



LUND UNIVERSITY

Växtskyddsmedlens påverkan på biologisk mångfald i jordbrukslandskapet

Rundlöf, Maj; Lundin, Ola; Bommarco, Riccardo

2012

Document Version:
Förlagets slutgiltiga version

[Link to publication](#)

Citation for published version (APA):

Rundlöf, M., Lundin, O., & Bommarco, R. (2012). *Växtskyddsmedlens påverkan på biologisk mångfald i jordbrukslandskapet*. (2 uppl.) SLU Centrum för kemiska bekämpningsmedel i miljön (CKB).

<https://www.slu.se/centrumbildningar-och-projekt/SLU-Centrum-for-kemiska-bekampningsmedel-i-miljon/publikationer/rapporter-fran-ckb/2012-2-vaxtskyddsmedlens-paverkan-pa-biologisk-mangfald-i-jordbrukslandskapet/>

Total number of authors:

3

General rights

Unless other specific re-use rights are stated the following general rights apply:

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

Read more about Creative commons licenses: <https://creativecommons.org/licenses/>

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

LUND UNIVERSITY

PO Box 117
221 00 Lund
+46 46-222 00 00

Växtskyddsmedlens påverkan på biologisk mångfald i jordbrukslandskapet



Maj Rundlöf, Ola Lundin & Riccardo Bommarco

CKB rapport 2012:2

Växtskyddsmedlens påverkan på biologisk mångfald i jordbrukslandskapet

KompetensCentrum för Kemiska Bekämpningsmedel, CKB;

Sveriges lantbruksuniversitet, SLU. 2012

ISBN: 978-91-576-9105-7

Text: Maj Rundlöf, Ola Lundin & Riccardo Bommarco, Institutionen för Ekologi, SLU

Text- och bildredigering: Monica Kling, Miljö & JordOrd, Uppsala

Omslagsbilder:

Sånglärka i skyn: P-G Bentz / sturnus.se

Övriga omslagsfoton: Monica Kling

Förord

CKB har i samråd med dess referensgrupp i första hand fokuserat sitt arbete mot den akvatiska miljön. Under 2010 gjordes en utvärdering av CKBs verksamhet och utvärderarna ansåg att inriktningen även framöver i huvudsak skulle ligga inom det akvatiska området. De föreslog dock att man skulle göra en kunskapssammanställning för terrester miljö som ett underlag för senare diskussioner om en eventuell satsning på detta komplexa område.

Det finns rapporter om minskande populationer och antal av fåglar, insekter och växter som är knutna till livsmiljöer i jordbrukslandskapet. Frågan om denna minskning kan knytas till användningen av olika moderna växtskyddsmedel eller om det är en följd av en generell förändring av jordbrukslandskapet är inte enkel. Att studera den vetenskapliga litteraturen och sammanställa den kunskap som finns på området är därför en bra hjälp när frågan diskuteras.

Föreliggande rapport är resultatet av ett uppdrag till professor Riccardo Bommarco, forskare vid Institutionen för ekologi vid SLU, att sammanställa kunskapsläget kring eventuella konsekvenser av användningen av växtskyddsmedel på den terrestra miljön.

Arbetet har resulterat i en omfattande rapport som presenterar många års forskning på området. Sammanställningen inkluderar den litteratur som funnits tillgänglig fram till sommaren 2012.

Agronom Monica Kling, frilansjournalist, har haft i uppdrag att journalistiskt granska och utforma rapporten.

De åsikter som uttrycks i denna rapport är författarnas egna och speglar inte nödvändigtvis CKB:s åsikter i frågan.

Jag vill härmed framföra ett varmt tack till Maj Rundlöf, Ola Lundin och Riccardo Bommarco för deras omfattande och energiska arbete med denna kunskapssammanställning.

Ett stort tack också till Monica Kling för initierat och ihärdigt arbete med att sammanställa och illustrera den färdiga rapporten.

Ett tack även till Willem Goedkoop och Mikaela Gönczi som har bidragit med värdefulla kommentarer.

Jenny Kreuger

Föreståndare CKB

Innehåll

Sammanfattning	5
Bakgrund och syfte	6
Definitioner och avgränsning	6
Biologisk mångfald i jordbrukslandskapet	7
Påverkan på biologisk mångfald.....	9
Ekosystemeffekter	9
<i>Påverkan på individer, populationer och organismsamhällen</i>	<i>9</i>
<i>Bioackumulation och biomagnifiering.....</i>	<i>10</i>
<i>Landskapseffekter</i>	<i>10</i>
Ogräsmedel	12
<i>Påverkan på växter</i>	<i>12</i>
<i>Påverkan på växtsamhällen</i>	<i>13</i>
<i>Påverkan på djur</i>	<i>14</i>
Insektsmedel	17
<i>Påverkan på växter</i>	<i>17</i>
<i>Påverkan på djur</i>	<i>17</i>
Svampmedel	21
Kombinationseffekter	22
Påverkan på ekosystemfunktioner	22
Kontroll av skadegörare	23
Pollinering.....	24
Diskussion, slutsatser och framtida forskningsbehov.....	25
Referenser.....	30
Bilaga.....	38
Växtskyddsmedelsanvändning i svenskt jordbruk.....	38
<i>Reglering</i>	<i>38</i>
<i>Försäljning och användning</i>	<i>38</i>
<i>Skillnader mellan grödor och regioner.....</i>	<i>40</i>
<i>Användning av glyfosat</i>	<i>41</i>
<i>Sverige jämfört med övriga Europa.....</i>	<i>42</i>
Referenser till bilaga.....	43

Sammanfattning

Jordbrukslandskapet är en viktig livsmiljö för ungefär hälften av Europas växter och djur. Bevarande av biologisk mångfald i odlingslandskapet innebär bland annat att viktiga ekosystemtjänster bibehålls. Pollinerande insekter och naturliga fiender till skadegörare är exempel på organismer som utgör en betydande resurs i jordbruket av stor ekonomisk betydelse. Kunskap om hur jordbruksåtgärder, till exempel användningen av växtskyddsmedel, påverkar de organismer som finns i landskapet är därför viktig.

I DENNA RAPPORT sammanställs befintlig kunskap om hur landlevande biologisk mångfald, främst växter, insekter, fåglar och däggdjur, påverkas av de tre vanligast typerna av växtskyddsmedel (ogräs-, insekts- och svampmedel) som används i jordbruket i Sverige. Rapporten är främst grundad på studier som utförts i Europa och Nordamerika, eftersom det finns mycket lite svensk forskning om detta.

Många länder rapporterar en minskande biologisk mångfald i jordbrukslandskapet vilket huvudsakligen antas bero på ett alltmer intensivt jordbruk. Användningen av kemiska växtskyddsmedel anges ofta som en viktig bidragande faktor, men den specifika effekten av växtskyddsmedelsanvändning är i de flesta fall svår att urskilja från andra förändringar som skett samtidigt, till exempel en förändrad markanvändning.

EN ÖVERSIKT AV ANVÄNDNINGEN av växtskyddsmedel visar att det totala antalet hektardoser som används i Sverige har sedan slutet av 1990-talet legat på en relativt konstant nivå. Eftersom den odlade ytan av grödor där växtskyddsmedel används sjunkit under samma tidsperiod finns det en trend att antalet behandlingar per hektar ökat något under de senaste 15 åren. Användningen är koncentrerad till Skåne och andra slättbygdsområden, och det är mycket vanligare med användning av växtskyddsmedel på stora än på små brukningsenheter.

DE FLESTA STUDIERN av växtskyddsmedlens påverkan på icke-målorganismer har undersökt dödliga effekter på individnivå i laboratoriemiljö. Kunskap saknas därför om icke-dödliga (subletala) effekter på

till exempel individers livslängd och fertilitet. Dessutom saknas kunskap om växtskyddsmedlens effekter på populationsprocesser och organismsamhällen.

Befintliga studier indikerar att dagens växtskyddsmedel har färre direkt dödliga effekter på icke-målorganismer jämfört med de äldre preparat som de ersatt. Färre däggdjur och fåglar förgiftas av växtskyddsmedel och det finns inte några rapporter om att dagens preparat skulle anrikas i näringskedjan. Det finns däremot dokumenterad påverkan på icke-målorganismer även vid användning av moderna växtskyddsmedel. Ofta är dessa organismer nära besläktade med skadegöraren. Exempel på detta är att pollinerande insekter och naturliga fiender till skadegörare påverkas av insektsmedel. Ett annat exempel är påverkan på andra växter än ogräs av ogräsmedel.

Det finns också påvisade indirekta effekter av växtskyddsmedel som gett förändringar i organism-samhällen och en minskad biologisk mångfald. Detta har skett genom en minskad födotillgång för växt- eller insektsätare, eller genom förändrade konkurrensförhållanden mellan arter. Exempel visar också att ekosystemtjänsterna biologisk kontroll och pollinering kan påverkas negativt av växtskyddsmedelsanvändning.

Kombinationer av preparat kan förändra giftigheten för organismen, men konsekvenserna av detta för den biologiska mångfalden är dåligt kända. Dessutom har det visats att exponering för växtskyddsmedel kan öka djurs och växters känslighet för sjukdomar.

DET FRAMGÅR AV DENNA litteraturgenomgång att det finns betydande kunskapsluckor, och att mer forskning behövs på effekter av växtskyddsmedel på landlevande biologisk mångfald och de tjänster de levererar. Övervakningen av både biologisk mångfald och av användningen av växtskyddsmedel i olika delar av Sverige kan förbättras. Förebyggande och alternativa metoder samt teknikutveckling inom växtskyddet kan minska de möjliga riskerna för biologisk mångfald. Slutligen kan åtgärder som gynnar biologisk mångfald i jordbrukslandskapet buffra för de negativa effekter som användningen av växtskyddsmedel kan ha.

Bakgrund och syfte

Denna rapport syftar till att sammanställa befintlig kunskap om hur landlevande biologisk mångfald påverkas av kemiska växtskyddsmedel som används i jordbruket. Rapporten syftar till att ge en bred internationell kunskapsöversikt om kända konsekvenser och möjliga risker för landlevande biologisk mångfald och ekosystemtjänster i jordbrukslandskapet vid användning av växtskyddsmedel mot ogräs, insekter och svampar. Vi föreslår även åtgärder som bidrar till att bättre kartlägga och bedöma möjliga risker för biologisk mångfald vid spridning av kemiska växtskyddsmedel i landskapet.

Definitioner och avgränsning

BIOLOGISK MÅNGFALD definieras i FN:s konvention om biologisk mångfald (CBD) från 1992 som variationen av levande organismer i alla typer av ekosystem, såväl landbaserade som akvatiska och marina. Definitionen inkluderar mångfald inom arter (genetisk diversitet), mellan arter (artrikedom) och mellan ekosystem (livsmiljöernas diversitet).¹

HÄR FOKUSERAR VI på den landlevande (terrestra) mångfalden av arter som är icke-målorganismer för växtskyddsåtgärder. Icke-målorganismer är arter som lever i jordbrukslandskapet och som oavsiktligt kan påverkas av växtskyddsmedel. Vi presenterar även exempel på hur de ekosystemtjänster och funktioner som dessa organismer bidrar med kan påverkas. Fokus ligger på organismer som lever ovan markytan: växter, ryggradslösa djur (insekter och spindeldjur) och ryggradsdjur (fåglar och däggdjur). Genomgången baseras till stor del på internationell vetenskaplig litteratur, främst från Europa och Nordamerika. Detta eftersom det finns mycket lite svensk forskning om effekterna av växtskyddsmedel på icke-målorganismer.

VÄXTSKYDDSMEDEL är kemiska eller biologiska preparat som används för att skydda växter inom jord-, skogs- och trädgårdsbruket mot skadegörande organismer eller konkurrerande växter.² Bekämpningsmedel är den samlade benämningen på växtskyddsmedel och biocidprodukter. De senare är produkter som används mot skadegörande organismer utanför växtskyddet, till exempel träskydds- och saneringsmedel. Kemiska bekämpningsmedel definieras i miljöbalkens kapitel 14 som ”en kemisk produkt som är avsedd för att förebygga eller motverka att djur, växter eller mikroorganismer, däribland virus, förorsakar skada eller olägenhet för människors hälsa eller skada på egendom”.³ Denna rapport tar endast upp effekter av kemiska växtskyddsmedel i jordbruket.

Växtskyddsmedel kan delas in i grupper på flera olika sätt. Ofta klassificeras de efter de organismer som medlet ska skydda grödan mot. De vanligaste grupperna är ogräsmedel (herbicider), svampmedel (fungicider) och insektsmedel (insekticider) (se bilaga). Vår rapport behandlar effekter på biologisk mångfald utifrån denna gruppering. Växtskyddsmedel kan även delas in efter verksamt substans, det vill säga det biologiskt aktiva ämnet, biologisk verkningsmekanism, farlighet för människors hälsa, eller efter hur stort spektrum av arter eller artgrupper som medlet är verksamt mot (selektivitet).

MAJORITETEN AV STUDIER om hur växtskyddsmedel påverkar icke-målorganismer är utförda i laboratoriemiljö. Växtskyddsmedel kan dock påverka organismer annorlunda i naturen. Organismen kan till exempel exponeras för växtskyddsmedlet i lägre eller högre omfattning i sin naturliga miljö jämfört med i laboratoriemiljön. Ett flertal miljöfaktorer kan förstärka eller motverka växtskyddsmedlets effekter. Dessutom kan organismer i naturen påverkas indirekt via andra växter och djur som har exponerats för växtskyddsmedel. Vi har företrädesvis valt att samla information om växtskyddsmedels påverkan på biologisk mångfald från studier som utförts i naturliga miljöer.

Biologisk mångfald i jordbrukslandskapet



Foto: Monica Kling



Foto: Sandra Lindström

Jordbrukslandskapet är en viktig livsmiljö för många växter och djur. Uppskattningsvis hälften av de arter som förekommer i Europa är beroende av livsmiljöer i jordbrukslandskapet.⁴ Framförallt ängs- och betesmarker samt jordbrukslandskapets obrukade delar, som kantzoner och åkerholmar, hyser stora mångfaldsvärden.^{5,6} Även själva åkermarken är viktig för den biologiska mångfalden och kan exempelvis innehålla en värdefull flora.⁷

BLOMMANDE GRÖDOR som oljeväxter, ärtväxter och klövervallar utgör en väsentlig födoresurs för blombesökande insekter;⁸⁻¹¹ samtidigt som dessa insekter bidrar med värdefull pollinering av de grödor som besöks.^{12,13} Det ekonomiska värdet av pollineringen i Sverige som honungsbin bidrar till uppskattades 2009 till 189-325 miljoner kronor.¹⁴ Till detta kommer värdet av andra insekters pollinering samt pollineringen av vilda bär som blåbär. Insekter bidrar även till biologisk kontroll när de livnär sig på jordbruksmarkens ogräs och skadegörande insekter.¹⁵⁻¹⁷

Åkermarken är också en viktig livsmiljö för flera av jordbrukslandskapets fåglar. Under sommaren spenderar exempelvis sånglärka, hämpling och gulsparv upp till hälften av sin aktiva tid till att födosöka på åkermark.¹⁸

DEN BIOLOGISKA MÅNGFALDEN har dock påverkats negativt av intensifiering av jordbruket och moderna brukningsmetoder som införts under de senaste årtiondena. Många europeiska länder rapporterar minskande populationer och antal arter av jordbrukslandskapets fåglar,^{4,19} insekter,^{4,13,20,21} och växter.²⁰ I Sverige är över 2 000 arter som är knutna till jordbrukslandskapet rödlistade.²²

FÅGLAR ÄR EN AV FÅ organismgrupper för vilka populationsstorlekar uppskattats över många år och i flera europeiska länder. I genomsnitt har populationerna av fåglar knutna till jordbrukslandskapet minskat med en tredjedel sedan 1980 och Sverige är ett av de länder som uppvisat störst nedgång, cirka 40 procent.^{4,23}

Antalet fåglar minskar också i andra svenska miljöer, men det har långsiktigt gått sämst för de fågelarter som är knutna till jordbrukslandskapet. Sånglärka och hämpling är tydliga exempel på arter som minskat kraftigt. Nedgången har kopplats till ett intensifierat jordbruk i slättbygderna, men även till nedläggning av jordbruk i skogsbygder.²⁴

NEGATIVA TRENDER som observeras för den biologiska mångfalden tros huvudsakligen vara orsakade av ett alltmer intensivt jordbruk,^{19,25-27} där användningen av mineralgödsel och kemiska växtskyddsmedel har ökat.²⁸⁻³⁰ Intensifiering av jordbruket har även lett till förluster och förstörelse av lämpliga livsmiljöer under de senaste 50 åren. Det tidigare mosaikartade landskapet, med en blandning av små åkrar, ängar, hagar och våtmarker, har i många områden i Europa ersatts av ett likformigt landskap som domineras av vidsträckta åkrar.

I Sverige har en liknande förändring skett i slättbygderna samtidigt som nedläggningar av jordbruk skett i skogsbygder.³¹ Även andra miljöförändringar såsom klimatförändringar och främmande invasiva arter påverkar jordbrukslandskapet och jordens andra ekosystem.³² Alla dessa faktorer kan samverka med den intensifiering som skett i jordbruket och kan resultera i stora och svårförutsägbara effekter på den biologiska mångfalden.³³

ANVÄNDNINGEN AV VÄXTSKYDDSMEDEL antas bidra till minskningen av den biologiska mångfalden.³⁴ Det finns dock få studier som lyckas separera den specifika effekten av växtskyddsmedel från påverkan på mångfalden av andra miljöförändringar. En orsak är att förändringar i landskapet och brukningsmetoder har skett parallellt. Landskapet har omvandlats särskilt mycket i samma regioner där även växtskyddsmedelsanvändningen ökat kraftigt. Det finns dock exempel på storskaliga studier i Kanada och Europa



Foto: Lasse Olsson / birding photo

Hämpling går starkt tillbaka som art i jordbrukslandskapet.



Foto: Monica Kling

Ensidig intensiv stråsädesodling minskar den biologiska mångfalden i odlingslandskapet.

(inklusive Sverige) där växtskyddsmedelsanvändningen pekats ut som den enskilt viktigaste statistiska faktorn som förklarar förlust av biologisk mångfald i jordbrukslandskapet.^{35,36}

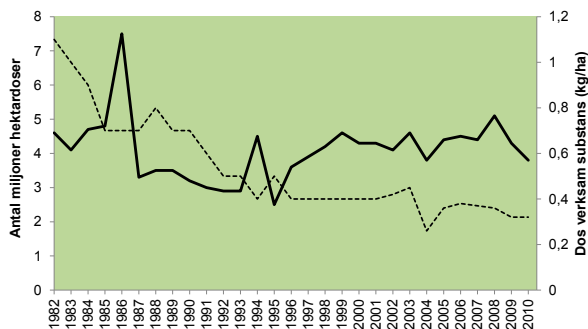
Det finns idag flera studier som jämfört mångfalden i ekologiskt respektive konventionellt brukade fält. En litteratursammanställning visade att artrikedomen av främst fåglar, insekter och växter i snitt är 30 procent högre i ekologiskt brukade jordbruksfält, jämfört med konventionellt brukade fält där kemiska växtskyddsmedel används.³⁷ Omställning till ekologisk odling innebär dock många förändringar av brukningsmetoder, förutom upphörd växtskyddsmedelsanvändning. Man kan därför inte härleda en renodlad effekt av växtskyddsmedel från dessa resultat. Avsaknad av växtskyddsmedel kan ändå antas vara en viktig bidragande orsak till en generellt högre biologisk mångfald på fält som är ekologiskt brukade.

