



Sveriges lantbruksuniversitet
Swedish University of Agricultural Sciences

Institutionen för växtskyddsbiologi



VÄXTSKYDDETS GRUNDER

HUVUDREDAKTÖR: ULF NILSSON
REDAKTÖRER: ELISABETH KÄRNESTAM & BOEL SANDSKÄR

VÄXTSKYDDETS GRUNDER, Första upplagan

UTGIVNINGÅR: 2014

ANSVARIG UTGIVARE: Sveriges Lantbruksuniversitet, Institutionen för Växtskyddsbiologi

HUVUDREDAKTÖR: Ulf Nilsson

REDAKTÖRER: Elisabeth Kärnestam och Boel Sandskär

GRAFISK DESIGN: Ulf Nilsson och Emma Franzén

OMSLAGSBILD: Ulf Nilsson

BILDER OCH ILLUSTRATIONER: Bildmaterial och text får inte spridas utan tillstånd från SLU

ISBN:978-91-576-9239-9 (elektronisk)

TACK TILL:

Under arbets gång med denna bok så har flera personer varit mycket hjälpsamma och underlättat vårt arbete.

Först och främst ett stort tack till Kerstin Brismar som arbetar med att digitalisera det stora bildarkivet på växtskadegörare som finns på SLU, Alnarp, och därmed gett oss tillgång till en stor skatt av bilder som vi har kunnat använda i boken. I Ultuna har Karin Eriksson, bibliotikarie på Ekologi-institutionen, hjälpt oss med att hitta bilder i bildarkivet som finns på Ultuna.

Olof Dannberg, Lennart Wiborgh och Ulla Ekström, SLU Alnarp-biblioteket, har kommit med värdefulla synpunkter angående digital publicering och bildrättigheter.

Rita Andries Larsson för hjälp med den ekonomiska sidan av boken.

Ragnhild Möller, Vitaminera, och Emma Franzén för tips och idéer angående layout av boken. Särskilt tack till Emma för hjälp med bildbehandling.

Vi vill även rikta ett tack till förlag, företag och privatpersoner som har gett oss möjlighet att använda deras bilder och illustrationer i boken.

Boken har finansierats av Institutionen för Växtskyddsbiologi, LTV-fakulteten, SLU, Alnarp.

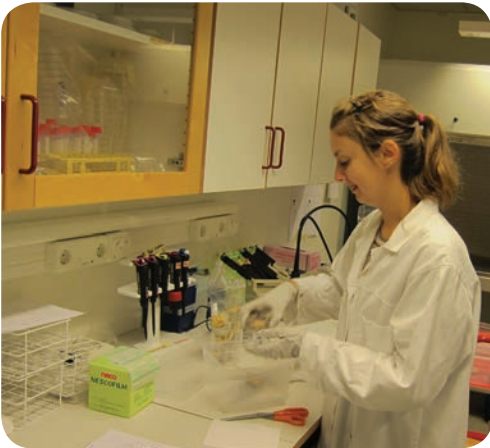
Innehållsförteckning

1. VAD ÄR VÄXTSKYDD? Elisabeth Kärnestam	5
2. LAGAR OCH REGLER INOM VÄXTSKYDD Boel Sandskär	8
3. ODLINGSSYSTEM Georg Carlsson	14
4. FÖREBYGGANDE ÅTGÄRDER MOT SKADEGÖRARE Boel Sandskär	20
5. FYSIOGENA VÄXTSKADOR Elisabeth Kärnestam	25
6. BIODIVERSITET Mattias Larsson	35
7. VIRUS, VIROIDER OCH FYTOPLASMA Gunilla Åhman	45
8. VÄXTPATOGENA BAKTERIER Malin Hultberg	61
9. VÄXTPATOGENA SVAMPAR Guy Svedelius	71
10. INFEKTIONSFÖRLOPP OCH VÄRDVÄXTENS RESISTENS Erland Liljeroth	93
11. NEMATODER Christer Magnusson	100
12. SKADEDJUR Elisabeth Kärnestam	115
13. VÄXT-INSEKT INTERAKTION Peter Anderson	142
14. PROGNOSEMETODIK Patrick Sjöberg	148
15. VÄXTSKYDDSTEKNIK Sven Axel Svensson	154
16. BIOLOGISK BEKÄMPNING Ulf Nilsson, Birgitta Rämert och Linda-Marie Rännbäck	167

1

Vad är växtskydd?

