D; Kalkstein, AL; Drysdale, A; Hui, J; Zhai, JH; Cui, LW; Hutchison, SK; Simons, JF; Egholm, M; Pettis,

JS; Lipkin, WI. 2007. A metagenomic survey of microbes in honeybee colony collapse disorder. *Science* **318**: 283-287.

Cuthbertson, AGS; Wakefield, ME; Powell, ME; Marris, G; Anderson, H; Budge, GE; Mathers, JJ; Blackburn, LF; Brown, MA. 2013. The small hive beetle *Aethina tumida*: A review of its biology and control measures. *Current zoology* **59**:644-653.

Damus, MS; Otis, GW. 1997. A morphometric analysis of *Apis cerana* F and *Apis nigrocincta* smith populations from southeast asia. *Apidologie* **28**: 309-323.

Genersch, E. 2009. American foulbrood in honeybees and its causative agents, *Paenibacillus* larvae. *Journal of Invertebrate Pathology* **103**:10-19.

Greenleaf, SS; Williams, NM; Winfree, R; Kremen, C. 2007. Bee foraging ranges and their relationship to body size. *Oecologia* **153**: 589-596.

Huang, WF; Mehmood, S; Huang, SK; Chen, YW; Ko, CY; Su, S. 2017. Phylogenetic analysis and survey of *Apis cerana* strain of sacbrood virus (AcSBV) in Taiwan suggests a recent introduction. *Journal of Invertebrate Pathology* **146**: 36-40.

James L Gould; Carol grant Gould. 1988. The life of the bee. James L Gould; Carol grant Gould. The honeybee. s 19-28. W. H. Freeman and company, New york, USA.

Jordi Bosch; William P. Kemp. 2001. The Blue Orchard Bee. Valerie Berton; Andy Clark. How to Manage the Blue Orchard Bee. s 12. National Agricultural Library, Beltsville, USA.

Korhonen, J; Lindström, K. 2017. Litteraturstudie. Sverige.  
<https://www.vasa.abo.fi/users/geklund/Hemsida%20dokument%202016-17/Litteraturstudie%205.9%2016.pdf>

Klein, AM; Vaissière, BE; Cane, JH; Steffan-Dewenter, I; Cunningham, SA; Kremen, C; Tscharntke. 2007. Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *The Royal Society* DOI: 10.1098/rspb.2006.3721.

Kremen, C; Williams, NM; Thorp, RW. 2002. Crop pollination from native bees at risk from agricultural intensification. *Proceedings of the national academy of sciences of the United States of America* **99**:16812-116816.

Kristiansen, P. Varroa. 2017. Biodlarnas riksförbund, Sverige.  
<https://www.biodlarna.se/bin-och-biodling/bihalsa/bisjukdomar-och-parasiter/varroa/>

Le Conte, Y; Ellis, M; Ritter, W. 2010. Varroa mites and honeybee health: can varroa explain part of the colony losses? *Apidologie* 41:353-363.

Lichtenberg-Kraag, B. 2014. Evidence for correlation between invertase activity and sucrose content during the ripening process of honey. *Journal of Apicultural Research* 53: 364-373.

Mims, C. 2009. Plan Bee: As Honeybees die out, will other species take their place? *Scientific American*. USA.

Noah Wilson-Rich. 2014. An economic force. David Price-Goodfellow & Hugh Brazier. *The bee A natural history*. s 97. Ivy press, Lewes, UK.

Noah Wilson-Rich. 2014. An introduction to bee losses. David Price-Goodfellow & Hugh Brazier. *The bee A natural history*. s 188. Ivy press, Lewes, UK.

Noah Wilson-Rich. 2014. Arthropod pests. David Price-Goodfellow & Hugh Brazier. *The bee A natural history*. s 133. Ivy press, Lewes, UK.

Noah Wilson-Rich. 2014. Honeybees. David Price-Goodfellow & Hugh Brazier. *The bee A natural history*. s 185. Ivy press, Lewes, UK.

Noah Wilson-Rich. 2014. Honebees. David Price-Goodfellow & Hugh Brazier. *The bee A natural history*. s 184. Ivy press, Lewes, UK.

Noah Wilson-Rich. 2014. Honeybees. David Price-Goodfellow & Hugh Brazier. *The bee A natural history*. s 183. Ivy press, Lewes, UK.