Påverkan på biologisk mångfald

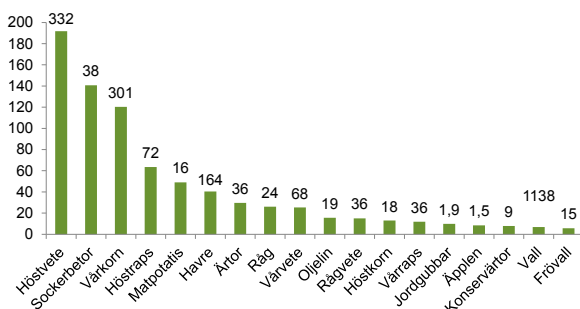


Foto: Monica Kling

Omfattningen av växtskyddsmedelsanvändningen är avgörande för dess påverkan på biologisk mångfald. I bilagan ges därför en lägesbild av den svenska användningen av växtskyddsmedel, hur den utvecklats över tid och hur den ser ut i olika grödor och regioner, samt hur stor användningen är i jämförelse med övriga Europa. Ett par exempel visas här.



Antal miljoner hektardoser — och kg verksam substans per hektar --- som förbrukats under åren 1982 - 2010.



Ton aktiv substans som användes i olika grödor 2010. Siffran ovanför varje stapel anger grödans areal i tusental hektar.

Ekosystemeffekter

Påverkan på individer, populationer och organismsamhällen

PÅVERKAN AV VÄXTSKYDDSMEDEL på en organism kan antingen vara direkt eller indirekt. Den indirekta påverkan sker när växtskyddsmedlet inte är direkt skadligt, men till exempel minskar tillgången på föda. Påverkan kan vidare vara dödlig (letal) eller icke-dödlig (subletal). Utvecklingen av nya klasser av växtskyddsmedel har generellt bidragit till att direkt dödlig påverkan på icke-målorganismer har minskat under de senaste årtiondena. Detta gäller främst för ryggradsdjur men även för ryggradslösa djur.³⁸

I Storbritannien konstaterade man 2007 64 fall av direkt växtskyddsmedelsförgiftning hos vilda ryggradsdjur eller honungsbin, vilket innebär att antalet minskat med cirka 40 procent sedan 1993.^{39,40} I majoriteten av fallen där orsaken till förgiftningen kunde fastställas berodde den på avsiktlig otillåten användning, till exempel giftätlar som preparerats med äldre typer av insektsmedel för att döda rovdjur.

Ytterligare ett exempel som tyder på att de direkt och dödligt giftiga effekterna av växtskyddsmedel minskat är att antalet inrapporterade misstänkta biförgiftningar i Sverige sjönk med omkring 90 procent mellan 1970 och 2005.⁴¹

DEN TOXIKOLOGISKA LITTERATUREN om växtskyddsmedel domineras av laboratoriestudier av akut förgiftning på ett mycket begränsat antal arter. Man mäter ofta dödlighet efter exponering av höga doser under kort tid för att skatta ett så kallat LD₅₀-värde (den dos vid vilken hälften av de utsatta organismerna dör). Det finns även flera laboratoriestudier om långsiktiga, kroniska effekter av exponering under en längre tid. I dessa studier mäts exempelvis livslängd, reproduktion och utveckling av cancer.⁴² Icke-dödliga effekter är mindre välstuderade, men flera undersökningar visar att även om organismen inte dör så kan livslängd, utvecklingshastighet, reproduktionsförmåga, könsfördelning och beteende påverkas.

Icke-dödliga effekter kan verka små och utan stor betydelse på individnivå, men de kan ha stort genomslag på populationsnivå, särskilt om de påverkar ett stadium i organismens livscykel som har stort inflytande på populationstillväxten.⁴³ Det saknas information om effekter av växtskyddsmedel på olika stadier i en arts livscykel och på populationstillväxt i både laboratorium och i fält, vilket behövs för att bättre uppskatta effekter på populationer. Både dödliga och icke-dödliga effekter kan få följd effekter i hela organismsamhället. De indirekta skadliga effekterna av växtskyddsmedel genom minskad födotillgång bedöms exempelvis för fåglar numera vara betydligt viktigare än de direkt giftiga effekterna.⁴⁴

Bioackumulation och biomagnifiering

VÄXTSKYDDSMEDEL som inte snabbt bryts ned kan ackumuleras i levande organismer (bioackumulation) och koncentreras i näringskedjan (biomagnifiering), vilket kan leda till dödliga eller subletala effekter på fiskar, fåglar och människor, som befinner sig högt upp i näringskedjan. Det klassiska exemplet är DDT. Ämnet påverkar fåglarnas körtlar som bildar äggskal så att skalen blir så tunna att de kan skadas vid äggläggning och ruvning. Fortplantningen hos rov- och fiskätande fåglar stördes och gav kraftiga populationsminskningar.⁴⁵ Boken "Tyst vår" av Rachel Carson var särskilt inflytelserik för att uppmärksamma dessa problem.⁴⁶ Den kom ut 1962 och skapade stor debatt som gav fart åt ekotoxikologisk forskning. Användningen av DDT stoppades i industriländerna, men ämnet används fortfarande i utvecklingsländer främst för att motverka spridningen av malaria.

Vid utvecklingen av nya växtskyddsmedel tar man idag hänsyn till bioackumulering. Vi har inte funnit något stöd för påverkan på biologisk mångfald på grund av bioackumulering eller biomagnifiering vid användning av de typer av preparat som är godkända i Sverige idag.

Landskapseffekter

MÅNGA AV JORDBRUKSLANDSKAPETS djur utnyttjar resurser över ett större område, bortom det individuella fältet som har behandlats med växtskyddsmedel. Den sammanlagda exponeringen av växtskyddsmedel en djurart utsätts för kommer därför att vara beroende av om arten föredrar grödor som ofta bekämpas eller inte, samt om de vistas i fältet när det behandlas.^{48,49} Dessutom utsätts växter och djur som lever i miljöer som angränsar till åkermark för växtskyddsmedel, antingen när de tillfälligt rör sig över eller födosöker i åkern, eller genom vindavdrift och avdunstning från åkern till de angränsade miljöerna.^{48,49}

BLOMMANDE GRÖDOR utgör en födoresurs för humlor, vildbin, blomflugor och andra blombesökande insekter som lever av nektar och pollen. Humlor och bin kan utsättas för växtskyddsmedel direkt vid appliceringen i grödan, indirekt genom kontakt med besprutade växtdelar, eller när de konsumerar förorenad nektar, pollen eller så kallade guttationsdroppar (vätska som växterna utsöndrar i bladkanterna).⁵⁰

Foto: Monica Kling



Humlor lever i kolonier och arbetarna flyger ut över stora områden för att samla föda till larverna i boet. En koloni hos de humlearter som flyger längst kan täcka in ett område på runt 20 kvadratkilometer och de kan då utnyttja flera fält med blommande grödor som finns spridda i landskapet.⁵¹ Därmed riskerar humlor med långa födosöksavstånd att exponeras för flera olika växtskyddsmedel. Humlearter med korta födosöksavstånd förväntas däremot exponeras mer för växtskyddsmedel som appliceras i närmiljön, eftersom de inte når att födosöka på alternativa grödor längre bort.⁵⁰



Foto: Monica Kling

Foto: Lasse Olsson / birding photo



*Humlornas flygbete-
ende påverkar risken
för att de ska utsättas
för växtskyddsmedel.*

*Sånglärkan har fått
svårare att hitta
gynnsamma revir och
tillräckligt med mat.
Dess status är nu
nära hotad i Artda-
tans röklista.*

FLERA FÅGELARTER som förekommer i jordbrukslandskapet väljer revir på jordbruksmark under häckningssäsongen. En undersökning visade att sånglärkan föredrog att etablera sitt revir på träda, gräsmark eller i vårsådda grödor, medan den undvek höstsådda grödor.⁵² Eftersom höstsådd spannmål i detta område omfattade en stor andel av arealen låg emellertid ändå mer än hälften av sånglärkans revir i höstsådd spannmål. Flera andra fågelarter föredrog grödor som potatis och raps, medan ytterligare andra inte visade någon preferens för en särskild gröda eller så häckade de utanför åkermarken.

Fåglars användning av jordbruksmarken under vintern har undersökts i England. Fåglar som äter insekter föredrog betade gräsmarker, såsom betesmarker och betade vallar. Däremot föredrog fåglar som lever av frön att istället leta efter sin föda på

stubbåkrar eller trädor.^{53,54} Eftersom användningen av växtskyddsmedel skiljer sig kraftigt mellan grödor exponeras alltså olika fågelarter för olika mängder och typer av växtskyddsmedel beroende på var och när de föredrar att häcka och söka efter föda.

INNEBÖRDEN OCH KONSEKVENSERNA av påverkan av växtskyddsmedel på ett helt landskap är svåra att undersöka eftersom det ofta inte går att hitta kontrollområden. Det vill säga, det finns inga områden som är helt opåverkade av växtskyddsmedel men som i övrigt är jämförbara med de behandlade områdena. Till exempel kan användningen av växtskyddsmedel vara större i mer intensivt brukade jordbrukslandskap,⁵⁰ vilket gör det svårt att separera effekten av mängden växtskyddsmedel på den biologiska mångfalden från effekten av typen av jordbrukslandskap.

Ogräsmedel

Ogräsmedel, eller herbicider, används för att kontrollera fleråriga ogräs och konkurrenskraftiga ettåriga ogräs. Freemark och Boutin⁵⁵ har gjort en omfattande sammanställning av hur landlevande biologisk mångfald påverkas av kemiska ogräsmedel. De kommer fram till att ogräsmedel kan ha långtgående, både direkta och indirekta effekter på biologisk mångfald. De menar dock att de vetenskapliga bevisen för detta inte är starka på grund av otillräcklig ekotoxikologisk information och begränsad kunskap om subtila och långsiktiga effekter på olika arter och deras interaktioner. Även om deras sammanställning nu är över 15 år gammal och har ett nordamerikanskt och västeuropeiskt perspektiv, så gäller slutsatserna i stor utsträckning än idag och även för svenska förhållanden.

Påverkan på växter

HUR VÄXTER PÅVERKAS av ogräsmedel beror på tidpunkten för bekämpningen, i vilket växtstadium växten befinner sig och hur medlet appliceras. Bekämpning som görs på åkermark har förstås en markant påverkan på växtsamhället i åkern,⁵⁶⁻⁶⁰ vilket är föga förvånande med tanke på ogräsbekämpningens syfte.

Växter i livsmiljöer som angränsar till åkermark påverkas dock också av växtskyddsmedel som kan driva in med vinden vid bekämpningstillfället, vilket i flera studier har visat sig leda till förändringar av växtsamhället.⁶¹⁻⁶⁴ Användning av ogräsmedel i en åker kan till och med ha större betydelse för växtsammansättningen i intilliggande områden än vad kantzonens struktur eller skötsel har.⁶²

DET FINNS en hel del forskning om påverkan på växter vid vindavdrift av växtskyddsmedel, framförallt i Storbritannien och Nederländerna.^{61,65} I Storbritannien har man undersökt hur vindavdrift från fem ogräsmedel kan ge skador på eller döda inhemska fleråriga växtarter.^{61,66-68}

Direkt dödlighet av ogräsmedel förekom framförallt upp till 2 meter från besprutningsanordningen. Inom 4 meter uppvisade samtliga undersökta växtarter skador från åtminstone ett ogräsmedel, och skad-

liga effekter var synliga hos flera av växtarterna på 6 meters avstånd. Först på 8 meters håll var de flesta arter skyddade från skadlig påverkan från vindavdrift, men för vissa särskilt känsliga arter uppgick avståndet till 10-20 meter.⁶⁶ De skadade växterna hade mot slutet av odlingssäsongen i de flesta fall återhämtat sig, men det är svårt att dra slutsatser om långtidseffekter på överlevnad och möjliga förändringar i växtsamhället från studien. Marrs et al.⁶¹ varnar för att arter vid fältkanter med tiden kan försvinna som en konsekvens av begränsad återkolonisation efter upprepad ogräsmedelsavdrift.

MAN HAR OCKSÅ visat att de växtarter som är känsligast för vindavdrift av ogräsmedlet glyfosat, i högre grad finns i skogskanter bredvid lågintensivt brukad jordbruksmark med låg användning av växtskyddsmedel, jämfört med i skogskanter vid högintensivt brukad jordbruksmark.⁴⁸ Resultaten från undersökningarna gäller framförallt fleråriga fullt utvecklade växter och kan vara svåra att generalisera ifrån.

Vilka växter som påverkats mest beror på när behandlingen med växtskyddsmedel utförs, hur medlet verkar och i vilka stadier växten är särskilt känslig. Groningsperioden är ofta en kritisk tidpunkt eftersom unga plantor är mer känsliga. Unga plantor har exempelvis visat sig vara känsliga för vindavdrift av ogräsmedlet glyfosat upp till 20 meter från det behandlade området och plantor av känsliga växtarter uppvisar förhöjd dödlighet på avstånd ända upp till 40 meter.⁶⁷



Foto: Joan Simon/Flickr

Äkta johannesört var en av de fleråriga örter som påverkades av vindavdrift av glyfosat.

Man har däremot funnit få effekter på fröproduktion och frökvalitet i undersökningar av hur växters förökning påverkas av vindavdrift av ogräsmedel.^{68,69}

Blackburn och Boutin⁶⁹ har dock hos ett fåtal växtarter visat att en exponering för ogräsmedel under frösättningen kan påverka frönas grobarhet.

Påverkan på växtsamhällen

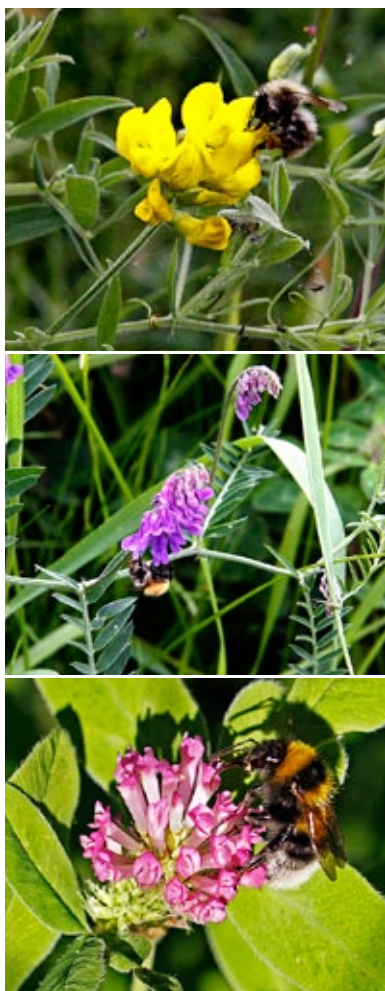
ARTSAMMANSÄTTNINGEN förändras i miljöer som utsätts för vindavdrift av växtskyddsmedel. Ogräsmedel påverkar växtarter olika, beroende på arters olika känslighet och att medlen har utvecklats för olika ogräsproblem.^{68,70}

Vissa grupper av växter är särskilt känsliga för ogräsmedel, till exempel ärtväxter, medan andra, exempelvis gräs, är mindre känsliga.^{68,69,71,72} Detta leder till förändrade konkurrensförhållanden, vilket kan göra att miljöer i närheten av åkermark som exponeras för ogräsmedel vid upprepade tillfällen med tiden kommer att domineras av gräs.⁷³ Ökad dominans av gräs har också rapporterats i experiment med ogräsmedel i betesmarker.⁷⁴

Örter och gräs verkar även skilja sig åt i hur de svarar på tidpunkten för behandlingen. En behandling med ogräsmedel under våren eller sommaren påverkar örterna i större utsträckning än en behandling under hösten, medan gräs inte tycks påverkas av tidpunkten för behandling.⁷⁵

FLERA AV DAGENS hotade växtarter är gårdagens åkerogräs. Majoriteten av dessa är ettåriga och beroende av förökning via frön.⁷¹ Arter som producerar en beständig fröbank kan överleva även om en generation av växten skulle bekämpas med ogräsmedel.⁷¹

Det är dock viktigt att komma ihåg att de floraförändringar som sker i dagens jordbrukslandskap inte enbart beror på användningen av ogräsmedel. Andra jordbrukstekniska faktorer påverkar också vegetationen och kan samverka med växtskyddsmedelsanvändningen. Exempel på sådana faktorer är att färre grödor finns i växtföljden, att andra grödor än tidigare odlas, förändrade tidpunkter för sådd och skörd, samt ökad användning av oorganiska gödningsmedel.^{55,71,76}



Foton: Monica Kling

Ärtväxter som klöver, vicker och getvädling är ofta känsliga för låga doser av ogräsmedel.



Fält som inte sprutas med ogräsmedel hyser en större artrikedom av både växter och djur.

ANVÄNDNINGEN AV ogräsmedel påverkar, förutom jordbrukslandskapets vegetation, även sammansättningen, variationen och fördelningen av livsmiljöer i jordbrukslandskapet. Tillgången på ogräsmedel har minskat behovet av att använda växtföljder med vallar och trädor för att kontrollera ogräs.⁷⁶ Detta har bidragit till mindre varierade växtföljder och minskad variation i ogräsförekomst mellan olika fält, eftersom växtarter som är kopplade till specifika grödor försvinner.³⁰

INOM EKOLOGISK odling är användning av de flesta kemiska växtskyddsmedel inte tillåtet (EG:s förordning 834/2007). Det finns flera vetenskapliga undersökningar som har visat att det finns fler växtarter på och intill ekologiskt brukad jordbruksmark jämfört med jordbruksmark där växtskyddsmedel används.^{36,57,63,77-80} Även om en omläggning till ekologisk produktion medför flera andra förändringar i brukningssättet,⁸¹⁻⁸² så är avsaknaden av kemiska ogräsmedel troligen en viktig orsak till att det ofta finns en större mångfald av växter på och intill ekologiskt brukad jordbruksmark.⁷⁹

Påverkan på djur

DEN DIREKTA giftigheten av ogräsmedel på djur som lever i jordbrukslandskapet är oftast låg. Påverkan av ogräsmedel på faunan är huvudsakligen indirekt, främst via påverkan på djurens födotillgång.⁸³⁻⁸⁵ Många av jordbrukslandskapets djur är direkt beroende av växter, till exempel växtätande och pollen- och nektarsamlade insekter. Sammansättningen av dessa organismgrupper är ofta starkt beroende av växtsamhällets sammansättning.^{85,86}

Växtätande insekter utgör föda för rolevande insekter, fåglar och andra djur, och förändringar i växtsamhället orsakade av ogräsmedel kan på grund av dessa kopplingar påverka organismer högre upp i näringskedjan.

Ryggradslösa djur

EN DEL OGRÄSMEDEL, framför allt äldre typer som 2,4-D, är giftiga även för insekter, men den största påverkan sker indirekt.⁵⁵ I flera studier har man funnit att både antalet och den totala vikten av vissa

insektsgreper är högre inom områden som inte behandlats med ogräsmedel jämfört med behandlade ytor.^{83-85,87} Taylor et al.⁸⁵ framhåller att effekten på insekter med största sannolikhet är indirekt och beror på att användningen av ogräsmedel leder till förändringar i växtsamhällets sammansättning och struktur.