ELISABETH KÄRNESTAM



Det är ett ständigt pågående forskningsarbete som krävs för att utveckla nya bekämpningsmetoder mot skadegörare. Foto: Ulf Nilsson.

Växtskydd är summan av alla de åtgärder vi vidtar i syfte att skydda våra kulturväxter från skador av olika slag. Man kan indela växtskyddsåtgärderna i förebyggande och bekämpande.

De förebyggande åtgärderna kan vara av helt skilda slag såsom växtval, resistensförädling eller odlingsteknik m.m. Det gäller att ha bästa möjliga förutsättningar för den odlade kulturen redan från början. Klimatet spelar stor roll och varierar mycket mellan olika år. Detta medför att förekomsten av växtskadegörare, såsom insekter och svampsjukdomar, också varierar mycket mellan olika år.

Om ett skadeangrepp når en viss omfattning, om den s.k. bekämpningströskeln uppnås, måste bekämpningsåtgärder sättas in. Bekämpning sker med biologiska organismer eller med kemiska bekämpningsmedel. Även olika former av fällor och doftämnen kan användas. Alla dessa åtgärder kräver omfattande biologiska kunskaper om växten, om olika skadegörare och även om dessas naturliga fiender.

Förekomst av växtskadegörare beskrivs redan i bibeln. Där beskrivs missväxt och stora skillnader i skördeutbyte mellan olika år. ”Sju goda år följdes av sju magra år.” Att insekter åt de odlade grödorna kunde man ju se även om angreppen inte alltid var lika förödande som av gräshoppsvärmar. Däremot dröjde det till 1700-talet innan man kunde isolera svampar och förstå att dessa kunde angripa växter. Man förstod dock tidigt att många förebyggande åtgärder, såsom växtföljd, var viktiga.

Växtskadegörare har haft stor betydelse genom historien. Missväxt och massvält har medfört folkvandringar. 1696-97 medförde missväxt att en tredjedel av Finlands befolkning dog av svält. På 1840-talet innebar de stora angreppen av potatisbladmögel hungersnöd och massutvandring från Irland. Under senare delen av 1800-talet utvandrade en stor del av Sveriges befolkning efter några år av missväxt och hungersnöd.

Växtskyddsproblem på 1890-talet

Faktaruta 1.

Ollonborrar var vid denna tid ett stort växtskyddsproblem, inte minst för sockerbetsodlingen, i många europeiska länder. I Praktisk Entomologi 1892 kan man läsa "att om löfträden i en av ållonborrar besvärad ort efter hand undanröjdes och ersattes med tall och gran, skulle det förnämsta villkoret för skadedjurens trefnad och oerhörda förökning på samma gång aflägsnas". Denna åtgärd vidtogs dock inte. Istället anslogs statliga medel för insamling av djuren. I Halland insamlades detta år 282.036 liter ollonborrar, vilket ersattes med 17.351 kronor och 8 öre. I Malmöhus län "insamlades och dödades 130.979 kilogram och 79.674 liter ållonborrar, för hvilka blifvit utbetalda 19.292 kr. 68 öre". Man sökte även efter andra bekämpningsåtgärder och i Praktisk Entomologi 1894 finns en artikel om en parasitsvamp som angriper ollonborrar.



Larver av ollonborren. Foto: SLU bildarkiv

Idag är ollonborrarna inte så talrika att de betraktas som växtskadegörare, medan många andra av de skadegörare som beskrivs i slutet av 1800-talet är av betydelse även idag, bl.a. frostfjäril, morotsfluga och kålfluga. Men de verkliga massförekomsterna ser vi mera sällan. Här följer ett citat från Praktisk Entomologi 1895: "En enda person hade under två timmar och tio minuter insamlat i runt tal fyrahundratjugoettusen för rapsen skadliga insekter, af hvilka rapsbagarna voro de talrikaste". Efter berättelser av Sven Lampa, som var Kongl. Lantbruksstyrelsens entomolog, i Praktisk Entomologi II (1892) respektive Praktisk entomologi 5 (1895).