Noah Wilson-Rich. 2014. Honey hunting & beekeeping. David Price-Goodfellow & Hugh Brazier. *The bee A natural history*. s 16. Ivy press, Lewes, UK.

Noah Wilson-Rich. 2014. Introducing the bee. David Price-Goodfellow & Hugh Brazier. *The bee A natural history*. s 10. Ivy press, Lewes, UK.

Noah Wilson-Rich. 2014. Introducing the bee. David Price-Goodfellow & Hugh Brazier. *The bee A natural history*. s 6. Ivy press, Lewes, UK.

Noah Wilson-Rich. 2014. Introducing the bee. David Price-Goodfellow & Hugh Brazier. *The bee A natural history*. s 9. Ivy press, Lewes, UK.

Noah Wilson-Rich. 2014. The different bee groups. David Price-Goodfellow & Hugh Brazier. *The bee A natural history*. s 19. Ivy press, Lewes, UK.

Noah Wilson-Rich. 2014. The evolution and development of the Honeybee. David Price-Goodfellow & Hugh Brazier. The bee A natural history. s 20. Ivy press, Lewes, UK.

Noah Wilson-Rich. 2014. The evolution and development of the honeybee. David Price-Goodfellow & Hugh Brazier. The bee A natural history. s 20. Ivy press, Lewes, UK.

Noah Wilson-Rich. 2014. Weather & climate. David Price-Goodfellow & Hugh Brazier. The bee A natural history. s 190. Ivy press, Lewes, UK.

Oldroyd, BP; Reddy, MS; Chapman, NC; Thompson, GL; Beekman, M. 2006. Evidence for reproductive isolation between two colour morphs of cavity nesting honeybees (*Apis*) in south India. *Insects Sociaux* **53**: 428-434.

Palmer, K; Oldroyd, B; Franck, P; Hadisoesilo, S. 2001. Very high paternity frequency in *Apis nigrocincta*. *Insects Sociaux* **48**: 327-332.

Potts, SG; Imperatriz-Fonseca, VI; Ngo, HT; Aizen, MA; Biesmeijer, JC; Breeze, TD; Dicks, LV; Garibaldi, LA; Hill, R; Settele, J; Vanbergen, AJ. 2016. Safeguarding pollinators and their values to human well being. *Nature* **540**: 220-229.

Raymann, K; Shaffer, Z; Moran, NA. 2017. Antibiotic exposure perturbs the gut microbiota and elevates mortality in honeybees. *Plos Biology* DOI: 10.1371/journal.pbio.2001861.

Rosenkranz, P; Aumeier, P; Ziegelmann, B. 2010. Biology and control of *Varroa destructor*. *Journal of Invertebrate Pathology* **103**: 96-119.

Shimanuki, H. 1980. Diseases and pests of honeybees. *Agriculture handbook number 335*, :118-128.

Stindl, R; Stindl, W. 2010. Vanishing honeybees: is the dying of adult worker bees a consequence of short telomeres and premature aging? *Medical Hypotheses* **75**: 387-390.

vanEngelsdorp, D; Evans, JD; Saegerman, C; Mullin, C; Haubruge, E; Nguyen, BK; Frazier, M; Frazier, J; Cox-Foster, D; Chen, YP; Underwood, R; Tarpy, DR; Pettis, JS. 2009. Colony collapse disorder: a descriptive study. *Plos One*, DOI: 10.1371/journal.pone.0006481

vanEngelsdorp, D; Meixner, MD. 2010. A historical review of managed honeybee populations in Europe and the united states and the factors that may affect them. *Journal of Invertebrate Pathology* **103**:80-95.

Wen, P; Cheng, YA; Qu, YF; Zhang, HX; Li, JJ; Bell, H; Tan, K; Nieh, J. 2017. Foragers of sympatric Asian honeybee species intercept competitor signals by avoiding benzyl acetate from *Apis cerana* alarm pheromone. *Scientific Reports* 10.1038/s41598-017-03806-6

Wongsiri, S; Lekprayoon, C; Thapa, R; Thirakupt, K; Rinderer, TE; Sylvester, HA; Oldroyd, BP; Booncham, U. 1997. Comparative biology of *Apis andreniformis* and *Apis florea* in Thailand. *Bee world* **78**: 23-35.

Woyke, J. 1997. Expression of body and hair color in three adult castes of the red honeybee *Apis koschevnikovi* von buttel-reepen, 1906 in Sabah, Borneo. *Apidologie* **28**: 275-286.