BLOMBESÖKANDE insekter, som exempelvis fjärilar och bin, påverkas till största delen genom vindavdrift eller direkt besprutning med ogräsmedel av kantzoner och livsmiljöer som gränsar till åkermarken.^{55,64,88} Användning av ogräsmedel har lett till artfattigare växtsamhällen i de angränsande miljöerna, då ettåriga gräs gynnas.^{72,88} Bin och fjärilar kan följaktligen minska på grund av ogräsmedelsanvändning genom att larvernas värdväxter slås ut och att mängden nektar- och pollenproducerande blommor minskar.^{59,88}

Indirekt bidrar jordbruk utan ogräsmedel således till att gynna blombesökande insekter som bidrar till pollinering av både vilda och odlade växter. Man har också observerat större artrikedom och antal av fjärilar, bin och humlor i och omkring ekologiskt odlade fält jämfört med konventionellt odlade fält.⁸⁹⁻⁹¹ Den huvudsakliga orsaken är förmodligen att det på ekologiska gårdar finns ett större antal blommande örter i fälten och angränsande kantzoner, som kan stödja större populationer av blombesökande insekter.

Rygggradsdjur

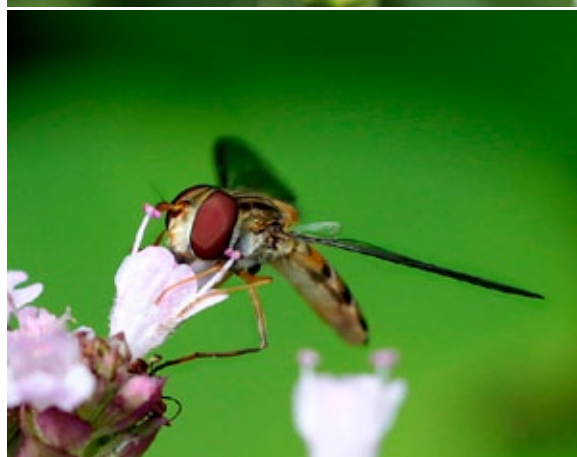
DE OGRÄSMEDEL som vanligen används inom jordbruket är oftast inte akut giftiga för fåglar och däggdjur.⁵⁵ Ett undantag är MCPA (dimetylaminsalt, ett i Sverige vanligt använt ogräsmedel) som klassats som något till måttligt giftigt.^{55,92} Direkta effekter av ogräsmedel finns framförallt dokumenterade i studier under laboratorieförhållanden, men direkta effekter utgör troligtvis inte ett stort hot mot jordbrukslandskapets fåglar och däggdjur.⁹³

I flera europeiska länder måste fall där vilda djur misstänks ha avlidit av växtskyddsmedelsförgiftning rapporteras till en ansvarig myndighet. Detta görs dock inte på ett systematiskt sätt i Sverige.⁹⁴

Av de vilda djur som dött till följd av växtskyddsmedelsförgiftning handlar det i de rapporterade fallen från andra länder i Europa oftast om medveten felanvändning av växtskyddsmedel.^{94,95} Ofta har det varit giftåtlar eller betade frön som lagts ut för att döda djur och det är mycket sällan ett ogräsmedel som orsakat förgiftningen.⁹⁴



Foton: Monica Kling



Blombesökande insekter som fjärilar och blomflugor kan påverkas indirekt av ogräsmedel.

På grund av den vanligtvis låga akuta giftigheten och avsaknaden av dokumenterade dödsfall kan man dra slutsatsen att fåglar och däggdjur som lever i miljöer som gränsar till jordbruksmark sannolikt inte utsätts för akut giftiga nivåer av ogräsmedel.



Foto: Lasse Olsson / birding photo

Fler häckande par av rapphöns och mer insekter konstaterades i en svensk studie av obesprutade kantzoner i spannmålsfält.

DET FINNS BRISTFÄLLIGT med information om indirekta effekter av ogräsmedel på fåglar och däggdjur.⁹³ I en litteratursammanställning drar Wilson et al.⁹⁶ slutsatsen att den ökade användning av ogräsmedel lett till att vegetationen på åkrar idag är mer artfattig och homogen och därmed mindre lämplig som häcknings- och födosöksmiljö för många fågelarter.

En minskad tillgång på ogräsfrön till följd av ogräsbekämpning kan exempelvis negativt påverka fågelarter som matar sina ungar med frön, som hämpingar och många finkar.⁸⁴

I STORBRITANNIEN har dock flera storskaliga studier gjorts på hur ogräsmedel indirekt påverkar fåglar⁸³⁻⁸⁵ (se även referenser i Boatman et al.¹⁸ och Freemark & Boutin⁵⁵). Flera av dessa studier har visat att det finns fler insekter som är viktiga som fågelföda inom områden som inte behandlats med ogräsmedel.

I ett storskaligt fältexperiment i Sverige undersökte Chiverton⁸⁷ hur växtskyddsmedel påverkar näringskedjan av växter, insekter och fåglar på gårdar med eller utan användning av växtskyddsmedel i den yttre delen av spannmålsfält, så kallade sprutfria kantzoner. Studien visar på en direkt påverkan på ogräsförekomsten, med 50 procent lägre förekomst av ogräs i de besprutade zonerna, och indirekt påverkan på insekter som är knutna till ogräsen. Det var dubbelt så många insekter i de obesprutade zonerna. Insekterna är viktig föda för fågelungar och under de efterföljande åren fanns



Foto: Monica Kling

Minst sex meter bred ska en obesprutad kantzon vara.

det fler häckande par av rapphöns och fler ungar per rapphönepar på gårdar med obesprutade kantzoner, jämfört med gårdar med besprutade kantzoner. Exemplet visar på hur användningen av växtskyddsmedel kan ha en indirekt påverkan, där effekter av växtskyddsmedel för följeffekter i näringskedjan.

LIVSMILJÖN OCH FÖDOTILLGÅNGEN kan förändras betydligt genom besprutning med ogräsmedel även för små däggdjur såsom sorkar, men de dokumenterade effekterna på överlevnad och reproduktionsförmåga är få.^{55,97} Fischer et al.⁹⁸ visade att mängden sorkar och möss var högre i ekologiskt brukade fält jämfört med konventionellt brukade åkrar i landskap med en hög andel åkermark. En bidragande orsak antogs vara en frånvaro av ogräsmedelsanvändning i de ekologiska fälten, som ledde till en bättre födotillgång för smågnagarna.

Insektsmedel

Insektsmedel används i jordbruket för att bekämpa insekter som gör skada på grödor. Substanserna kan vara direkt dödliga men det är väldokumenterat att de också kan leda till nedsatt fortplantningsförmåga, kortare livslängd, förändrad könsfördelning och förändrat beteende hos insekter.⁴² Detta gäller inte enbart de arter som bekämpas utan för alla insekter som lever i jordbrukslandskapet, inklusive nyttoinsekter såsom naturliga fiender till skadegöraren eller pollinerande insekter.^{88,99} För att skydda nyttoinsekterna och övriga icke-målarter är selektiva insektsmedel, som är utformade att verka specifikt på skadegöraren, att föredra framför bredspektrumpreparat.

Påverkan på växter

DEN FRÄMSTA påverkan av insektsmedel på växter är indirekt. Insektsmedel har använts i experimentellt syfte i flera studier för att studera hur ett minskat antal växtätande insekter inverkar på växtpopulationer och växtsamhällets sammansättning.¹⁰⁰

I en studie av ogrästillväxt på obrukad mark ledde en minskning av mängden bladätande insekter, på grund av insektsmedelanvändning, till att ett fåtal gräsarter konkurrerade ut flertalet örter. Därmed minskade den totala artrikedomen av växter.¹⁰¹

AVGÖRANDE FÖR om insektsmedlet får en indirekt påverkan på växter är om det är insekterna eller någon annan faktor som begränsar växtens tillväxt. Detta kan variera mellan växtarter, samt över tid och rum.¹⁰⁰

Vi har inte funnit några studier som visat effekter av insektsmedel på växter som orsakats av påverkan på pollinerande insekter. Däremot har det visats att ett artrikt pollinatörssamhälle bidrar till en högre fortlevnad hos ett större antal växtarter.¹⁰²

Det har även visats att insektpollinerade vilda växter gynnas mer av ekologisk odling jämfört med växter som inte är beroende av insektpollinering.¹⁰³ Dessa studier tyder på att faktorer som påverkar pollinerande insekter får effekter för växtsamhällets mångfald och sammansättning. I den mån insektsmedel minskar mångfalden av pollinerande insekter kan detta därför också leda till en minskad mångfald av växter.

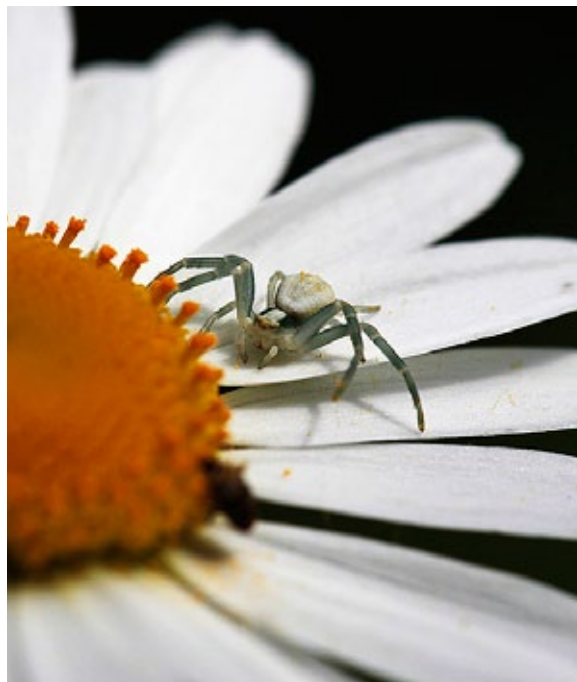


Foto: Monica Kling

Många spindlar lever av insekter som besöker växter, och bidrar till en naturlig reglering av skadegörare.

Påverkan på djur

Ryggradslösa djur

INSEKTSMEDEL HAR upprepade gånger visat sig vara dödliga eller skadliga för rovinsekter, spindlar och parasitsteklar som är naturliga fiender till skadegörare.^{99,104} Informationen är begränsad om de flesta andra icke-målararters känslighet för insektsmedel.

Den vetenskapliga litteraturen om växtskyddsmedels påverkan har dock sammanfattats för fjärilar och humlor.^{88,105} Direkta effekter av insektsmedel på fjärilar är bland annat förlängd larvperiod, lägre puppvikt och mindre storlek hos vuxna fjärilar.⁸⁸ Vad dessa icke-dödliga effekter i sin tur leder till är inte känt, men mindre kroppsstorlek leder hos insekter ofta till mindre antal avkommor och minskad spridningsförmåga.

Thompson¹⁰⁵ menar att i de många fall då honungsbin rapporterats förgiftade av insektsmedel, så förgiftas även humlor. Tillsammans med minskad mängd lämpliga livsmiljöer har detta medverkat till att humlorna minskat kraftigt i Storbritannien¹⁰⁵ och en liknande tillbakagång av flera humlearter har även observerats i Sverige.¹³



Foto: Monica Kling

Humlor besöker fler blommor på dubbelt så många flygturer som honungsbin. De kan därför hinna få på och med sig mer växtskyddsmedel.

RISKBEDÖMNINGAR för växtskyddsmedel görs vanligtvis på honungsbin. Resultaten från sådana riskbedömningar kan sannolikt inte översättas direkt till andra insektsarter som inte riskbedöms, inte ens till en sådan närliggande artgrupp som humlor.¹⁰⁶ Humlor är större och därför antas det att den toxiska effekten av insektsmedel är lägre än för honungsbin.¹⁰⁶

Humlornas födosöksbeteende ökar dock exponeringsrisken för humlor jämfört med honungsbin. En humla flyger ut för att födosöka dubbelt så många gånger som ett honungsbi och den besöker i genomsnitt dubbelt så många blommor under varje tur och fler blommor per minut jämfört med honungsbin.^{106,107} Humlor kan därför varje dag få i sig mer nektar som kan vara förorenad av insektsmedel. Det är följaktligen svårt att dra slutsatser om hur en viss art påverkas av växtskyddsmedel utifrån undersökningar gjorda på en annan art.

TIDPUNKTEN FÖR bekämpningen, både under dagen och under året, kan också ha betydelse för effekten på insekter. Blommande grödor, som raps och klöver, besprutas om nödvändigt med insektsmedel på natten, tidigt på morgonen eller på kvällen för att undvika negativ påverkan på honungsbin.¹⁰⁸ Besprutning på morgon och kväll leder troligtvis

till en något större direkt påverkan på födosökande humlor, eftersom de är mer aktiva än bin vid dessa tidpunkter.¹⁰⁹

Användning av växtskyddsmedel under våren har antagligen särskilt stor betydelse för humlor.¹¹⁰ Då är drottningarna ute och söker föda och kolonierna är små. När humlekolonierna vuxit sig stora senare på säsongen kan de sannolikt klara sig bättre trots en viss förlust av arbetare.¹⁰⁵

EN MÄNGD NYA grupper av insektsmedel har utvecklats under de senaste decennierna¹¹¹ och det finns stora kunskapsluckor om hur dessa påverkar ryggradslösa icke-målorganismer. EU och Sverige är restriktiva med att tillåta nya preparat, men neonicotinoider har tillåtits och även för dessa finns det kunskapsluckor. I svenskt jordbruk används neonicotinoider för betning i oljeväxter, potatis och sockerbetor samt för sprutning i oljeväxter, potatis, klöverfrö, frukt, bär och prydnadsväxter.⁴¹

Neonicotinoiderna är systemverkande. En fördel jämfört med kontaktverkande insektsmedel är att de kan användas för betning av frön och därefter tas upp och spridas i växten. Detta minskar risken för oavsedd spridning och påverkan på exempelvis naturliga fiender. Betningen utesluter dock inte risken för att naturliga fiender påverkas.

Naturliga fiender till skadegörare kan komma i kontakt med och förgiftas direkt av neonikotinoider vid sprutning och av sprutrester på plantan, men även indirekt via bytes- eller värdjur som äter av en betad planta.¹¹²

Parasitsteklar, som är en viktig och vanligt förekommande grupp av naturliga fiender i jordbruksgrödor, konsumerar ofta nektar från blommor,¹¹³ och det har visats att de kan förgiftas av neonikotinoidhaltig nektar.¹¹⁴ Nyttoinsekter som är allätare och både konsumerar gröda och skadegörare, som exempelvis vissa arter av nyckelpigor, är särskilt utsatta och det har visats att de kan förgiftas av systemiskt verkande neonikotinoider.¹¹⁵

En annan studie visade att sex viktiga predatorer och parasitoider, som attackerar skadeinsekter i citrus, hade högre dödlighet när de vistades på växtmaterial som behandlats systemiskt med neonikotinoider.¹¹⁶ Parasitoiderna förgiftades sannolikt av exponering för vätska som plantan transpirerade, medan det antogs att predatorerna förgiftades av vätskeexponeringen eller av att de åt av växtmaterialet.

NEONIKOTINOIDERNA har främst uppmärksammats i samband med den massdöd av honungsbin som observerats under senare år. I en svensk rapport från 2009 framgår det att omfattande direkta biförgiftningar har observerats i samband med sådd av neonikotinoid-betade majsfrön med pneumatiska såmaskiner i Tyskland och Italien 2008.⁴¹ Vidare har man i laboratorieförsök visat att guttationsdroppar (vätskedroppar som plantor utsöndrar) från betade majsplantor kan innehålla neonikotinoidhalter som är skadliga eller direkt dödliga för honungsbin.¹¹⁷ Den svenska rapporten drar slutsatsen att neonikotinoider kan skada bin, men att de inte är den viktigaste orsaken till den observerade massdöden av honungsbin.⁴¹

Cresswell¹¹⁸ har analyserat fjorton studier som undersökt om den vanligt använda neonikotinoiden imidaklopid påverkar honungsbin via pollen- och nektarintag. Slutsatsen var att inga direkt dödliga effekter i fält av förorenad pollen och nektar är troliga. Däremot var negativa effekter om 6 – 20 procent på födosöksförmåga och kolonitillväxt sannolika vid fältrealistisk exponering. Vidare påvisade han att flera tidigare studier inte varit utformade för att kunna upptäcka måttliga och icke-dödliga effekter av imidaklopid på honungsbin.



Foto: Sandra Lindström

Nyckelpigor som sköter en del av regleringen av bland annat bladlöss har visats ta skada av neonikotinoider.



Foto: Monica Kling

Olika effekter på honungsbin är det som mest uppmärksammats omkring neonikotinoider.



Jordhumlans reproduktion kan påverkas av imidaklopid.

FÅ STUDIER har undersökt neonikotinoiders påverkan på andra pollinerande insekter än honungsbin under fältförhållanden. Ett brittiskt forskarteam har dock visat att kolonitillväxten hos jordhumlor som tilläts födosöka fritt ute i fält sjönk med åtta procent när de matades med fältrealistiska mängder av imidaklopid.¹¹⁹ Effekten på kolonitillväxten fick ett stort genomslag på drottningproduktionen, vilken sjönk med 85 procent i försöket. Detta är allvarligt, då det endast är humledrottningar som övervintrar och bildar basen för nästkommande säsongs humlepopulation.

Ett laboratorieförsök som också studerade effekten av imidaklopid på jordhumlor kom fram till att reproduktionen i kolonierna sjönk med cirka en tredjedel vid exponering för realistiska doser.¹²⁰ I ett annat laboratorieexperiment där jordhumlor matades med nektar och pollen som innehöll neonikotinoider i halter av samma storleksordning som man kan hitta i behandlade grödor, noterade man att överlevnaden sjönk med 10 procent i jämförelse med en kontrollgrupp.¹²¹ Det har även visats att neonikotinoider kan försämra jordhumlans förmåga att födosöka.¹²²

I EN AMERIKANSK litteratursammanställning av effekterna av neonikotinoider på bin, humlor och solitärbin kommer författarna fram till att det finns flera oroande omständigheter vad det gäller neoni-

kotinoidernas egenskaper och den exponering bin utsätts för, samt att vissa negativa effekter på bin får anses vara fastställda.¹²³

Speciellt utpekas neonikotinoidernas långsamma nedbrytningshastighet som gör att de i vissa fall kan finnas kvar i växten i mer än ett år. De kan vara kvar i efterföljande grödor i växtföljden, och de kan spridas till vilda växter i närheten av behandlade fält.

Forskarna drar även slutsatsen att det kvarstår många oklarheter om hur stor omfattningen av neonikotinoiders effekter på bin är, vilken roll de spelar i fält, samt hur effekterna skiljer sig mellan olika arter av bin.

En annan litteratursammanställning på samma ämne drar liknande slutsatser och fastslår att neonikotinoider har visats påverka bins födosöksbeteende, inlärningsförmåga och minne i flera laboratorieförsök, men att det saknas studier som visar på negativa effekter i fält.¹²⁴

Ryggradsdjur

FÖR RYGGRADDJUR är de indirekta effekterna av användningen av insektsmedel numera av större betydelse än de direkt dödliga. Den största konsekvensen är antagligen minskad tillgång på insekter som utgör föda för ryggradsdjur som lever i jordbrukslandskapet.^{83,85,87,125}

Under häckningsperioden matar många fåglar sina ungar med insekter. Användningen av insektsmedel leder till lägre förekomst av insektsrelaterad föda som fjärilslarver, vilket påverkar hur exempelvis gulsparvens¹²⁶ och raphönans⁸⁷ ungar klarar sig. Även fågelarter som vanligtvis lever av frön matar ofta sina ungar med insekter. Det har även visats att fröätande fåglar som minskar i antal är mer beroende av insektsföda än de fröätande fåglar som inte minskar.¹²⁵

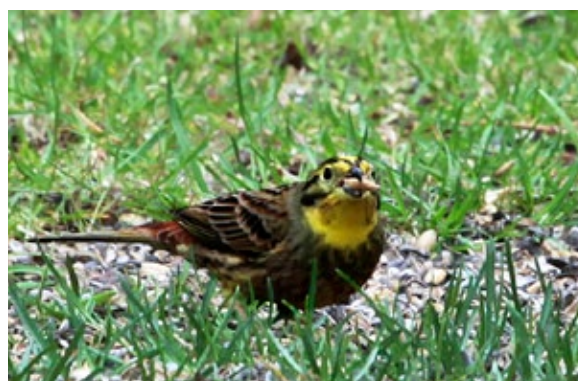


Foto: Monica Kling

Gulsparven äter själv frön men matar sina ungar med exempelvis insektslarver.