VÄXTSKYDDSFORSKNING I SVERIGE

Carl von Linné och några av hans samtida försökte redan i mitten på 1700-talet genom skrifter och föreläsningar väcka allmänhetens intresse för växtsjukdomars och skadedjurs stora ekonomiska betydelse för växtodlingen. Men det kom att dröja till slutet av 1800-talet innan regeringen anslog medel för att anställa en växtfysiolog som även skulle studera växternas sjukdomar och parasiter. 1880 anställdes även en entomolog och Entomologiska föreningen började detta år ge ut tidskriften Praktisk Entomologi.

1907 slogs Centralanstalten för försöksväsendet på jordbruksområdet, Lantbruksakademins Växtfysiologiska anstalt och Statens Entomologiska anstalt samman. Genom livsmedelsbristen under och efter första världskriget hade man alltmer insett växtskyddets stora ekonomiska betydelse. Växtskyddsverksamheten behövde utökas och ett par entomologer, ett par laboratorietjänster och en extra assistent för undersökningar av rönnbärsmalen anställdes. 1932 bildades Statens Växtskyddsanstalt med tre avdelningar: Botaniska, Zoologiska samt Upplysnings- och kontrollavdelningen. Idag ingår växtskyddsforskningen i SLU.

Växtskyddsverksamheten ändras hela tiden. Nya odlingsmetoder gör att några skadegörare försvinner, men man får ofta nya. Det kan bero på att man odlar nya växtslag eller nya sorter. Handeln med växter över världen är idag omfattande och tyvärr medför det också att skadegörare snabbt kan spridas till nya områden där de kanske inte har några naturliga fiender. Klimatförändringar kan ge nya skadegörare möjligheter att överleva i vårt land eller ge de redan etablerade skadegörarna möjlighet att utveckla ytterligare en generation och därmed orsaka större skada på våra odlade växter.

Dagens växtskyddsforskning har många olika inriktningar och nya metoder blir tillgängliga. Genom växtförädling utvecklas mera motståndskraftiga grödor. Förbättrad odlingsteknik medför att växtskador förebyggs på ett bättre sätt. Samtidigt är det viktigt att utveckla effektivare och mera miljövänliga bekämpningsmedel. Detta gäller även användningen av naturliga fiender i biologisk bekämpning och utvecklingen av biotekniska bekämpningsmetoder. Det forskas kring bekämpningsstrategier med hjälp av olika doftämnen (t.ex. feromoner) och olika naturliga fiender samt kring att utveckla nya och bättre prognosmetoder. Ett aldrig sinande arbete....

LITTERATUR OCH HEMSIDOR I URVAL

Agrios, G. N. 2005. Plant pathology, 5:e uppl. Elsevier Academic Press.

Viewig K. & Granhall I. 1957. Statens Växtskyddsanstalt 25 år. Växtskyddsnotiser, 21, nr 5-6.

<http://www.bbc.co.uk/news/science-environment-15623490> (2013-01-16)

2

Lagar och regler inom växtskydd

BOEL SANDSKÄR



Bladlössen fördelar sig över bladytan enligt oskrivna regler. Växtskyddet är dock reglerat i en mängd lagar & regler. Foto: Boel Sandskär.

Växtskyddsområdet är omgärdat av en hel del nationella och internationella lagar och regler. Vi lyder under både EU-lagstiftning inom växtskydd samt internationella överenskommelser när det gäller handel med växter.

Svenska lagar och förordningar finns samlade i Svensk författningssamling (SFS). Det finns två typer av lagar som är gemensamma inom EU-området: EU-förordningar och EU-direktiv. EU-förordningar träder i kraft inom hela EU-området samtidigt, medan EU-direktiv först måste införas i svensk rätt för att gälla i Sverige. Vidare ger Kemikalieinspektionen ut föreskrifter inom växtskyddsområdet (KIFS). Mycket kretsar kring bekämpningsmedel och att hitta balansen mellan nytta och risk i de enskilda fallen. Här ges en introduktion till de viktigaste lagarna och reglerna, samt vilka myndigheter som är ansvariga för vad inom växtskydd.

VAD MENAS MED ETT BEKÄMPNINGSMEDEL?

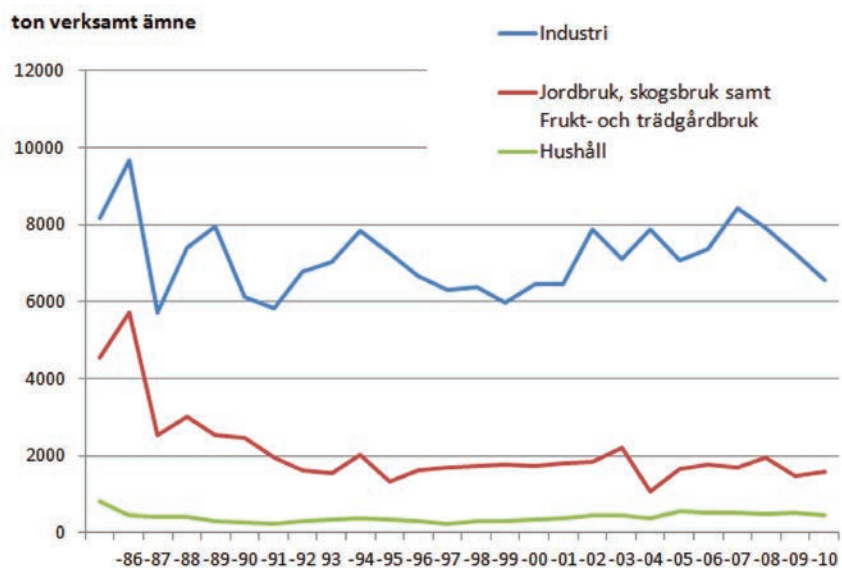
Definitionen finns i Miljöbalken 14 kap, 2 §

”5. **kemiskt bekämpningsmedel:** en kemisk produkt som syftar till att förebygga eller motverka att djur, växter eller mikroorganismer, däribland virus, förorsakar skada eller olägenhet för människors hälsa eller skada på egendom,

6. **biologiskt bekämpningsmedel:** en bioteknisk organism som framställts särskilt för att förebygga eller motverka att djur, växter eller mikroorganismer, däribland virus, förorsakar skada eller olägenhet för människors hälsa eller skada på egendom”

Bekämpningsmedel i sin tur delas upp efter användningsområde i växtskyddsmedel och biocider. Det är bland växtskyddsmedlen som de produkter som används i jordbruk och trädgård återfinns, exempelvis ogräs-, insekts- eller svampmedel. Bland biociderna finns ämnen som träskyddsmedel, råttgift och båtbottnfärger. I figur 2-1 visas försäld mängd kemiska bekämpningsmedel 1985-2010. Regeringen införde dels ett halveringsmål av bekämpningsmedel, och dels miljöavgifter på växtnäring och bekämpningsmedel 1986-87. Detta resulterade i minskad försäld

2-1. Försåld mängd bekämpningsmedel (verksam beståndsdel). Källa: Kemikalieinspektionen.



mängd av bekämpningsmedel i jordbruk- och trädgårdsbruk. Man ska komma ihåg att samtidigt började lågdosmedel användas för ogräsbekämpning, vilket är en del av förklaringen till den stora nedgången i slutet av 1980-talet. Dessa lågdosmedel är en typ av medel som är effektiva även i låga doser, omkring 10 g verksam beståndsdel (vb)/ha jämfört med några kg vb/ha för äldre typer av ogräsmiddel.

EU-FÖRORDNINGAR

Den nya förordningen (EG) nr 1107/2009 om utsläppande av växtskyddsmedel på marknaden började gälla i EU:s samtliga medlemsländer 2011. Förordningen reglerar utvärdering och godkännande av aktiva substanser (verksamma beståndsdelar) i olika växtskyddsmedel. EU har delats in i tre zoner där Sverige tillhör den norra zonen, tillsammans med Danmark, Finland, Estland, Lettland och Litauen samt Norge. Inom zonen sker samarbete mellan länderna när det gäller utvärdering av de enskilda växtskyddsmedlen. Syftet med detta samarbete är att underlätta ett ömsesidigt erkännande av ett växtskyddsmedel inom en zon, som har likartade odlingsförhållanden.