INSEKTSMEDEL kan påverka artsammansättningen i djursamhällen. På 1960-talet undersökte Barrett och Darnell¹²⁷ hur två musarter och en sorkart påverkades av behandling med insektsmedel i ett klöverfält. Efter besprutningen minskade den musart som i högre grad lever av insekter, medan de växtätande sorkarnas förekomst ökade. Studien fann inga bevis för att någon av de små däggdjursarterna avled till följd av besprutningen. Det upptäcktes inga andra förändringar i livsmiljön än att mängden insekter minskade dramatiskt och slutsatsen blev därför att förändringen i tillgång på insektsföda orsakade förändring i artsammansättningen hos de undersökta smågnagarna.¹²⁷

Eftersom även moderna insektsmedel kan ha effekter på tillgången av insekter kan man anta att resultaten är tillämpliga för dagens förhållanden. En av de stora utmaningarna med att undersöka effekter av växtskyddsmedel på fåglar och däggdjur sammanfattas av Pimentel (citerad i Newman et al.⁹³); ”om effekter på fågel- och däggdjurspopulationer ska kunna mätas måste extremt stora ekosystem behandlas”.

Riskbedömning försvåras av att hela ekosystem påverkas och att kontroll med opåverkade system saknas. Det står dock klart att användningen av växtskyddsmedel leder till förändringar i livsmiljöer och födotillgång, och därmed indirekt påverkar fåglar och däggdjur.

Svampmedel

SVAMPMEDEL används ofta för att beta utsäde eller för att kontrollera svampsjukdomar i växande gröda.⁷⁶ Det är väldokumenterat att svampmedel kan påverka många markorganismer och de ekosystemfunktioner som dessa utför,¹²⁸ men det finns färre vetenskapliga undersökningar av hur svampmedel direkt påverkar växter, insekter eller ryggradsdjur. Det har dock visats att svampmedel kan minska förekomsten av parasitsvampar och andra mikroorganismer som är naturliga fiender till insekter.¹²⁹

När markorganismer påverkas av svampmedel kan detta leda till att växers attraktivitet eller kvalitet för insekter förändras samt att konkurrensförhållandena mellan olika växtarter förändras,¹³⁰ men omfattningen och konsekvenserna av sådan påverkan är dåligt kända. Svampmedel har även visats kunna öka toxiciteten av insektsmedel (se ”Kombinationseffekter” nedan).



Foto: Braydang/Flickr



Foto: Monica Kling

Insekter och deras larver kan utgöra en del av smågnagarnas föda.

ANVÄNDNINGEN AV svampmedel kan indirekt påverka växter och djur i jordbrukslandskapet genom att det påverkar vilka grödor som odlas. Tillgång till svampmedel är en faktor som har gjort det möjligt att övergå från vår- till höstsådda grödor.⁷⁶ I Storbritannien har denna trend pågått de senaste 50 åren.³⁰ och även i Sverige ökar andelen höstsådda spannmålsgrödor.¹³¹

Tidpunkten för sådd påverkar sammansättningen av ogräs i åkern, eftersom växtarter som gror på våren framförallt är knutna till vårsådda grödor och arter som gror på hösten är knutna till höstsådda.¹³² Ökad höstsådd har därför lett till en minskning av växtarter som gror på våren. Många ärtväxter gror på våren eftersom de behöver en kylig period för att gro,¹³³ och minskad förekomst av ärtväxter i jordbrukslandskapet kan missgynna blombesökande insekter eftersom ärtväxter är viktiga näringskällor för många humlor och bin.¹³⁴ Åkrar med höstsådda grödor är även en mindre lämplig livsmiljö för fåglar som lever i jordbrukslandskapet.⁵²

Kombinationseffekter

ORGANISMER KAN utsättas för kombinationer av växtskyddsmedel vid appliceringar av tankblandningar med olika verksamma substanser, genom serier av appliceringar av olika växtskyddsmedel i en och samma gröda, eller genom exponering för olika preparat som applicerats på flera olika fält.¹³⁵ Det senare kan ske genom vindavdrift från olika fält och bekämpningstillfällen eller genom att organismen själv besöker flera olika fält.

Vid varje sådan kombinerad exponering har preparaten en gemensam påverkan på den utsatta organismen som antingen är 1; *neutral* (oberoende påverkan), 2; *additiv* (gemensam påverkan som är summan av preparatens delpåverkan), 3; *antagonistisk* (exponering för det ena preparatet minskar toxiciteten av det andra preparatet) eller 4; *synergistisk* (exponering för det ena preparatet ökar toxiciteten av det andra preparatet).¹³⁵

Det saknas detaljkunskaper om kombinationseffekter, men det finns exempel på både antagonistiska och synergistiska interaktioner av växtskyddsmedel på landlevande biologisk mångfald. Det är därför svårt att generalisera vilken sammanlagd effekt som kan förväntas vid exponering för flera olika växtskyddsmedel.¹³⁵⁻¹³⁷

Förutom inbördes interaktioner mellan olika preparat kan växtskyddsmedel även samverka med målorganismens mottaglighet för sjukdomar. Exempelvis kan växter som utsätts för subletala mängder glyfosat bli mer mottagliga för växtsjukdomar¹³⁸ och neonikotinoiden imidakloprid kan öka honungsbins mottaglighet för biparasiten *Nosema*.¹³⁹

I AMERIKANSKA honungsbisamhällen, där innehållet av växtskyddsmedel undersöktes i 749 prover av vax, pollen och bin, hittades i genomsnitt 6,5 olika växtskyddsmedel, eller rester av dessa, per prov.¹⁴⁰ Enskilda pollenprover innehöll upp till 31 olika rests substanser.

Ett laboratorieexperiment visade att svampmedel drastiskt kan öka neonikotinoiders giftighet för honungsbin.¹⁴¹ Svampmedel kan även öka pyretrroiders giftighet för honungsbin¹⁴² och detta stöds i rapporter om biförgiftningar i Storbritannien efter användning av en tankmix av dessa preparat.¹⁴³ Betydelsen av att bin innehåller ett stort antal olika växtskyddsmedel samtidigt är dåligt känd, då det finns få studier om detta.

Påverkan på ekosystemfunktioner

Foto: Monica Kling



Pollinerare är viktiga för både vilda och odlade bär, som hallon och blåbär.

Biologisk mångfald bidrar till mänsklighetens fortlevnad genom de ekosystemtjänster som arterna utför i och utanför de brukade fälten.^{32,144-146} Växtskyddsmedel kan, som flera exempel ovan visar, indirekt påverka flera organismer i födoväven via en direkt påverkan på en art. Även relativt små direkta icke-dödliga effekter som nedsätter fortplantningsförmågan, eller ändrar ett beteende, kan på så sätt få stora konsekvenser i ekosystemet. Dessa små direkta och indirekta effekter kan vara underskattade eftersom det är svårt att visa att det är just växtskyddsmedel som orsakar förändringar i ekosystemets mångfald.

NÄR DEN BIOLOGISKA MÅNGFALDEN förändras kommer även de ekosystemtjänster som levereras att förändras. Reglering av skadegörare och pollinering av grödor är två exempel på ekosystemtjänster som är viktiga för jordbruket och som är relativt välstuderade ekosystemtjänster med avseende på växtskyddsmedel. Dessa funktioner kan påverkas av ökad användning av växtskyddsmedel genom negativa effekter på bin, humlor och andra insekter som pollinerar grödorna,¹⁴⁷ eller på naturliga fiender till skadegörare.⁹⁹

Kontroll av skadegörare

Foto: Monica Kling



Jordlöpare tillhör grupperna av rovinsekter, så kallade naturliga fiender, som ofta vistas i åkermark.

I FÖRSÖK DÄR MAN studerar utvecklingen av skadeinsekter i en gröda ser man ofta en betydligt snabbare ökning av skadegörarna vid frånvaro av naturliga fiender.¹⁴⁸⁻¹⁴⁹ Den ekosystemtjänst dessa naturliga fiender bidrar med, biologisk reglering eller kontroll av växtätande insektspopulationer, kan sättas ur spel av insektsmedel.

Det visade sig snart efter det att kemiska växtskyddsmedel introducerades i stor skala på 1940-talet, att dessa medel kan eliminera eller minska populationerna av naturliga fiender till skadegöraren.¹⁵⁰ Genom att den naturliga regleringen av skadegöraren därmed försämrades ledde besprutning i vissa fall till större skadegörarpopulationer och större risk för utbrott än tidigare.¹⁵¹⁻¹⁵³ Resistens utvecklades hos målorganismen,¹⁵⁴ vilket medförde

att skadegöraren som man försökte bekämpa ökade i antal och allt oftare blev ett problem.

Det blev även stora problem med så kallade sekundära skadegörare, det vill säga andra växtätande insekter som finns i grödan men som normalt inte påverkar skördenivån. Detta berodde på att när målorganismen (den primära skadegöraren) bekämpades minskade samtidigt tätheterna av naturliga fiender till de sekundära skadegörarna. Populationer av dessa växtätare, som normalt inte är skadegörare, kunde därmed lösgröras från den naturliga reglering som rovinsekterna utför, och blev så många att de började göra ekonomisk skada på grödan.¹⁵⁰

Situationen förvärras om bekämpningsintensiteten ökar för att möta denna utveckling. Tydliga exempel på sådana problem föreligger bland annat för bomull¹⁵⁰ och ris.^{155,156}

I VISSA FALL har den sekundära skadegöraren kommit att bli det huvudsakliga problemet. Ris är ett odlingssystem där sekundära skadegörare, framförallt striten *Nilaparvata lugens*, på grund av insektsmedelsanvändning idag utgör det huvudsakliga växtskyddsproblemet.^{155,157} Denna utveckling resulterar i att man använder ännu mer och fler växtskyddsmedel, vilket kan leda till att ytterligare fler arter utvecklas till skadegörare. Genom att de naturliga förutsättningarna för biologisk kontroll på så vis gradvis skadas leds man in i ett beroende av insektsmedel.

I vissa fall, exempelvis för bomullsodling i Centralamerika, har insektsmedelsanvändning med påföljande utveckling av sekundära skadegörare och resistens lett till minskade skördar samt ökade bekämpningskostnader, och därmed dåliga ekonomiska förutsättningar för fortsatt odling av grödan.¹⁵⁰ Följdproblem med skadegörare på grund av insektsmedelsanvändning kan minskas genom behovsanpassade bekämpningar med preparat och bekämpningsmetoder som så specifikt som möjligt riktar mot målorganismen.¹⁵⁸

DET FINNS FÄRRE dokumenterade exempel på att svampmedel kan påverka skadegörarkontrollen av insekter. I bomull och potatis, som sprutas intensivt med svampmedel, har man dock observerat att kontrollen av insektskadegörare kan försämrats eftersom förekomsten av parasitsvamp på insekterna påverkas negativt av svampmedlen.^{159,160}



Jordgubbar är en av de grödor som är beroende av pollinerare för ett bra resultat.

Pollinering

POLLINERANDE INSEKTERS antal och artrikedom kan påverkas direkt av insektsmedel och indirekt av ogräsmedel. Därmed kan deras förmåga att bidra med pollinerings tjänster påverkas.

Ett tydligt exempel på direkt påverkan av insektsmedel rapporterades av Kevan.¹⁶¹ Under åren 1969-1978 besprutades skogarna i New Brunswick i Kanada med insektsbekämpningsmedlet fenitrothion för att kontrollera skadeinsekten ”spruce budworm”, *Choristoneura funifera*.^{161,162} I regionen fanns kommersiella blåbärsodlingar som var beroende av vilda pollinatörer för sin produktion. Från och med 1970 fallerade blåbärs skörden¹⁶³ och samtidigt rapporterades minskad förekomst av humlor och andra vilda bin i blåbärsodlingar nära de besprutade skogarna.¹⁶¹

Exemplet visar på att användningen av växtskyddsmedel kan påverka icke-målorganismer, och leda till en brist på pollinatörer och därmed en förlust av ekosystemtjänsten pollinering. Insektsmedel med den aktiva substansen fenitrothion användes till och med 2008 i Sverige för bekämpning av rapsbaggar i rapsodlingar, men det finns idag inga godkända preparat med detta verksamma ämne.¹⁶⁴

EKOLOGISKT BRUKAD jordbruksmark, där kemiska växtskyddsmedel inte används, har visat sig utgöra en bättre livsmiljö för pollinerande insekter än jordbruksmark som besprutas. Flera studier tyder på att ekologisk odling, speciellt i intensivt brukade

jordbrukslandskap, gynnar blombesökande och pollinerande insekter, såsom fjärilar,^{89,165} humlor¹⁴⁷ och bin⁹⁰ Ekologiska odlingar har därmed bättre förutsättningar för ekosystemtjänsten pollinering jämfört med konventionella odlingar där kemiska växtskyddsmedel används.

Ett exempel på detta ger Morandin och Winstons¹⁶⁶ undersökning av bristen på pollinering i ekologiska och konventionella raps- och rybsfält i Kanada, där ogräs- och insektsmedel används i de konventionella odlingarna men inte i de ekologiska. De fann fler bin i de ekologiska än i de konventionella fälten och frösättningen hos rapsen eller rybsen var högre i de ekologiska jämfört med de konventionella odlingarna. I studien visar de också att frösättningen i de konventionella odlingarna ökade om blommorna handpollinerades, vilket tyder på att det fanns ett underskott av pollinerande insekter i dessa odlingar.

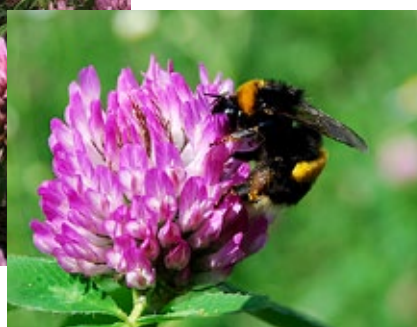
En nyligen utförd svensk studie visade att bara några år efter omläggning till ekologisk odling blev jordgubbsblommor bättre pollinerade, jämfört med på konventionella gårdar, och andelen fullt pollinerade jordgubbar blev högre.¹⁶⁷ Ekologisk odling verkar alltså kunna bidra till en bättre pollinering av grödor.

Även vilda växter som pollineras av insekter gynnas mer av ekologisk odling än växter som inte är beroende av insektpollinering.¹⁰³ Detta tyder på att användningen av kemiska växtskyddsmedel kan påverka samspelet mellan växter och insekter.

Diskussion, slutsatser och framtida forskningsbehov



Foton: Maj Rundlöf



För rödklöverfröodlingar är tillgången på humlor helt avgörande.

Jordbrukslandskapet är en viktig livsmiljö för upp till hälften av Europas växter och djur. Många av de organismer som lever i jordbrukslandskapet bidrar med viktiga ekosystemfunktioner och tjänster, till exempel kontroll av skadegörare eller ogräs och pollinering av grödor. Flera länder rapporterar dock en minskande biologisk mångfald i jordbrukslandskapet och detta tros huvudsakligen vara orsakat av ett alltmer intensivt jordbruk. Användningen av kemiska växtskyddsmedel nämns ofta som en viktig bidragande faktor, men den specifika effekten av användning av växtskyddsmedel är i de flesta fall svår att urskilja från andra förändringar som skett samtidigt, till exempel en förändrad markanvändning.

SAMMANSTÄLLNINGEN av trender i växtskyddsmedelsanvändningen i Sverige visar att användningen räknat i antal hektardoser sjönk under 80-talet, ökade något under andra halvan av 90-talet, och har sedan dess legat på en relativt konstant nivå (se bilaga). Antalet hektardoser är den

areal som den årligen sålda mängden växtskyddsmedel räcker till för behandling med rekommenderade doser. Den samlade odlingsarealen av grödor i vilka växtskyddsmedel används har minskat sedan 90-talet. Eftersom antalet hektardoser förblivit konstant under denna period finns det alltså en trend att antalet behandlingar per hektar ökat under de senaste 15 åren. Det finns dock stora skillnader mellan olika grödor och olika regioner. Särskilt utmärkande är att mer än hälften av all användning av växtskyddsmedel sker i Skåne, och att den resterande användningen är koncentrerad till övriga län med slättbygd. Det är också mycket vanligare med användning av växtskyddsmedel på stora jämfört med små brukningsenheter.

NUVARANDE TRENDER pekar sammantaget på ökade skillnader mellan regioner. Användningen räknat i antal behandlingar med rekommenderad dos per hektar kan fortsätta att öka i de mest intensivt odlade slättnområdena, medan bevarandet av vissa mindre brukningsenheter, vallodling, ekologisk odling och nedläggning av brukningsenheter kan leda till en minskad användning av växtskyddsmedel utanför slättbygderna.

DET ÄR TROLIGT att växtskyddet kommer att få ökat fokus framöver till följd av klimatförändringar som förväntas öka förekomsten av ogräs, insektsskadegörare och svampar. Ett varmare klimat kan också öka odlingen av växtskyddsintensiva grödor i Sverige. I ett scenario fram till år 2085 med en bibehållen växtskyddsstrategi och en ökning av höstvet, höstoljeväxter och majs samt en minskad vallareal, beräknades växtskyddsmedelsanvändningen öka med 68 procent för ogräsmedel, 100 procent för svampmedel och 92 procent för insektsmedel.¹⁶⁸

Utveckling av resistens hos skadegörare mot ogräsmedel,¹⁶⁹ insektsmedel¹⁷⁰ och svampmedel¹⁷¹ är en annan viktig faktor som kan påverka framtida användning av växtskyddsmedel. Ett nytt EU-direktiv kommer att införa krav på integrerat växtskydd i hela EU från 2014. Detta kommer öka kraven på att kemiska bekämpningsmedel endast ska användas när skadegöraren inte kan hanteras med andra växtskyddsåtgärder. Det är dock fortfarande oklart vilket genomslag direktivet kommer att få på växtskyddsmedelsanvändningen.

VÅR GENOMGÅNG av växtskyddsmedlens påverkan på landlevande biologisk mångfald i jordbrukslandskapet visar att det finns stora kunskapsluckor i hur mångfalden och ekosystemfunktioner påverkas av växtskyddsmedel. Få studier lyckas separera specifika effekter av växtskyddsmedel från annan påverkan, såsom generell jordbruksintensifiering och förändringar i markanvändningen.

Ett återkommande problem är att hela ekosystem och organismsamhällen påverkas av växtskyddsmedel och att jämförande opåverkade kontroller saknas. Många tillgängliga studier har företrädesvis undersökt dödliga effekter av växtskyddsmedel på individnivå i laboratoriemiljö. Effekter på mångfald och ekosystem av nya kemiska växtskyddsmedel, exempelvis neonikotinoider, är dåligt undersökta. Kunskap saknas om växtskyddsmedels icke-dödliga effekter, till exempel på livslängd och fertilitet, samt vad växtskyddsmedlens effekter får för konsekvenser inte bara för individen utan också på populationsnivå.

SLUTSATSER MAN KAN DRA trots detta är att dagens växtskyddsmedel har färre direkt dödliga effekter på biologisk mångfald jämfört med de äldre prepa-

rat de ersatt. Ett mindre antal däggdjur och fåglar förgiftas av växtskyddsmedel. Det finns inte heller några rapporter om att dagens preparat skulle anrikas i näringskedjan.

Det finns däremot dokumenterad påverkan på icke-målorganismer vid användning av moderna växtskyddsmedel. Ofta är dessa organismer nära besläktade med skadegöraren. Exempel på detta är att pollinerande insekter eller naturliga fiender till skadegörare påverkas av insektsmedel. Ett annat exempel är påverkan på andra växter än ogräs av ogräsmedel.

Det finns dessutom flera exempel på indirekta effekter av växtskyddsmedel såsom minskad födotillgång för växt- eller insektsätare eller förändrade konkurrensförhållanden mellan olika arter. Sådana orsakssamband har lett till förändringar i organism-samhällen och minskad biologisk mångfald. De indirekta skadliga effekterna av växtskyddsmedel genom minskad födotillgång bedöms exempelvis för fåglar numera vara betydligt viktigare än de direkt giftiga effekterna.

EXPONERING AV kombinationer av växtskyddsmedel är förmodligen vanligt förekommande, och detta kan förändra de olika preparatens giftighet, men konsekvenserna av detta är dåligt kända. I vissa studier har exponering för växtskyddsmedel även visats kunna samverka med olika sjukdomar och göra växter och djur mer mottagliga för dem.

DET FINNS ÄVEN exempel på att de ekosystemtjänster som jordbrukslandskapets mångfald levererar påverkas. Biologisk kontroll och pollinering i grödor kan påverkas negativt av växtskyddsmedelanvändning. Pollinerande insekter bidrar med stora företags- och samhällsekonomiska värden. Växtskyddsmedlens roll i den pågående minskningen av pollinerande insekter behöver därför klarläggas bättre.

Naturliga fiender bidrar till att begränsa det skördebortfall som skadegörare orsakar, vilket också är en ekosystemtjänst av stort ekonomiskt värde. Studier av äldre preparat har upprepade gånger visat att växtskyddsmedel kan försämra den biologiska kontrollen av skadegörare. Även mer moderna preparat som till exempel neonikotinoider har visats påverka naturliga fiender till skadegörare negativt. Omfattningen och konsekvenserna av detta för den biologiska kontrollen är dock oklar.

FLERA FORSKNINGSMRÅDEN skulle behöva stärkas för att förstå och bedöma riskerna för växtskyddsmedlens påverkan på den biologiska mångfalden.

En majoritet av toxikologiska studier av växtskyddsmedel har skett på ett fåtal arter i laboratorium. Vid riskbedömning kan det vara missvisande att överföra dessa resultat till andra arter, och från laboratoriet ut till naturen. Toxikologiska fält- och laboratoriestudier av fler arter skulle förmodligen förbättra möjligheten att förstå och bedöma risker i ekosystemet.

Fler studier av subletala effekter på livslängd, reproduktion, fertilitet, könsfördelning och beteende kan bidra till att öka förståelsen av den påverkan som växtskyddsmedel får på olika arter. Förståelsen av kopplingen mellan växtskyddsmedelsanvändning och biologisk mångfald skulle gynnas av att i större utsträckning undersöka effekter inte bara på individer av en art, utan också på populationer och organismsamhällen.

EN FÖRBÄTTRAD nationell övervakning av biologisk mångfald och växtskyddsmedelsanvändningen i Sverige skulle utgöra ett viktigt underlag för konsekvensbedömningar och forskning om påverkan på landlevande biologisk mångfald. En förebild kan vara den övervakning som sker av förekomsten av växtskyddsmedel i ytvatten.¹⁷²

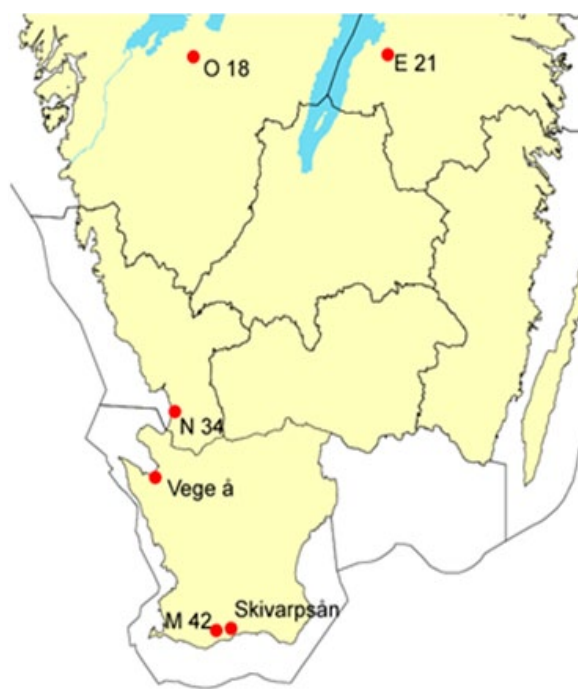
Det finns överhuvudtaget få systematiska övervakningsprogram av landlevande biologisk mångfald i Sverige och i övriga Europa. Undantagen är inventeringsprogram för fåglar sedan 1970-talet samt sedan en kort tid tillbaka även för fjärilar och humlor inom de svenska övervakningsprogrammen NILS¹⁷³ och Svensk Dagfjärilsövervakning.¹⁷⁴ Sådan övervakning utgör en viktig informationskälla för att kunna följa och förstå hur förändringar i markanvändning och miljö påverkar biologisk mångfald och ekosystemtjänster i stor skala.

En möjlig väg att snabbt få igång ett övervakningsprogram kan vara att praktisera de metoder som används av NILS-programmet, dagfjärilsövervakningen och av ornitologer på de typområden för svensk jordbruksmark som används för övervakning av växtskyddsmedel i vattendrag. I dessa områden rapporteras årligen både grödor och användning av växtskyddsmedel på varje enskilt fält, varför en uppföljning av biologisk mångfald i dessa områden kan ge värdefull information.

EFFEKTERNA AV växtskyddsmedelanvändning för biologisk mångfald skulle bättre kunna följas med precis information om vilka aktiva substanser och hur mycket växtskyddsmedel som används på olika åkrar i landskapet i hela landet. I Danmark diskuteras till exempel en noggrann rapportering av mängden använt medel för varje fält.¹⁷⁵ Om en sådan rapportering vore möjlig att begära och kunde inhämtas till Jordbruksverkets blockdatabas skulle det kunna öka möjligheten till riskbedömning och utvärdering av effekter på en större del av ekosystemet.¹⁷⁶

Innan en sådan övervakning implementeras eller om den typen av information inte är möjlig att inhämta kan man ändå få en ungefärlig bild av växtskyddsmedelsanvändningen i olika delar av Sverige. Detta kan ske genom att koppla den regionala och grödvisa informationen om användningen av växtskyddsmedel, som tas fram regelbundet, till blockdatabasens information om vilken gröda som odlas på varje fält.¹⁷⁶

Information om användningen av växtskyddsmedel på varje fält (trolig eller faktisk) skulle möjliggöra en identifiering av särskilt utsatta områden i landskapet där enskilda eller kombinationer av växtskyddsmedel applicerats. I dessa miljöer kan eventuella förändringar i organismsamhällen följas upp och jämföras med utvecklingen i områden med låg belastning av växtskyddsmedel.

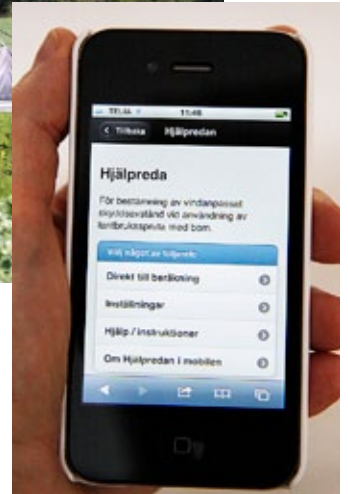


Övervakningen av växtskyddsmedel i jordbrukslandskapet i ytvatten sker i fyra typområden i Västra Götaland, Östergötland, Halland och Skåne, samt i två skånska åar.



Foto: Monica Kling

Avdriftsreducerande utrustning som ofta finns på moderna sprutor kan tillsammans med andra hjälpmedel, som Hjälpredan för vindanpassade skyddsavstånd, minska risken för vindavdrift betydligt.



DET FINNS FLERA olika sätt att mäta miljö- och hälso-riskerna med växtskyddsmedelsanvändning och ofta sammanfattas de med indikatorvärden,^{18,176-179} en sammanvägning av olika faktorer som påverkar risken. Det är dock sällan som riskindikatorn för växtskyddsmedel innefattar information om effekter på någon typ av biologisk mångfald.

I en jämförelse mellan åtta europeiska riskindikatorer för växtskyddsmedels miljöpåverkan omfattade endast två bioackumulering och effekter på bin. Ingen av indikatorerna tog hänsyn till riskerna för fåglar, naturliga fiender eller indirekta effekter på ekosystem, ekosystemtjänster eller på biologisk mångfald generellt.¹⁷⁷

En del information om växtskyddsmedelseffekter på olika arter finns tillgänglig i de riskbedömningar som görs av preparaten, och riskindikatorer som innefattar effekter på biologisk mångfald skulle kunna användas för att övervaka riskerna med växtskyddsmedelsanvändning.

FLERA MÖJLIGHETER finns att direkt minska riskerna av växtskyddsmedelsanvändningen för den biologiska mångfalden. Förebyggande metoder som anpassad växtföljd, samodling, särskild markbearbetning och resistensförädling kan begränsa förekomsten av skadegörare och därmed mängden växtskyddsmedel som behöver användas.^{150,180} Ett ytterligare hjälpme-

del är de prognos- och varningstjänster som finns att tillgå tillsammans med utarbetade skadetrösklar för skadegörarangrepp. Dessa visar den nivå av angrepp där det är ekonomiskt lönsamt att bekämpa skadegöraren. Utveckling och tillämpning av dessa trösklar kan leda till minskad förbrukning av växtskyddsmedel. Även utvecklingen av alternativa metoder som biologiska och mekaniska bekämpningsåtgärder kan bidra till minskad användning.

NY TEKNIK ger även möjligheter att minska oönskad påverkan. Precisionsodling möjliggör precisa bekämpningsåtgärder med fläckvis bekämpning av till exempel ogräs. En sådan teknik är under utveckling i Norge där kameror och datorer kopplas till sprutan som styrs så att den enbart sprutar där det finns en viss mängd ogräs.¹⁸¹

Utvecklingen av sprutmunstycken och andra detaljer på sprutan som minskar vindavdriften har varit god och användning av sådan förbättrad teknik minskar växtskyddsmedlens spridning. Lantbrukare har också, genom Greppa Växtskyddet, tillgång till en så kallad hjälpreda för vindanpassade skyddsavstånd, där det avstånd till känsliga miljöer som behöver hållas under olika förutsättningar kan avläsas.¹⁸² Vattenmiljöer identifieras ofta som de känsliga miljöerna och mindre hänsyn tas till andra miljöer som har betydelse för den biologiska mångfalden.

DE KEMISKA VÄXTSKYDDSMEDLEN kommer att användas under överskådlig tid framöver. Det är därför viktigt att utveckla och möjliggöra åtgärder som buffrar för eventuella negativa effekter på biologisk mångfald av växtskyddsmedel. Åtgärderna innebär ofta att bevara eller införa livsmiljöer för flera olika arter.

Det är exempelvis känt att komplexiteten i landskapet, det vill säga variationen av grödor, växtbiotoper och landskapselement som åkerholmar, stenrösen med mera, ger föda och livsrum för många arter och har därmed stor betydelse för biologisk mångfald. Den biologiska mångfalden gynnas även av ekologisk odling, särskilt om omställningen sker i slättbygd.⁸⁹⁻⁹¹ En ökning av den ekologiskt odlade arealen i slättbygder kan därför vara en bra åtgärd, och nyligen har Jordbruksverket föreslagit en högre ersättning för ekologisk odling i slättbygder.¹⁸³

Sprutfria kantzoner är en annan åtgärd som kan gynna biologisk mångfald och ekosystemtjänster. Andelen lantbruk som tillämpar sådana har dock minskat på senare år.¹⁸⁴ Även gräsbevuxna obesprutade skyddszoner, som främst anläggs för att minska växtnäringsläckaget till sjöar och vattendrag, gynnar den biologiska mångfalden. Skyddszonerna kan göras mer attraktiva för fler djurarter, exempelvis genom insädd av olika blommande växtarter.¹⁸⁵

SAMMANFATTNINGSVIS framgår det av denna litteraturgenomgång att det finns betydande kunskapsluckor, och att mer forskning behövs på effekter av växtskyddsmedel på landlevande biologisk mångfald och de tjänster de levererar. Övervakningen av både biologisk mångfald och användningen av växtskyddsmedel i olika delar av Sverige kan förbättras. Förebyggande och alternativa metoder samt teknikutveckling inom växtskyddet kan minska växtskyddsmedlens påverkan på biologisk mångfald. Slutligen kan åtgärder som gynnar biologisk mångfald i jordbrukslandskapet buffra för de negativa effekter som användningen av växtskyddsmedel kan ha.



Foto: Monica Kling

Över 11 000 hektar skyddszoner fanns det 2011 vid svenska vattendrag, diken och sjöar.¹⁸⁶



Foto: Monica Kling

Odlingsrösen, åkerholmar och diken är viktiga landskapselement för att bibehålla biologisk mångfald i jordbrukslandskapet.

Referenser

1. FN. 1993. Konventionen om biologisk mångfald (med annex). No. 30619. Förenta nationerna, New York. <http://www.cbd.int/convention/text/> Uppdaterad: 2007-07-30.
2. KemI. 2012. Bekämpningsmedel. Kemikalieinspektionen, Sundbyberg. <http://www.kemi.se/Start/Bekampningsmedel/>
3. Miljöbalken. 1998. SFS 1998: 808.
4. EEA. 2006. Progress towards halting the loss of biodiversity by 2010. European Environmental Agency, Copenhagen.
5. Kaule, G. & Krebs, S. 1989. Creating new habitats in intensively used farmland. I: Buckley, G.P. (Red.) Biological Habitat Reconstruction. Belhaven Press, London, s. 161-170.
6. Duelli, P. & Obrist, M.K. 2003. Regional biodiversity in an agricultural landscape: the contribution of seminatural habitat islands. Basic and Applied Ecology 4: 129-138.
7. Sutcliffe, O. & Kay, Q.O.N. 2000. Changes in the arable flora of central southern England since the 1960s. Biological Conservation 93: 1-8.
8. Walther-Hellwig, K. & Frankl, R. 2000. Foraging habitats and foraging distances of bumblebees, *Bombus* spp. (Hym., Apidae), in an agricultural landscape. Journal of Applied Entomology 124: 299-306.
9. Westphal, C., Steffan-Dewenter, I. & Tschamntke, T. 2003. Mass flowering crops enhance pollinator densities at a landscape scale. Ecology Letters 6: 961-965.
10. Carvell, C., Roy, D.B., Smart, S.M., Pywell, R.F., Preston, C.D. & Goulson, D. 2006. Declines in forage availability for bumblebees at a national scale. Biological Conservation 132: 481-488.
11. Williams, N.M., Regetz, J. & Kremen, C. 2012. Landscape-scale resources promote colony growth but not reproductive performance of bumble bees. Ecology: I tryck.
12. Klein, A.M., Vaissière, B., Cane, J.H., Steffan-Dewenter, I., Cunningham, S.A., Kremen, C. & Tschamntke. 2007. Importance of crop pollinators in changing landscapes for world crops. Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences 274: 303-313.
13. Bommarco, R., Lundin, O., Smith, H.G. & Rundlöf, M. 2012. Drastic historic shifts in bumble bee community composition in Sweden. Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences 279: 309-315.
14. Thorsten Rahbek Pedersen (Red.). 2009. Massdöd av bin – samhällsekonomiska konsekvenser och möjliga åtgärder. Rapport 2009:24. Jordbruksverket, Jönköping.
15. Westerman, P.R., Wes, J.S., Kropff, M.J. & Van Der Werf, W. 2003. Annual losses of weed seeds due to predation in organic cereal fields. Journal of Applied Ecology 40: 824-836.
16. Bianchi, F.J.J.A., Booij, C.J.H. & Tschamntke, T. 2006. Sustainable pest regulation in agricultural landscapes: a review on landscape composition, biodiversity and natural pest control. Proceedings of the Royal Society of London Series B 273: 1715-1727.
17. Chaplin-Kramer, R., O'Rourke, M.E., Blitzer, E.J. & Kremen, C. 2011. A meta-analysis of crop pest and natural enemy response to landscape complexity. Ecology Letters 14: 922-932.
18. Boatman, N.D., Crocker, D.R., Hart, A., Rolofs, W., Smith, R.M., Holland, J.M., Lutman, P.J.W., Brown, V.K. & Ramsay, A. 2004. Development of a scheme for the risks to wider biodiversity arising from the use of pesticides. PS2403. Final report to DEFRA. Central Science Laboratory, Game Conservancy Trust, Rothamsted Research & University of Reading.
19. Donald, P.F., Green, R.E. & Heath, M.F. 2001. Agricultural intensification and the collapse of Europe's farmland bird populations. Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences 268: 25-29.
20. Biesmeijer, J.C., Roberts, S.P.M., Reemer, M., Ohlemüller, R., Edwards, M., Peeters, T., Schaffers, A.P., Potts, S.G., Kleukers, R., Thomas, C.D., Settele, J. & Kunin, W.E. 2006. Parallel declines in pollinators and insect-pollinated plants in Britain and the Netherlands. Science 313: 351-354.
21. Van Swaay, C., Warren, M.S. & Loïs, G. 2006. Biotope use and trends of European butterflies. Journal of Insect Conservation 10: 189-209.