Den nya förordningen innehåller högre krav på miljö- och hälsoskydd jämfört med tidigare regler. De så kallade "stupstockskriterierna" innebär att ett nytt medel inte godkänns om det finns ett medel med ungefär samma användningsområde med lägre giftighet på marknaden. De miljömässiga konsekvenserna av ett nytt växtskyddsmedel jämförs alltid med redan godkända medel.

Ett EU-direktiv, (nr 2009/128/EG) som också började gälla under senhösten 2011, handlar om hur en hållbar användning av växtskyddsmedel uppnås. Syftet är att minimera riskerna när man använder växtskyddsmedel. Direktivet ställer också krav på att integrerat växtskydd ska användas vid all odling.

En annan förordning (EU) nr 540/2011 upptar listor på alla aktiva substanser som är tillåtna i växtskyddsmedel. Innan substansen kommer in i listan



Explosivt



Gas under tryck



Akut giftigt



Brandfarligt



Frätande



Hälsofara



Oxiderande



Akut mycket giftigt



Vattenmiljöfara

2-2. Nya faropiktogram för märkning av växtskyddsmedel och kemiska produkter.
Källa: Kemikalieinspektionen.

krävs ett omfattande förarbete. En riskbedömning görs av ett medlemsland och sammanställs i en rapport. Denna rapport föreslår att den verksamma substansen ska läggas till/eller inte läggas till på ovanstående lista. Därefter kan alla medlemsländer göra tillägg eller ha åsikter om rapporten. Den europeiska livsmedelsmyndigheten (EFSA) gör ytterligare en riskbedömning. Slutet på processen är en omröstning av förslaget, vilken avgör om en aktiv substans godtas eller inte på listan.

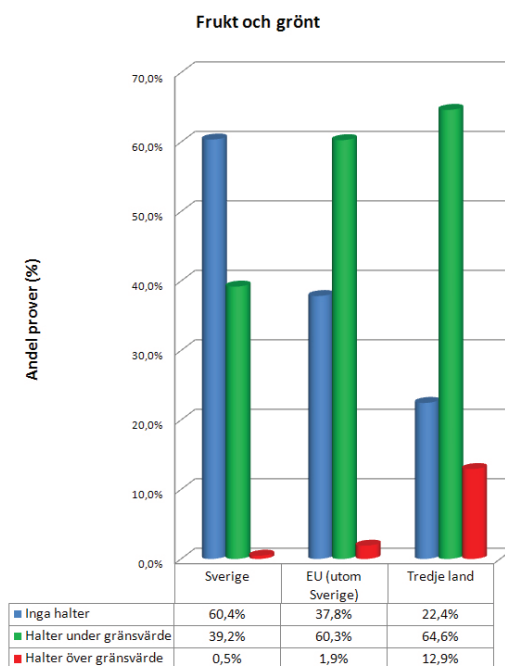
MYNDIGHETER

Naturvårdsverket har det centrala ansvaret för tillsyn av miljöbalken och samarbete sker mellan olika myndigheter. De myndigheter som är viktiga för godkännande och riktlinjer för användande av växtskyddsmedel är:

- Kemikalieinspektionen
- Livsmedelsverket
- Jordbruksverket
- Arbetsmiljöverket

2-3. Andel prover av frukt och grönsaker med resthalter av bekämpningsmedel 2009, för Sverige, EU (utom Sverige) och övriga världen (tredje land). MRL= Maximum Residue Level (Högsta tillåtna halt av ett bekämpningsmedel i olika grödor).

Källa: Livsmedelsverkets rapportserie 17/2011.



Kemikalieinspektionen

För att säljas i Sverige måste ett bekämpningsmedel vara godkänt av Kemikalieinspektionen. Myndigheten gör egna hälso- och miljöriskbedömningar för svenska förhållanden. Samarbete sker med Jordbruksverket om effektivitet och behov av de olika preparaten. Myndigheten godkänner och meddelar villkor för hur produkten ska användas.