22. Gärdenfors, U. (red.). 2010. Rödlistade arter i Sverige 2010. ArtDatabanken, Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala.
23. Lindström, Å., Green, M., Ottvall, R. 2012. Övervakning av fåglarnas populationsutveckling. Årsrapport för 2011. Ekologiska institutionen, Lunds universitet.
24. Wretenberg, J., Lindström, Å., Svensson, S. & Pärt, T. 2007. Linking agricultural policies to population trends of Swedish farmland birds in different agricultural regions. *Journal of Applied Ecology* 44: 933-941.
25. Krebs, J.R., Wilson, J.D., Bradbury, R.B. & Siriwardena, G.M. 1999. The second silent spring? *Nature* 400: 611-612.
26. Hoogeveen, Y.R., Petersen, J.-E. & Gabrielsen, P. 2002. Agriculture and biodiversity in Europe. Council for the Pan-European Biological and Landscape Diversity Strategy (STRA-CO), Strasbourg.
27. Benton, T.G., Vickery, J.A. & Wilson, J.D. 2003. Farmland biodiversity: is habitat heterogeneity the key? *Trends in Ecology & Evolution* 18: 182-188.
28. Björklund, J., Limburg, K.E. & Rydberg, T. 1999. Impact of production ability of the agricultural landscape to generate ecosystem services: an example from Sweden. *Ecological Economics* 29: 269-291.
29. Tilman, D., Fargione, J., Wolff, B., D'Antonio, C., Dobson, A., Howarth, R., Schindler, D., Schlesinger, H.S. Simberloff, D. & Swackhamer, D. 2001. Forecasting agriculturally driven environmental global change. *Science* 292: 281-284.
30. Robinson, R.A. & Sutherland, W.J. 2002. Post-war changes in arable farming and biodiversity in Great Britain. *Journal of Applied Ecology* 39: 157-176.
31. Ihse, M. 1995. Swedish agricultural landscapes – patterns and changes during the last 50 years, studied by aerial photos. *Landscape and Urban Planning* 31: 21-37.
32. MEA. 2005. Ecosystems and human well-being: Scenarios. Millennium Ecosystem Assessment. Island Press, Washington DC.
33. Tylianakis, J.M., Didham, R.K., Bascompte, J. & Wardle, D.A. 2008. Global change and species interactions in terrestrial ecosystems. *Ecology Letters* 11: 1351-1363.
34. Bernes, C. Biologisk mångfald i Sverige. Monitor 22. Naturvårdsverket, Stockholm.
35. Gibbs, K., Mackey, R. & Currie, D. 2009. Human land use, agriculture, pesticides and losses of imperiled species. *Diversity and Distributions* 15: 242-253.
36. Geiger, F., Bengtsson, J., Berendse, F., Weisser, W.W., Emmerson, M., Morales, M.B., Ceryngier, P., Liira, J., Tschamtker, T., Winqvist, C., Eggers, S., Bommarco, R., Pärt, T., Bretagnolle, V., Plantegenest, M., Clement, L.W., Dennis, C., Palmer, C., Oñate, J.J., Guerrero, I., Hawro, V., Aavik, T., Thies, C., Flohre, A., Hänke, S., Fischer, C., Goedhart, P.W. & Inchausti, P. 2010. Persistent negative effects of pesticides on biodiversity and biological control potential on European farmland. *Basic and Applied Ecology* 11: 97-105.
37. Bengtsson, J., Ahnström, J. & Weibull, A.C. 2005. The effects of organic agriculture on biodiversity and abundance: a meta-analysis. *Journal of Applied Ecology* 42: 261-269.
38. Devine, G.J. & Furlong, M.J. 2007. Insecticide use: Contexts and ecological consequences. *Agriculture and Human Values* 24: 281-306.
39. HSE. 2008. Pesticide poisoning of animals in 2007. Investigations of suspected incidents in the United Kingdom. A report of the Environmental Panel of the Advisory Committee on Pesticides 2007. Health and Safety Executive, Liverpool.
40. HSE. 1999. Pesticide poisoning of animals 1998. Investigations of suspected incidents in the United Kingdom. A report of the Environmental Panel of the Advisory Committee on Pesticides 1999. Health and Safety Executive, Liverpool.
41. Rahbek Pedersen, T. & Ebbersten, K. 2009. Pesticider och massdöd av bin. I: Thorsten Rahbek Pedersen (Red.). Massdöd av bin – samhällsekonomiska konsekvenser och möjliga åtgärder. Rapport 2009:24. Jordbruksverket, Jönköping, s. 142-156.
42. Stark, J.D. & Banks, J.E. 2003. Population-level effects of pesticides and other toxicants on arthropods. *Annual Review of Entomology* 48: 505-519.
43. Kammenga, J.E., Busschers, M., van Straalen, N.M., Jepson, P.C. & Bakker, J. 1996. Stress-induced fitness reduction is not determined by the most sensitive life-cycle trait. *Functional Ecology* 10: 106-111.
44. Bright J.A., Morris, A.J. & Winspear, R. 2008. A review of indirect effects of pesticides on birds and mitigating land-management practices. Research Report No 28. The Royal Society for Protection of Birds, Sandy.

45. Busvine, J.R. 1989. DDT: fifty years for good or ill. *Pesticide Outlook* 1: 4-8.
46. Carson, R. 1962. *Silent Spring*. Houghton Mifflin Company, New York.
47. Boutin, C., Freemark, K.E. & Kirk, D.A. 1999. Farmland birds in southern Ontario: field use, activity patterns and vulnerability to pesticide use. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 72: 239-254.
48. Gove, B., Power, S.A., Buckley, G.P. & Ghazoul, J. 2007. Effects of herbicide spray drift and fertilizer overspread on selected species of woodland ground flora: comparison between short and long-term impact assessments and field surveys. *Journal of Applied Ecology* 44: 374-384.
49. de Jong, F.M., de Snoo, G.R. & van de Zande, J.C. 2008. Estimated nationwide effects of pesticide spray drift on terrestrial habitats in the Netherlands. *Journal of Environmental Management* 86: 721-730.
50. Brittain, C. & Potts, S.G. 2011. The potential impacts of insecticides on the life-history traits of bees and the consequences for pollination. *Basic and Applied Ecology* 12: 321-331.
51. Westphal, C., Steffan-Dewenter, I. & Tschardtke, T. 2006. Bumblebees experience landscapes at different spatial scales: possible implications for coexistence. *Oecologia* 149: 289-300.
52. Mason, C.F. & Macdonald, S.M. 2000. Influence of landscape and land-use on the distribution of breeding birds in farmland in eastern England. *Journal of Zoology* 251: 339-348.
53. Wilson, J.D., Taylor, R. & Muirhead L.B. 1996. Field use by farmland birds in winter: an analysis of field type preferences using resampling methods. *Bird Study* 43: 320-332.
54. Henderson, I.G. & Evans, A.D. 2000. Responses of farmland birds to set-aside and its management. I: Aebischer, N., Evans, A.D., Grice, P.V. & Vickery, J.A. (Red.) *Ecology and Conservation of Lowland Farmland Birds*. British Ornithologists Union, Tring, s. 69-76.
55. Freemark, K. & Boutin, C. 1995. Impacts of agricultural herbicide use on terrestrial wildlife in temperate landscapes: A review with special reference to North America. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 52: 67-91.
56. Cousens, R. & Mortimer, M. 1995. *Dynamics of weed populations*. Cambridge University Press, New York.
57. Hald, A.B. 1999. Weed vegetation (wild flora) of long established organic versus conventional cereal fields in Denmark. *Annals of Applied Biology* 134: 307-314.
58. Hyvönen, T. & Salonen, J. 2002. Weed species diversity and community composition in cropping practices at two intensity levels – a six-year experiment. *Plant Ecology* 159: 73-81.
59. Haughton, A.J., Champion, G.T., Hawes, C., Heard, M.S., Brooks, D.R., Bohan, D.A., Clark, S.J., Dewar, A.M., Firbank, L.G., Osborne, J.L., Perry, J.N., Rothery, P., Roy, D.B., Scott, R.J., Woiwod, I.P., Birchall, C., Skellern, M.P., Walker, J.H., Baker, P., Browne, E.L., Dewar, A.J.G., Garner, B.H., Haylock, L.A., Horne, S.L., Mason, N.S., Sands, R.J.N. & Walker, M.J. 2003. Invertebrate responses to the management of genetically modified herbicide-tolerant and conventional spring crops. II. Within-field epigeal and aerial arthropods. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London Series B Biological Sciences* 358: 1863-1877.
60. Strandberg, B., Bruus Pedersen, M. & Elmegaard, N. 2005. Weed and arthropod populations in conventional and genetically modified herbicide tolerant fodder beet fields. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 105: 243-253.
61. Marrs, R.H., Frost, A.J. & Plant, R.A. 1991. Effects of herbicide spray drift on selected species of nature conservation interest: The effects of plant age and surrounding vegetation structure. *Environmental Pollution* 69: 223-235.
62. Le Coeur, D., Baudry, J., Burel, F. & Thenail, C. 2002. Why and how we should study field boundary biodiversity in an agrarian landscape context. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 89: 23-40.
63. Aude, E., Tybirk, K. & Pedersen, M.B. 2003. Vegetation diversity of conventional and organic hedgerows in Denmark. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 99: 261-269.
64. Roy, D.B., Bohan, D.A., Haughton, A.J., Hill, M.O., Osborne, J.L., Clark, S.J., Perry, J.N., Rothery, P., Scott, R.J., Brooks, D.R., Champion, G.T., Hawes, C., Heard, M.S. & Firbank, L.G. 2003. Invertebrates and vegetation of field margins adjacent to crops subject to contrasting herbicide regimes in the Farm Scale Evaluations of genetically modified herbicide-tolerant crops. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London Series B-Biological Sciences* 358: 1879-1898.

65. Kleijn, D. & Snoeiijing, G.I.J. 1997. Field boundary vegetation and the effects of drift of agrochemicals: botanical change caused by low levels of herbicide and fertilizer. *Journal of Applied Ecology* 34: 1413-1425.
66. Marrs, R.H., Williams, C.T., Frost, A.J. & Plant, R.A. 1989. Assessment of the effects of herbicide spray drift on a range of species of conservation interest. *Environmental Pollution* 59: 71-86.
67. Marrs, R.H., Frost, A.J., Plant, R.A. & Lunnis, P. 1993. Determination of bufferzones to protect seedlings of non-target plants from the effects of glyphosate spray drift. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 45: 283-293.
68. Marrs, R.H. & Frost, A.J. 1997. A microcosm approach to the determination of the effects of herbicide spray drift in plant communities. *Journal of Environmental Management* 50: 369-388.
69. Blackburn, L.G. & Boutin, C. 2003. Subtle effects of herbicide use in the context of genetically modified crops: A case study with glyphosate (Roundup®). *Ecotoxicology* 12: 271-285.
70. Boutin, C., Elmegaard, N. & Kjær, C. 2004. Toxicity testing of fifteen non-crop plant species with six herbicides in a greenhouse experiment: Implication for risk assessment. *Ecotoxicology* 13: 349-369.
71. Fogelfors, H. 1979. Floraförändringar i odlingslandskapet. Åkermark – med särskild hänsyn till herbicidanvändningen. En litteraturöversikt. Institutionen för ekologi och miljövärd, Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala.
72. Strandberg, B., Bruus, M. & Mathiassen, S. 2008. Effects of herbicide drift on hedgerow biodiversity. Poster. National Environmental Research Institute, University of Aarhus.
73. Damgaard, C., Strandberg, B., Mathiassen, S.K. & Kudsk, P. 2011. The combined effect of nitrogen and glyphosate on the competitive growth, survival and establishment of *Festuca ovina* and *Agrostis capillaris*. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 142: 374-381.
74. Marshall, E.J.P. 1988. Some effects of annual application of three growth-retarding compounds on the composition and growth of a pasture sward. *Journal of Applied Ecology* 25: 619-630.
75. Ewald, J.A. & Aebischer, N.J. 1999. Pesticide use, avian food resources and bird densities in Sussex. JNCC Report No 296, Joint Nature Conservation Committee, Peterborough.
76. Shrubbs, M. 2003. Birds, scythes and combines. Cambridge University Press, Cambridge.
77. Fuller, R.J., Norton, L.R., Feber, R.E., Johnson, P.J., Chamberlain, D.E., Joys, A.C., Mathews, F., Stuart, R.C., Townsend, M.C., Manley, W.J., Wolfe, M.S., Macdonald, D.W. & Firbank, L.G. 2005. Benefits of organic farming to biodiversity vary among taxa. *Biology Letters* 1: 431-434.
78. Roschewitz, I., Gabriel, D., Tschardt, T. & Thies, C. 2005. The effects of landscape complexity on arable weed species diversity in organic and conventional farming. *Journal of Applied Ecology* 42: 873-882.
79. Rundlöf, M. 2007. Biodiversity in agricultural landscapes: landscape and scale-dependent effects of organic farming. Doktorsavhandling, Lunds universitet.
80. Winqvist, C., Bengtsson, J., Aavik, T., Berendse, F., Clement, L.W., Eggers, S., Fischer, C., Flohre, A., Geiger, F., Liira, J., Part, T., Thies, C., Tschardt, T., Weisser, W.W. & Bommarco, R. 2011. Mixed effects of organic farming and landscape complexity on farmland biodiversity and biological control potential across Europe. *Journal of Applied Ecology* 48: 570-579.
81. Stolze, M., Piore, A., Häring, A. & Dabbert, S. 2000. The environmental impact of organic farming in Europe. University of Hohenheim, Stuttgart.
82. Stockdale, E.A., Lampkin, N.H., Hovi, M., Keatinge, R., Lennartsson, E.K.M., Macdonald, D.W., Padel, S., Tattersall, F.H., Wolfe, M.S. & Watson, C.A. 2001. Agronomic and environmental implications of organic farming systems. *Advances in Agronomy* 70: 261-327.
83. Chiverton, P.A. & Sotherton, N.W. 1991. The effect on beneficial arthropods of the exclusion of herbicides from cereal crop edges. *Journal of Applied Ecology* 28: 1027-1039.
84. Moreby, S.J. & Southway, S.E. 1999. Influence of autumn applied herbicides on summer and autumn food available to birds in winter wheat fields in southern England. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 72: 285-297.
85. Taylor, R.L., Maxwell, B.D. & Boik, R.J. 2006. Indirect effects of herbicides on bird food resources and beneficial arthropods. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 116: 157-164.
86. Potts, S.G., Vulliamy, B., Dafni, A., Neeman, G. & Willmer, P. 2003. Linking bees and flowers: How do floral communities structure pollinator communities? *Ecology* 84: 2628-2642.

87. Chiverton, P.A. 1999. The benefits of unsprayed cereal crop margins to grey partridges *Perdix perdix* and pheasants *Phasianus colchicus* in Sweden. *Wildlife Biology* 5: 83-92.
88. Longley, M. & Sotherton, N.W. 1997. Factors determining the effects of pesticides upon butterflies inhabiting arable farmland. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 61: 1-12.
89. Rundlöf, M. & Smith, H.G. 2006. The effect of organic farming on butterfly diversity depends on landscape context. *Journal of Applied Ecology* 43: 1121-1127.
90. Holzschuh, A., Steffan-Dewenter, I., Kleijn, D. & Tscharntke, T. 2007. Diversity of flower-visiting bees in cereal fields: effects of farming system, landscape composition and regional context. *Journal of Applied Ecology* 44: 41-49.
91. Rundlöf, M., Bengtsson, J. & Smith H.G. 2008. Local and landscape effects of organic farming on butterfly species richness and abundance. *Journal of Applied Ecology* 45: 813-820.
92. AERU. 2012. Pesticide Properties DataBase (PPDB). Agriculture & Environment Research Unit (AERU), University of Hertfordshire. <http://sitem.herts.ac.uk/aeru/footprint/en/index.htm>. Updaterad 2012-07-23.
93. Newman, M.C., Crane, M. & Holloway, G. 2006. Does pesticide assessment in the European Union assess long-term effects? *Reviews of Environmental Contamination and Toxicology* 187: 1-65.
94. de Snoo, G.R. 1999. Vertebrate wildlife incidents with pesticides: a European survey. *Pesticide Science* 55: 47-54.
95. Berny, P. 2007. Pesticides and the intoxication of wild animals. *Journal of Veterinary Pharmacology and Therapeutics* 30: 93-100.
96. Wilson, J.D., Whittingham, M.J. & Bradbury, R.B. 2005. The management of crop structure: a general approach to reversing the impact of agricultural intensification on birds? *Ibis* 147: 453-463.
97. Spencer, S.R. & Barrett, G.W. 1980. Meadow vole population response to vegetational changes resulting from 2,4-D application. *American Midland Naturalist* 103: 32-46.
98. Fischer, C., Thies, C. & Tscharntke, T. 2011. Small mammals in agricultural landscapes: opposing responses to farming practices and landscape complexity. *Biological Conservation* 144: 1130-1136.
99. Croft, B.A. 1990. *Arthropod biological agents and pesticides*. Wiley, New York.
100. Crawley, M.J. 1989. Insect herbivores and plant population dynamics. *Annual Review of Entomology* 34: 531-564.
101. Brown, V.K. & Gange, A.C. 1992. Secondary plant succession. *Vegetatio* 101: 3-13.
102. Fontaine, C., Dajoz, I., Meriguet, J. & Loreau, M. 2006. Functional diversity of plant-pollinator interaction webs enhances the persistence of plant communities. *PLoS Biology* 4: 129-135.
103. Gabriel, D. & Tscharntke, T. 2007. Insect pollinated plants benefit from organic farming. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 118: 43-48.
104. Desneux, N., Decourtye, A. & Delpuech, J.M. 2007. The sublethal effect of pesticides on beneficial arthropods. *Annual Review of Entomology* 52: 81-106.
105. Thompson, H.M. 2001. Assessing the exposure and toxicity of pesticides to bumblebees (*Bombus* sp.). *Apidologie* 32: 305-321.
106. Thompson, H.M. & Hunt, L.V. 1999. Extrapolating from honeybees to bumblebees in pesticide risk assessment. *Ecotoxicology* 8: 147-166.
107. Free, J.B. 1970. *Insect pollination of crops*. Academic Press, London & New York.
108. Johansen, C.A. 1977. Pesticides and pollinators. *Annual Review of Entomology* 22: 177-192.
109. Goulson, D. 2010. *Bumblebees; their behaviour, ecology and conservation*. Oxford University Press, Oxford.
110. Goulson, D. 2003. *Bumblebees: behaviour and ecology*. Oxford University Press, Oxford.
111. IRAC. 2012. IRAC MoA Classification Scheme. Insecticide Resistance Action Committee. <http://www.irac-online.org/content/uploads/MoA-classification.pdf> Updaterad: 2012-06-09.
112. Pozzebon A., Duso, C., Tirell, P. & Ortiz, P.B. 2011. Toxicity of thiamethoxam to *Tetranychus urticae* Koch and *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot (Acari Tetranychidae, Phytoseiidae) through different routes of exposure. *Pesticide Management Science* 67: 352-359.
113. Jervis, M.A., Kidd, N.A.C., Fitton, M.G., Huddleston, T. & Dawah, H.A. 1993. Flower-visiting by hymenopteran parasitoids. *Journal of Natural History* 27: 67-105.
114. Krischik, V.A., Landmark, A.L. & Heimpel, G.E. 2007. Soil-applied imidacloprid is translocated to nectar and kills nectar-feeding *Anagyrus pseudococci* (Girault) (Hymenoptera: Encyrtidae). *Environmental Entomology* 36: 1238-1245.