Växtskyddsmedel klassificeras i tre klasser enligt 20 §, SFS Förordning (2006:1010) om växtskyddsmedel:

”När ett växtskyddsmedel godkänns skall dess hälso- och miljöfarliga egenskaper bedömas med hänsyn till användningsområdet. På grundval av en sådan bedömning skall medlet hänföras till någon av följande klasser:

klass 1: medel som får användas endast för yrkesmässigt bruk av den som har särskilt tillstånd,

klass 2: medel som får användas endast för yrkesmässigt bruk av den som uppfyller särskilda kunskapskrav, om inte Kemikalieinspektionen bestämmer annat i samband med godkännandet, eller

klass 3: medel som får användas av var och en.”

För klass 1 L och 2 L-medel krävs utbildning och att personen som utför bekämpningen är över 18 år. Bokstaven L står för Lantbruk. Länsstyrelserna anordnar sådan utbildning på uppdrag av Jordbruksverket.

Under 2009 beslutades i EU om att märkning av kemiska substanser ska samordnas. Märkning sker sedan länge med farosymboler, men bestämmelserna kan variera för olika länder. Den gamla märkningen med orange botten kommer fortlöpande (senast 2015) att ersättas av den nya märkningen. De nya så kallade faropiktogrammen (fig. 2-2) har vit botten och ska även harmonisera med internationell märkning, för att ge bättre skydd vid handel med miljö- och hälsofarliga produkter.

På Kemikalieinspektionens webbplats finns aktuella register för registrerade bekämpningsmedel (både kemiska och biologiska), deras användningsområde, klassificering m.m. Se bekämpningsmedelsregistret, som uppdateras löpande.

Livsmedelsverket

Livsmedelsverket ansvarar för att våra livsmedel är ofarliga att äta. Det kan röra sig om kontroll av bekämpningsmedelsrester och naturliga toxiner, som aflatoxiner eller kontaminering av ehec-bakterier. Bättre analysmetoder och provtagningsmetodik utvecklas ständigt. Även inom livsmedelsområdet pågår samarbete i EU, bl.a. för att harmonisera gränsvärden för rester av bekämpningsmedel i livsmedel. Som exempel kan nämnas att Livsmedelsverket under 2010 tog 1.600 prover av olika livsmedel. Dessa analyserades för ca 320 olika bekämpningsmedel, med en bestämningsgräns av 0,01 mg/kg. Under 2009 överskreds gränsen för tillåtet gränsvärde i 0,5 % av proverna i svenska produkter, medan siffran var 1,9 % för EU-producerade produkter och hela 12,9 % från länder utanför EU (fig. 2-3).

Jordbruksverket

Regeringen har gett Jordbruksverket i uppdrag genom så kallade årliga regleringsbrev, att utöva tillsyn enligt miljöbalken för verksamheter inom jordbruks- och trädgårdsområdet. Naturvårdsverket har dock det centrala ansvaret för miljöbalkens tillämpning. Exempel på verksamhetsområden som Jordbruksverket ansvarar för är: Miljö- och resurseffektiva gröna näringar, hur bekämpningsmedel används i praktiken och växters sundhet och kvalitet.

Rådgivning och information till yrkesverksamma odlare och konsulenter görs via Växtskyddscentraler runt om i landet. Prognos- och varningstjänst (exempelvis skorvvarning, prognos av lökbladsmögel) är ett exempel på verksamhet för att minska de kemiska bekämpningsinsatserna (se kapitel 14). Verket administrerar även behörighetskurser som krävs för att få använda bekämpningsmedel i yrkesmässig odling (jordbruk, skogsbruk och trädgård). Ytterligare en viktig uppgift som utförs av Jordbruksverket är effektivitetsbedömning av bekämpningsmedel. Denna används av Kemikalieinspektionen vid nationella godkännande av växtskyddsmedel.