115. Moser, S.E. & Obrycki, J.J. 2009. Non-target effects of neonicotinoid seed treatments: mortality of coccinellid larvae related to zoophytophagy. *Biological Control* 51: 487-492.
116. Prabhaker, N., Castle, S.J., Naranjo, S.E., Toscano, N.C & Morse, J.G. 2011. Compatibility of two systemic neonicotinoids, imidacloprid and thiamethoxam, with various natural enemies of agricultural pests. *Journal of Economic Entomology* 104: 773-781.
117. Girolami, V., Mazzon, L., Squartini, A., Mori, N., Marzaro, M., Di Bernardo, A., Greatti, M., Giorio, C. & Tapparo, T. 2009. Translocation of neonicotinoid insecticides from coated seeds to seedling guttation drops: A novel way of intoxication for bees. *Journal of Economic Entomology* 102: 1808-1815.
118. Cresswell, J. 2011. A meta-analysis of experiments testing the effects of a neonicotinoid insecticide (imidacloprid) on honey bees. *Ecotoxicology* 20: 149-157.
119. Whitehorn, P. R., O'Connor, S., Wackers, F.L. & Goulson, D. 2012. Neonicotinoid pesticide reduces bumble bee colony growth and queen production. *Science* 336: 351-352.
120. Laycock, I., Lenthall, K., Barratt, A. & Cresswell, J. 2012. Effects of imidacloprid, a neonicotinoid pesticide, on reproduction in worker bumble bees (*Bombus terrestris*). *Ecotoxicology*: I tryck.
121. Tasei, J.N., Lerin, J., Ripault, G. 2000. Sub-lethal effects of imidacloprid on bumblebees, *Bombus terrestris* (Hymenoptera: Apidae), during a laboratory feeding test. *Pesticide Management Science* 56: 784-788.
122. Mommaerts, V., Reynders, S., Boulet, J., Besard, L., Sterk, G. & Smagghe, G. 2010. Risk assessment for side-effects of neonicotinoids against bumblebees with and without impairing foraging behavior. *Ecotoxicology* 19: 207-215.
123. Hopwood, J., Vaughan, M., Shepherd, M., Biddinger, D., Mader, E., Hoffmann Black, S. & Mazzacano, C. 2012. Are neonicotinoids killing bees? A review of research into the effects of neonicotinoid insecticides on bees, with recommendations for action. The Xerces Society for Invertebrate Conservation, Portland.
124. Blacqui re, T., Smagghe, G., van Gestel, C.A.M. & Mommaerts, V. 2012. Neonicotinoids in bees: a review on concentrations, side-effects and risk assessment. *Ecotoxicology* 21: 973-992.
125. Benton, T.G., Bryant, D.M., Cole, L. & Crick, H.Q.P. 2002. Linking agricultural practice to insect and bird populations: a historical study over three decades. *Journal of Applied Ecology* 39: 673-687.
126. Morris, A.J., Wilson, J.D., Whittingham, M.J. & Bradbury, R.B. 2004. Indirect effects of pesticides on breeding yellowhammer (*Emberiza citrinella*). *Agriculture, Ecosystems & Environment* 106: 1-16.
127. Barrett, G.W. & Darnell, R.M. 1967. Effects of dimethoate on small mammal populations. *American Midland Naturalist* 77: 164-175.
128. B nemann, E.K., Schwenke, G.D. & Van Zwieten L. 2006. Impact of agricultural inputs on soil organisms - a review. *Australian journal of Soil Research* 44: 379-406.
129. Koch, K.A., Potter, B.D. & Ragsdale, D.W. 2010. Non-target impacts of soybean rust fungicides on the fungal entomopathogens of soybean aphid. *Journal of Invertebrate Pathology* 103: 156-164.
130. Wardle, D.A., Bardgett, R.D., Klironomos, J.N., Set la, H., Van der Putten, W.H. & Wall, D.H. 2004. Ecological linkages between aboveground and belowground biota. *Science* 304: 1625-1633.
131. SCB. 2012. Jordbruksstatistisk  rsbok 2012 - med data om livsmedel. Statistiska centralbyrån, Örebro och Jordbruksverket, Jönköping.
132. Chancellor, R.J. 1985. Changes in weed flora of an arable field cultivated for 20 years. *Journal of Applied Ecology* 22: 491-501.
133. Van Assche, J.A., Debucquoy, K.L.A. & Rommens, W.A.F. 2003. Seasonal cycles in the germination capacity of buried seeds of some Leguminosae (Fabaceae). *New Phytologist* 158: 315-323.
134. Risberg, J. 2008. Gynna humlorna p  g rden. Jordbruksverket, Jönköping.
135. Thompson, H.M. 1996. Interactions between pesticides; a review of reported effects and their implications for wildlife risk assessment. *Ecotoxicology* 5: 59-81.
136. Cedergreen, N., Christensen, A.M., Kamper, A., Kudsk, P., Mathiasen, S.K., Streibig, J.C., Sorensen, H. 2008. A review of independent action compared to concentration addition as reference models for mixtures of compounds with different molecular target sites. *Environmental Toxicology and Chemistry* 27: 1621-1632.
137. Cedergreen, N., Kudsk, P., Mathiasen, S. & Streibig J.C. 2007. Combination effects of herbicides: Do species and test system matter? *Pesticide Management Science* 63: 282-295.

138. Johal, G.S. & Huber, D.M. 2009. Glyphosate effects on diseases of plants. *European Journal of Agronomy* 31: 144-152.
139. Alaux, C., Brunet, J.L., Dussaubat, C., Mondet, F., Tchamitchan, S., Cousin M., Brillard, J., Baldy, A., Belzunces, L.P. & Le Conte, Y. 2010. Interactions between *Nosema* microspores and a neonicotinoid weaken honeybees (*Apis mellifera*). *Environmental Microbiology* 12: 774-782.
140. Mullin, C. A., Frazier, M., Frazier, J.L., Ashcraft, S., Simonds, R., van Engelsdorp, D. & Pettis, J.S. 2010. High levels of miticides and agrochemicals in North America apiaries: implications for honey bee health. *PLoS ONE* 5: e9754.
141. Iwasa, T., Motoyama, N., Ambrose, J.T. & Roe, R.M. 2004. Mechanism for the differential toxicity of neonicotinoid insecticides in the honey bee, *Apis mellifera*. *Crop Protection* 23: 371-378.
142. Pilling, E.D. & Jepson, P.C. 1993. Synergism between EBI fungicides and a pyrethroid insecticide in the honeybee (*Apis mellifera*). *Pesticide Science* 39: 293-297.
143. Fletcher M. & Barnett, L. 2003. Bee pesticide poisoning incidents in the United Kingdom. *Bulletin of Insectology* 56: 141-145.
144. Costanza, R., d'Arge, R., de Groot, R., Farber, S., Grasso, M., Hannon, B., Limburg, K., Naeem, S., O'Neill, R.V., Paruelo, J., Raskin, R.G., Sutton, P. & van den Belt, M. 1997. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature* 387: 253-260.
145. Tilman, D., Cassman, K.G., Matson, P.A., Naylor, R. & Polasky, S. 2002. Agricultural sustainability and intensive production practices. *Nature* 418: 671-677.
146. Kremen, C., Williams, N.M., Aizen, M.A., Gemmill-Herren, B., LeBuhn, G., Minckley, R., Packer, L., Potts, S.G., Roulston, T., Steffan-Dewenter, I., Vazquez, D.P., Winfree, R., Adams, L., Crone, E.E., Greenleaf, S.S., Keitt, T.H., Klein, A.M., Regetz, J. & Ricketts, T.H. 2007. Pollination and other ecosystem services produced by mobile organisms: a conceptual framework for the effects of land-use change. *Ecology Letters* 10: 299-314.
147. Rundlöf, M., Nilsson, H. & Smith, H.G. 2008. Interacting effects of farming practice and landscape context on bumble bees. *Biological Conservation* 141: 417-426.
148. Schmidt, M.H., Lauer, A., Purtauf, T., Thies, C., Schaefer, M. & Tschamntke, T. 2003. Relative importance of predators and parasitoids for cereal aphid control. *Proceedings of the Royal Society B* 270: 1905-1909.
149. Costamagna, A. C. & Landis, D.A. 2007. Predators exert top-down control of soybean aphid across a gradient of agricultural management systems. *Ecological Applications* 16: 1619-1628.
150. Metcalf, L. R. 1980. Changing role of insecticides in crop protection. *Annual Review of Entomology* 25: 219-256.
151. Huffaker, C.B. & Kenneth, C.E. 1956. Experimental studies on predation: predation and cyclamen mite populations on strawberries in California. *Hilgardia* 26: 191-222.
152. Dempster, J.P. 1968. The control of *Pieris rapae* with DDT. II. Survival of the young stages of *Pieris* after spraying. *Journal of Applied Ecology* 5: 451-462.
153. Bommarco, R., Miranda, F., Bylund, H. & Björkman, C. 2011. Insecticides suppress natural enemies and increase pest damage in cabbage. *Journal of Economic Entomology* 104: 782-791.
154. Whalon, M.E., Mota-Sanchez, D. & Hollingworth, R.M. (Red.) 2008. Global pesticide resistance in arthropods. CAB International, Oxfordshire.
155. Settle, W.H., Ariawan, H., Astuti, E.T., Cahyana, W., Hakim, A.L., Hindayana, D., Lestari, A.S. & Pajarningsih, S. 1996. Managing tropical rice pests through conservation of natural enemies and alternative prey. *Ecology* 77: 1975-1988.
156. ADB och IRRI. 2012. Ricehoppers. Asian Development Bank och International Rice Research Institute. <http://ricehoppers.net/> Uppdaterad: 2012-06-20.
157. Heong, K.L. & Schoenly, K.G. 1998. Impact of insecticides on herbivore- natural enemy communities in tropical rice ecosystems. I: Haskell, P.T. & McEwen, P. (Red.) *Ecotoxicology: Pesticides and beneficial organisms*. Chapman and Hall, London, s. 381-403.
158. Ekström, G. & Ekbom, B. 2011. Pest control in agro-ecosystems – an ecological approach. *Critical Reviews in Plant Sciences* 30: 74-94.
159. Lagnaoui, A & Radcliffe, E.B. 1998. Potato fungicides interfere with entomopathogenic fungi impacting population dynamics of green peach aphid. *American Journal of Potato Research* 75: 19-25.
160. Wells, M.L., McPherson, R.M., Ruberson, J.R. & Herzog, G.A. 2000. Effect of fungicide application on activity of *Neozygites fresenii* (Entomophthorales: Neozygitaceae) and cotton aphid (Homoptera: Aphididae) suppression. *Journal of Economic Entomology* 93: 1118-1126.

161. Kevan, P.G. 1975. Forest application of the insecticide Fenitrothion and its effect on wild bee pollinators (Hymenoptera: Apoidea) of lowbush blueberries (*Vaccinium* spp.) in southern New Brunswick, Canada. *Biological Conservation* 7: 301-309.
162. Kearns, C.A., Inouye, D.W. & Waser, N. 1998. Endangered mutualisms: the conservation of plant-pollinator interactions. *Annual Review of Ecology and Systematics* 29: 83-112.
163. Kevan, P. G. 1977. Blueberry crops in Nova Scotia and New Brunswick: pesticides and crop reductions. *Canadian Journal of Agricultural Economics* 25:64.
164. SJV. 2008. Bekämpningsrekommendationer: svampar och insekter 2008. Jordbruksverket, Jönköping.
165. Feber, R.E., Firbank, L.G., Johnson, P.J. & Macdonald, D.W. 1997. The effects of organic farming on pest and non-pest butterfly abundance. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 64: 133-139.
166. Morandin, L.A. & Winston, M.L. 2005. Wild bee abundance and seed production in conventional, organic, and genetically modified Canola. *Ecological Applications* 15: 871-881.
167. Andersson, G.K.S., Rundlöf, M., Smith, H.G. 2012. Organic farming improves pollination success in strawberries. *PLoS ONE* 7:e3159.
168. Wivstad, M. 2010. Klimatförändringarna – en utmaning för jordbruket och giftfri miljö. PM 2/10. Kemikalieinspektionen, Sundbyberg.
169. SJV. 2011. Herbicidresistens. Broschyr OVR225. Jordbruksverket, Jönköping.
170. SJV. 2009. Insektidresistens. Broschyr OVR178. Jordbruksverket, Jönköping.
171. SJV. 2010. Fungicidresistens. Broschyr OVR177. Jordbruksverket, Jönköping.
172. Graaf, S., Adielsson, S. & Kreuger, J. 2011. Resultat från miljöövervakningen av bekämpningsmedel (växtskyddsmedel). Årssammanställning 2010. Ekohydrologi 128. Institutionen för mark & miljö, Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala.
173. SLU. 2012. Uppföljning av förändringar i jordbrukslandskapet via NILS (Nationell Inventering av landskapet i Sverige). Institutionen för skoglig resurshushållning, Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala. <http://www.slu.se/sv/centrum-bildningar-och-projekt/nils/projekt/uppfoljning-av-kvalitetsforandringar-i-angs-och-betesmarker/>. Uppdaterad: 2012-06-20.
174. LU. 2012. Svensk Dagfjärilsövervakning. Biologiska institutionen, Lunds universitet. <http://www.dagfjarilar.lu.se>. Uppdaterad: 2012-04-10.
175. Hedemand, T. & Strandberg, M. 2009. Pesticider – påverkningar i naturen. Danmarks Miljøundersøgelser, Aarhus.
176. Kjær, C., Sørensen, P.B., Kudsk, P. & Jørgensen, L.N. 2007. Indikatoren behandlingshyppighed (BH) som mål for pesticidbehandlingsens miljøbelastning. Danmarks Miljøundersøgelser, Silkeborg & Det Jordbrugsvidenskabelige Fakultet, Aarhus Universitet, Slagelse.
177. Reus, J., Leendertse, P., Bockstaller, C., Fomsgaard, I., Gutsche, V., Lewis, K., Nilsson, C., Pussemier, L., Trevisan, M., van der Werf, H., Alfaro, F., Blümel, S., Isart, J., McGrath, D. & Seppälä, T. 2002. Comparison and evaluation of eight pesticide environmental risk indicators developed in Europe and recommendations for future use. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 90: 177-187.
178. Bergkvist, P. 2004. Pesticide risk indicators at national level and farm level. A Swedish approach. Kemikalieinspektionen, Sundbyberg.
179. Cross, P. & Edwards-Jones, G. 2006. Variation in pesticide hazard from arable crop production in Great Britain from 1992 to 2002: Pesticide risk indices and policy analysis. *Crop Protection* 25: 1101-1108.
180. Kogan, M. 1998. Integrated pest management: historical perspectives and contemporary developments. *Annual Review of Entomology* 43: 243-270.
181. Berge, T.W., Goldberg, T.W.S., Kaspersen, K. & Netland, J. 2012. Towards machine vision based site-specific weed management in cereals. *Computers and Electronics in Agriculture* 81: 79-86.
182. Greppa växtskyddet. 2012. Hjälpreda för bestämning av vindanpassat skyddsavstånd vid användning av lantbruksspruta med bom. <http://www.greppa.nu/vaxtskydd>. Uppdaterad: 2012-05-14.
183. Wallander, J., Wretling Clarin, A., Dock Gustavsson, A-M., Lannek, J., Wallenberg, P. & Hasund, K.P. 2012. Behov av nya mål och åtgärder för ekologisk produktion i landsbygdsprogrammet. Jordbruksverket, Jönköping.
184. SCB. 2011. Växtskyddsmedel i jord- och trädgårdsbruket 2010. Användning i grödor. Statistiska meddelanden MI 31 SM 1101. Statistiska centralbyrån och Kemikalieinspektionen, Stockholm.
185. SJV. 2011. Biologisk mångfald på skyddszoner. Utvärdering av skyddszoner i slättlandskapet. Rapport 2011:6. Jordbruksverket, Jönköping.
186. Miljömålsportalen. 2012. <http://www.miljomal.se/Miljomalen/Alla-indikatorer/Indikatorsida/?iid=218&pl=1>

Bilaga

Växtskyddsmedelsanvändning i svenskt jordbruk

Reglering

VÄXTSKYDDSMEDEL måste vara godkända av Kemikalieinspektionen (KemI) och av EU enligt växtskyddsmedelsförordningen EG 1107/2009 innan de får marknadsföras i Sverige. Ett nytt EU-direktiv för hållbar användning av växtskyddsmedel trädde i kraft under hösten 2009 för att börja tillämpas från november 2011. Direktivet innebär krav på ett integrerat växtskydd i hela EU från 2014. Det innebär att kemiska bekämpningsmedel endast ska användas när skadegöraren inte kan hanteras med förebyggande växtskyddsåtgärder, eller alternativa metoder. För närvarande pågår arbetet med implementeringen av direktivet i svensk lagstiftning.¹

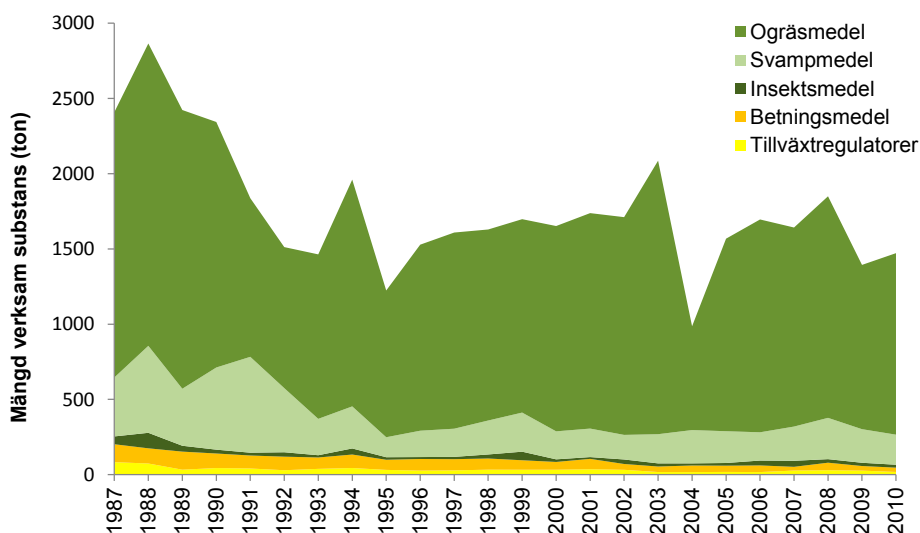
Försäljning och användning

STATISTIK ÖVER den försålda mängden växtskyddsmedel rapporteras årligen av Kemikalieinspektionen. År 2010 såldes 1 473 ton verksam substans växtskyddsmedel till jordbruket, vilket ligger strax under den genomsnittliga årliga försäljningen under de senaste 15 åren (Figur 1). Försäljningen av ogräsmedel, svampmedel och insektsmedel till jordbrukssektorn räknat i ton verksam substans min-

kade i slutet av 1980-talet, men har sedan dess legat på en relativt jämn, eller svagt sjunkande, nivå på runt 1 500 ton per år.

Under 2010 stod ogräsmedel för 82 procent av den försålda mängden växtskyddsmedel i Sverige. Motsvarande andelar för svamp- och insektsmedel var 14 respektive 1,3 procent.² De resterande dryga två procenten av försäljningen utgörs av betningsmedel som är växtskyddsmedel mot svampar eller insekter som appliceras på utsäde, samt tillväxtregulatorer, främst stråförlängningsmedel, som styr fysiologiska processer hos grödan. Försåld mängd betningsmedel och tillväxtregulatorer har minskat under de senaste årtiondena, men eftersom dessa klasser endast utgör ett par procent av den totala försäljningen, har detta haft liten inverkan på den totalt försålda mängden växtskyddsmedel (Figur 1).

De vanligaste försålda verksamma substanserna är för ogräsmedel glyfosat (657 ton) och MCPA (219 ton). För svampmedel står mankozeb (35 ton) och protriokonazol (25 ton) för de största mängderna av verksam substans. Imidakloprid (10 ton, total försåld kvantitet för både betning och direktapplikering) var det vanligast försålda insektsmedlet 2010.



Figur 1. Försålda kvantiteter av ogräsmedel, svampmedel, insektsmedel, betningsmedel och tillväxtregulatorer till jordbruket under åren 1987-2010.^{2,3} Under åren 1994 och 2003 skedde en hamstring av växtskyddsmedel på grund av aviserade höjningar av priserna.⁴

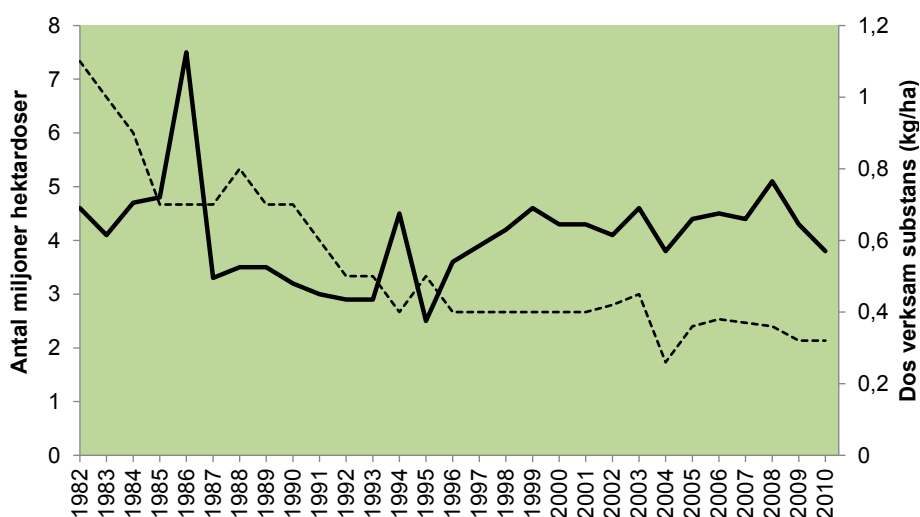
SÅ KALLADE LÅGDOSPREPARAT har minskat den mängd verksamt substans som krävs för att uppnå samma bekämpningseffekt.⁵ Det kan därför vara missvisande att endast fokusera på den sålda mängden verksamt substans som ett mått på användningen av växtskyddsmedel.

Man kan också beräkna antalet hektardoser, det vill säga hur stor areal åkermark den försålda mängden växtskyddsmedel räcker till för behandling med rekommenderade doser. Sådana data visar att det framförallt under 80- och 90-talen till följd av utveckling av lågdospreparat varit möjligt att minska den använda dosen verksamt substans per hektar, utan att antalet försålda hektardoser minskat i samma utsträckning (Figur 2).

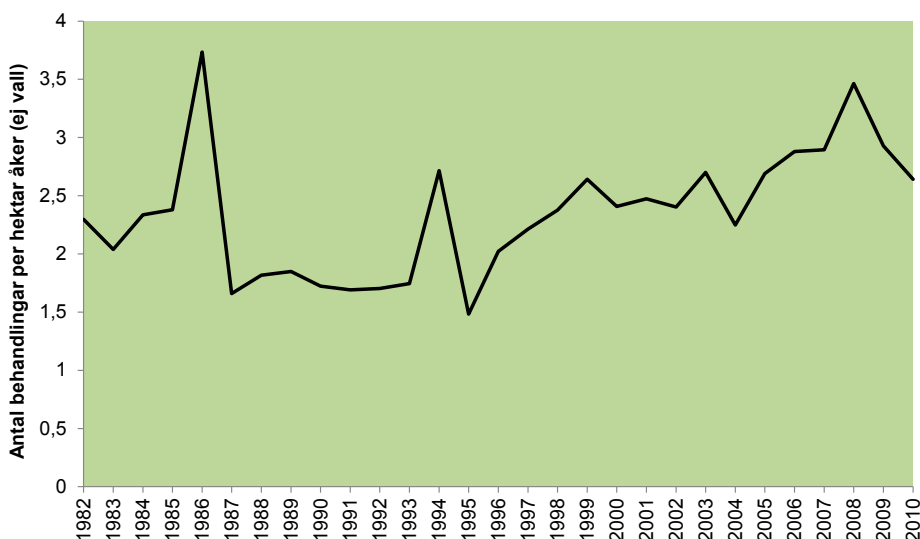
Den sålda mängden hektardoser minskade något under slutet av 80- och början av 90-talet. Under slutet

av 90-talet ökade mängden sålda hektardoser något igen och har sen dess legat på en relativt stabil nivå.

Slutligen kan man få ett mått på intensiteten av växtskyddsmedelsanvändningen genom att fördela antalet hektardoser på den årliga arealen åkermark, exklusive vallarealen (Figur 3). Borträkningen av vall sker för att användningen av växtskyddsmedel är försumlig i denna gröda (Figur 4), samtidigt som dess stora areal får stort genomslag i arealviktade medelvärden. Sådana data visar en trend av att antalet behandlingar per hektar ökat sedan mitten av 1990-talet. En minskning av den totala åkerarealen av grödor, framförallt av dem där växtskyddsmedel används, samtidigt som det totala antalet sålda hektardoser inte minskat i samma utsträckning, bidrar till denna trend.



Figur 2. Totalt antal försålda hektardoser av växtskyddsmedel och genomsnittlig dos verksamt substans inom jordbruket i Sverige under åren 1982-2010.^{6,7} Topparna 1986, 1994 och 2003 kan förklaras av hamstring av växtskyddsmedel inför aviserade prishöjningar.



Figur 3. Försålt antal hektardoser fördelat på den årliga arealen åkermark (exklusive vall). Antalet hektardoser är hämtade från KemI⁶ och SCB⁷ medan den årliga arealen åkermark exklusive vall är hämtad från Jordbruksverket.⁸ Topparna 1986 och 1994 kan förklaras av hamstring av växtskyddsmedel inför aviserade prishöjningar.

Skillnader mellan grödor och regioner

UTÖVER KEMIKALIEINSPEKTIONENS årliga rapportering av den försålda mängden växtskyddsmedel genomför SCB undersökningar av den verkliga användningen av växtskyddsmedel i jordbruket som baseras på intervjuer med jordbruksföretagare. De tre senaste undersökningarna genomfördes 1998, 2006 och 2010.⁵

Den rapporterade användningen ligger över lag något under KemI:s försäljningsstatistik, vilket delvis beror på lantbrukarens lagerhållning av växtskyddsmedel mellan åren.⁵ Sett över hela Sverige användes någon form av växtskyddsmedel (glyfosat som använts mellan grödor ej inräknat) på 47 procent av åkerarealen 2010.⁵ Ogräsmedel användes på 46 procent av åkermarken, insektsmedel på 11 procent och svampmedel på 22 procent.⁵

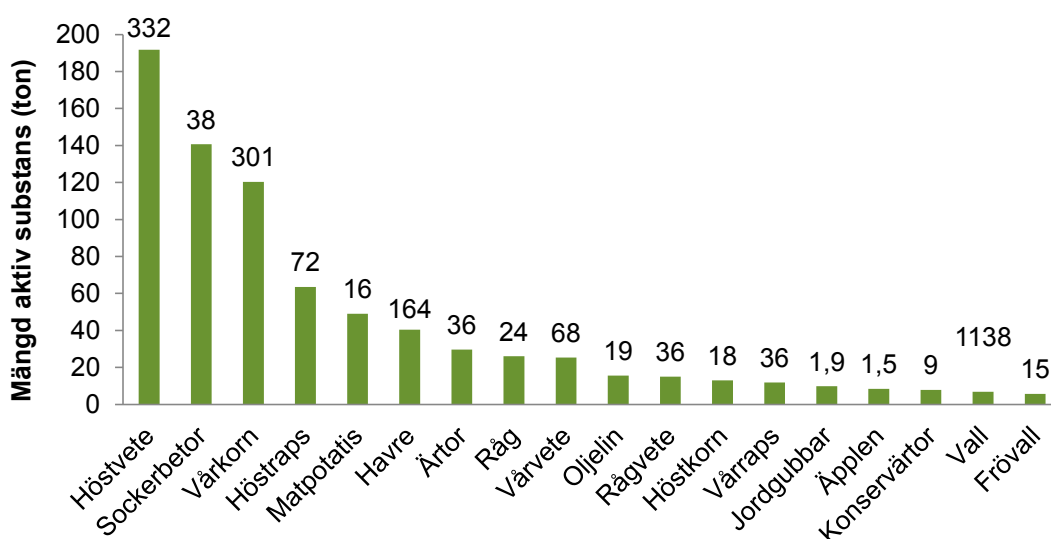
SCB:S UNDERSÖKNINGAR ger en god bild över hur användningen av växtskyddsmedel varierar mellan olika grödor och olika regioner i Sverige. Skillnaden i total användning av växtskyddsmedel i olika grödor är stor, och är endast delvis kopplad till den totala arealen av de olika grödorna (Figur 4).

Sockerbetor och potatis utmärker sig som två grödor där en betydande andel av den totala växtskyddsmedelsanvändningen sker, trots att grödans areal är relativt liten. Det är främst användningen av ogräsmedel som är hög per hektar gröda i sockerbetor, medan det i potatis är användningen av svampmedel som är hög.⁵

En stor del av den totala användningen sker i spannmålsgrödorna, vilket främst beror på användning av ogräs- och svampmedel över stora arealer av höstvet och vårkorn. Åt andra hållet utmärker sig vallen, som är den största grödan men som behandlas endast i mycket liten omfattning.

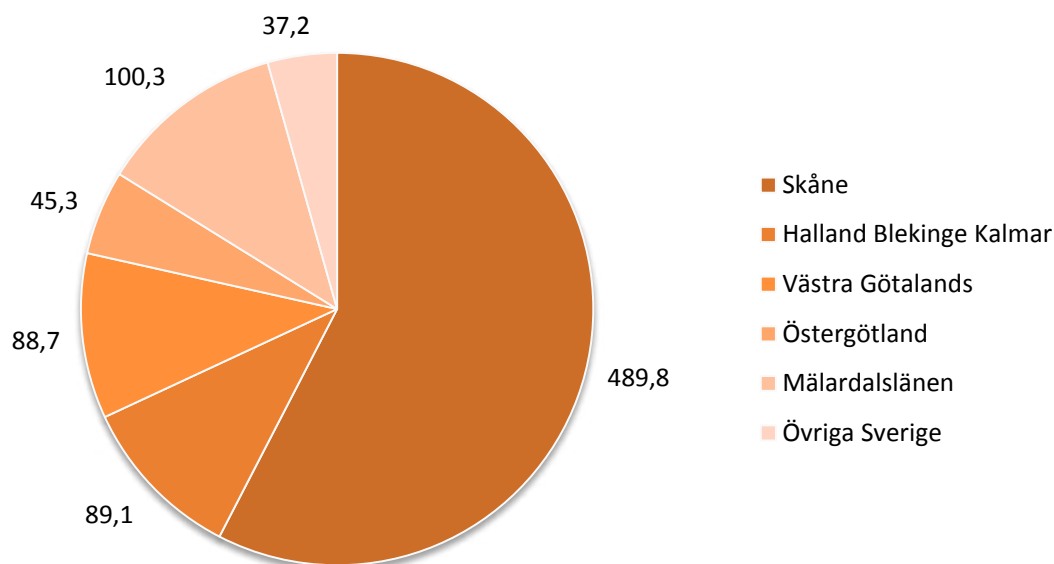
Insektsmedel stod 2010 endast för en dryg procent av den totala växtskyddsmedelsanvändningen räknat i mängd aktiv substans, något lägre än 2006 och jämförbart med 1998.⁵ Vanligast är användningen av insektsmedel i odling av raps, höstvet och ärter.

Det är viktigt att påpeka att SCB:s statistik över användningen av växtskyddsmedel mot svamp och insekter bygger på statistik från enstaka år och är känslig för variationer i vädret, eftersom det påverkar bekämpningsbehovet.⁵



Figur 4.

Användning av växtskyddsmedel i olika grödor i Sverige 2010 utifrån användarstatistik. Siffran ovanför varje stapel anger grödans areal i tusental hektar.



Figur 5.

Total användning (i ton) av växtskyddsmedel i olika län och regioner 2010 utifrån användarstatistik.⁵ Statistiken innefattar användningen av ogräsmedel (exklusive glyfosat som använts mellan olika grödor), svampmedel och insektsmedel. Mälardalslänen innefattar Södermanlands, Stockholms, Uppsala, Västmanlands samt Örebro län. Övriga Sverige innefattar statistik från Gotlands, Värmlands, Dalarnas, Gävleborgs samt Västerbottens län, medan underlag från övriga län saknas på grund av för få observationer.

ANVÄNDNINGEN AV växtskyddsmedel är ojämnt fördelad i Sverige och varierar kraftigt mellan gårdar, mellan olika delar av landet och mellan grödor.⁵

Det är framförallt de större gårdarna som använder växtskyddsmedel. 90 procent av jordbruksföretagen med en åkerareal som överstiger 200 hektar använder växtskyddsmedel, vilket kan jämföras med åtta procent av företagen med en åkerareal som understiger 20 hektar. Det finns också regionala skillnader i hur stora åkerarealer jordbruksföretagen har och vilka grödor som odlas, beroende på odlingens intensitet och inriktning.⁹

I norra Sverige behandlas endast en liten del av åkerarealen, och då främst med ogräsmedel, vilket kan förklaras av att en stor del av åkermarken där används för vallodling. Den största andelen behandlad areal står Skåne för, där 74 procent av åkerarealen behandlades med ogräsmedel, 31 procent med insektsmedel och 53 procent med svampmedel 2010.⁵

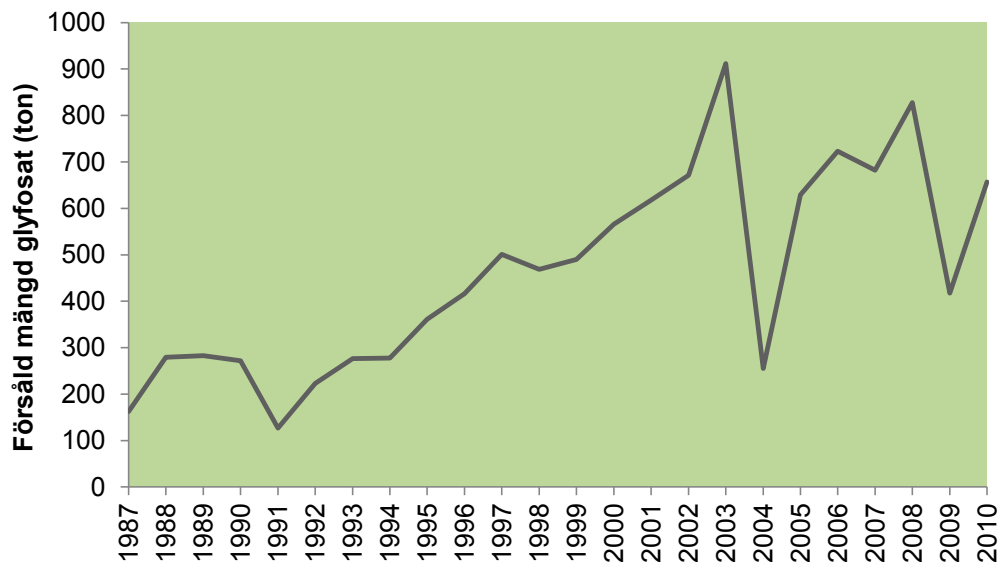
Skåne, med runt 18 procent av landets åkerareal, stod för mer än hälften av den uppskattade användningen av växtskyddsmedel 2010 (Figur 5). Stor

odling av bekämpningsintensiva grödor såsom spannmål, sockerbetor och potatis i Skåne, samt gynnsammare klimat för insekter och svampar i södra Sverige är bidragande orsaker till detta.⁵

Användning av glyfosat

DET ÄR VIKTIGT att komma ihåg att den mesta användningen av glyfosat inte räknas med i statistiken när man undersöker användningen av ogräsmedel i olika grödor, eftersom glyfosatmedel ofta används för totalbekämpning av oönskad växtlighet mellan grödor eller för att bryta en vall inför nysådd.⁵

Användning av ogräsmedlet glyfosat, som är den verksamma substansen i preparat som Roundup^T och Avans^T, har under de senaste 15 åren ökat markant (Figur 6). En viktig orsak till den ökade användningen är att preparatet blivit billigare samtidigt som drivmedelskostnaderna ökat för alternativ mekanisk bekämpning.¹⁰



Figur 6.

Total försäljning av ogräsmedlet glyfosat i Sverige 1987-2010, varav 90-95% bedöms användas i jordbruket.^{2,3,10} 2003 skedde en hamstring av bekämpningsmedel på grund av aviserade höjningar av priserna.

Sverige jämfört med övriga Europa

Förbrukningen av växtskyddsmedel i de femton länder som till och med 2004 ingick i EU (EU-15) har legat runt 3000 000 ton verksamt ämne per år under slutet av 1990-talet och början av 2000-talet.¹¹ De länder som har den största förbrukningen av växtskyddsmedel av dessa femton länder är Frankrike, Italien och Spanien.¹¹ År 2003 stod dessa länder gemensamt för 57 procent av den totala förbrukningen av växtskyddsmedel i EU-15.¹²

Många europeiska länder har en betydligt högre användning av växtskyddsmedel än Sverige. Av de 25 länder som ingick i EU 2007, hamnar Sverige

på fjortonde plats när det gäller den sålda mängden växtskyddsmedel.¹³ Generellt har de nordiska länderna en låg användning jämfört med andra europeiska länder. Skillnaderna beror till stor del på de grödor som odlas och på stora skillnader i klimat och därmed bekämpningsbehov.

I länder med stora vin- och fruktodlingar i södra Europa är användningen av bekämpningsmedel särskilt hög.¹² Användningen av olika växtskyddsmedel är i stor utsträckning kopplad till typ av gröda; såsom svampmedel för druvor, ogräsmedel för spannmål, och insektsmedel för druvor, oliver, citrus och annan fruktodling.¹³

Referenser

1. SJV. 2011. Direktivet om hållbar användning av bekämpningsmedel. Jordbruksverket, Jönköping. <http://www.jordbruksverket.se/amnesomraden/odling/vaxtskydd/direktivetomhallbaranvanndningavbekampningsmedel.4.4b2051c513030542a92800011188.html> Uppdaterad: 2012-07-06.
2. KemI. 2011. Försålda kvantiteter av bekämpningsmedel 2010. Kemikalieinspektionen, Sundbyberg.
3. KemI. 1988-2010. Försålda kvantiteter av bekämpningsmedel 1987-2009. Kemikalieinspektionen, Sundbyberg.
4. SCB. 2005. Bekämpningsmedel i jordbruket 2004. Beräknat antal hektardoser. Statistiska meddelanden MI 31 SM 0501. Statistiska centralbyrån och Kemikalieinspektionen, Stockholm.
5. SCB. 2011. Växtskyddsmedel i jord- och trädgårdsbruket 2010. Användning i grödor. Statistiska meddelanden MI 31 SM 1101. Statistiska centralbyrån och Kemikalieinspektionen, Stockholm.
6. KemI. 2002. Försålda kvantiteter av bekämpningsmedel 2001. Kemikalieinspektionen, Sundbyberg.
7. SCB. 2011. Växtskyddsmedel i jord- och trädgårdsbruket 2010. Beräknat antal hektardoser. Statistiska meddelanden MI 31 SM 1102. Statistiska centralbyrån och Kemikalieinspektionen, Stockholm.
8. Jordbruksverket 2011. Åkerarealens användning efter län / riket och gröda. År 1981-2011. <http://statistik.sjv.se/Dialog/varval.asp?ma=JO0104D3&ti=%C5kerarealens+anv%E4ndning+efter+l%E4n%2Friket+och+gr%F6da.+%C5r+1981-2011&path=../Database/Jordbruksverket/Markanvandning/&lang=2>
9. SCB. 2012. Jordbruksstatistisk årsbok 2012 - med data om livsmedel. Statistiska centralbyrån, Örebro och Jordbruksverket, Jönköping.
10. SJV. 1999. Ökad användning av glyfosat. Beskrivning och orsaker. Rapport från projektet CAP:s miljöeffekter. Jordbruksverket, Jönköping.
11. Eurostat. 2012. Sales of pesticides (tonnes of active ingredient). Eurostat, Luxembourg. http://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do?dataset=aei_fm_salpest&lang=en Uppdaterad: 2012-07-30.
12. Eurostat. 2007. The use of plant protection products in the European Union. Data 1992-2003. Office for official Publications of the European Communities, Luxembourg.
13. Eurostat. 2007. Energy, transport and environmental indicators. Office for official Publications of the European Communities, Luxembourg.

CKB rapport 2012:2

Uppsala 2012

KompetensCentrum för Kemiska Bekämpningsmedel
Sveriges lantbruksuniversitet

Centre for Chemical Pesticides
Swedish University of Agricultural Sciences

ISBN: 978-91-576-9105-7