Jordbruksverket arbetar också med att förebygga spridning av allvarliga växtskadegörare mellan länder, exempelvis tallvedsnematod från Portugal, genom fytosanitära åtgärder. Det kan handla om att virket måste behandlas på ett speciellt sätt eller att en viss växt inte får föras in i landet. Ett exempel på en allvarlig skadegörare är en exotisk skalbagge, den kinesiska långhorningen (*Anoplophora chinensis*) som hittades 2010 i ett område med plantskoleproduktion i Nederländerna, men ännu inte påträffats i Sverige. Fytosanitära åtgärder är ett begrepp för nationella säkerhets- och hälsoföreskrifter som syftar till att skydda människors, djurs och växters hälsa. Många länder tillämpar fytosanitära åtgärder för att inte handeln ska medföra risker för konsumenternas hälsa eller för spridning av djursjukdomar och växtskadegörare, se Kommerskollegiums webbplats.

Arbetsmiljöverket

Föreskrifter och regler om arbetsmiljö och hur bekämpningsmedel ska hanteras för personer som utför bekämpning, finns i Arbetsmiljölagen och Arbetsmiljöverkets föreskrifter. Det finns föreskrifter om olika områden som riskbedömning, instruktion och rutin, risker vid hudkontakt, inandning och förtäring.

LITTERATUR OCH HEMSIDOR I URVAL

Arbetsmiljöverket, <http://www.av.se/>

Bergkvist P, et al. 2011. Strategi för växtskyddsmedel – Förslag till en arbetsmetod. Jordbruksverkets Rapport.

Europaparlamentets direktiv och rådets förordning (EG) nr 1107/2009 om utsläppande av växtskyddsmedel på marknaden

European Food Safety Authority, <http://www.efsa.europa.eu/>

Förordning (2006:1010) om växtskyddsmedel

Jordbruksverket, <http://www.sjv.se/>

Kommerskollegium <http://www.kommers.se/Handelspolitiskt-ABC/Sanitara-och-fytosanitara-atgarder-SPS/>

Kommissionens genomförandeförordning (EU) nr 540/2011 om tillämpning av Europaparlamentets och rådets förordning (EG) nr 1107/2009 vad gäller förteckningen över godkända verksamma ämnen

Kemikalieinspektionen, <http://www.kemi.se/>

Livsmedelsverket, <http://www.slv.se/>

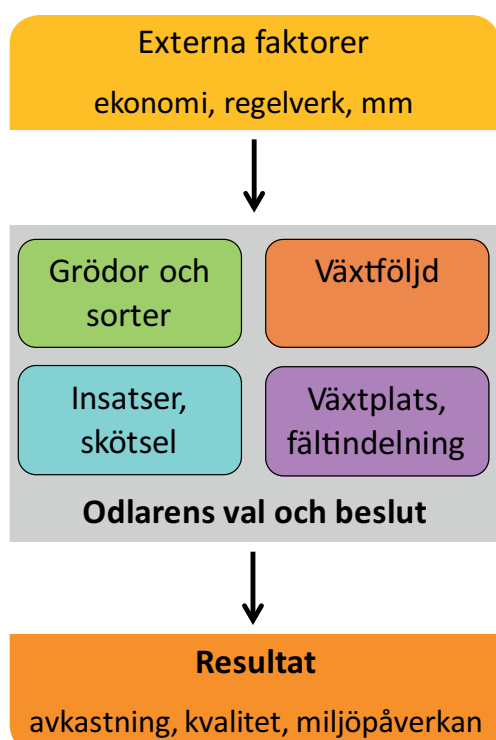
Mårtenson A. 2011. Livsmedelsverket, pers komm.

Sundgren A. (red.) 2009. Säker bekämpning. Natur & Kultur.

3

Odlingssystem

GEORG CARLSSON



Schematisk figur över komponenter och processer som ingår i utformningen av ett odlingssystem. Illustration: Georg Carlsson.

Begreppet odlingssystem används i många olika sammanhang, och innefattar en mängd komponenter. En övergripande beskrivning av ett odlingssystem inkluderar vilken eller vilka grödor som odlas, hur de är ordnade i tid och rum (växtföljd, fältindelning), samt hur odlingen sköts med avseende på jordbearbetning, etablering, gödsling, bevattning, växtskydd, ogräsbekämpning och skörd.

SYSTEM FÖR ODLING

I historiska beskrivningar av jordbrukets utveckling avser begreppet odlingssystem till exempel rytmen av odling och träda, växelbruk mellan odling av foderväxter och spannmål, och indelningen av gårdens areal i olika skiften för odling, träda och bete. Vid odling under kontrollerade betingelser, till exempel i växthus, brukar begreppet odlingssystem användas för att beskriva odlingstekniska förhållanden som val av substrat och odlingskärl, bevattnings- och gödslingssystem.

Detta kapitel fokuserar på odlingssystem för produktion i fält och friland, och tar upp övergripande principer och strategier som är relevanta för odling inom både trädgårds- och jordbruksproduktion. Avsikten är att belysa värdet i att angripa odlingstekniska och biologiska frågor ur ett systemperspektiv för att nå effektiva och uthålliga lösningar.

En av de mest kända och väldefinierade skiljelinjerna i dagens jord- och trädgårdsbruk är mellan ekologiska och konventionella odlingssystem. En annan tydlig definition avser odlingssystem med reducerad jordbearbetning, till exempel plöjningsfri odling, kontra odlingssystem med konventionell jordbearbetning. Andra aspekter som beskriver ett odlingssystem är dess mångfald och komplexitet (t.ex. förekomst av skyddsgrödor och mellangrödor) och intensitet (t.ex. hur mycket man tillför systemet i form av växtnäring och energi).

Åtgärder på systemnivå

Det centrala i arbete med odlingssystem är att alla beslut om art- och sortval, växtföljd, fältindelning och skötsel genomsyras av ett helhetsperspektiv. Man strävar efter att optimera hela systemet snarare än varje enskild insats utifrån en specifik gröda eller skadegörare. Till exempel vägs fördelar med hög andel baljväxter i växtföljden för kvävetillskott via symbiotisk kvävefixering mot risker för uppförökning av växtpatogena mikroorganismer och nematoder som kan gynnas av baljväxter. Ett annat exempel är att fördelar med plöjningsfri odling, som minskad energiförbrukning och ökad mullhalt, får vägas mot ökat behov av ogräsbekämpning och större möjligheter för skadegörare att föröka sig i växtrester som lämnas på markytan.

I forskning och utveckling av uthålliga produktionsformer kan odlingssystem med väldefinierade skillnader utgöra basen för systemanalyser som till exempel livscykelanalyser, energibalansberäkningar eller ekonomiska analyser. Genom att jämföra grödornas avkastning och kvalitet, insatser i form av gödsling, jordbearbetning och bekämpning, balanser i flöden av till exempel växtnäring och energi kan man få ett helhetsmått på hur olika odlingssystem skiljer sig med avseende på bland annat ekonomi, energieffektivitet och miljöpåverkan. Sådana systemanalyser kan dessutom tydliggöra olika odlingssystemens hushållande med naturresurser och förmåga att förutom direkt mätbara produkter som mat, foder och energi, leverera ekosystemtjänster som biologisk mångfald, resurser för pollinerare och naturliga fiender, kolinlagring i mark och tilltalande landskap.

Odlingssystemförsök i Sverige

Faktaruta 1.

Fältförsök som jämför olika växtföljder och odlingssystem pågår på flera platser i Sverige. Ett exempel är projektet vid Logården, Västergötland, där man sedan 1991 utvecklat och utvärderat ekonomi, kvävehushållning, insatser för ogräsbekämpning och växtskydd, och energibalans i tre odlingssystem: ekologiskt, konventionellt och integrerat.

Ett annat exempel är projektet "Miljömedvetna och uthålliga odlingsformer" som startade 1987 vid tre försöksplatser i östra Skåne. Försöksserien innehåller fem huvudsystem: konventionell växtodling med och utan animalieproduktion, ekologisk odling med och utan animalieproduktion, och biodynamisk odling med animalieproduktion.

Vid SLUs försöksstation Lönnstorp i västra Skåne (nära Alnarp) startades 1993 ett stort fältförsök med jordbruksgrödor där ett integrerat odlingssystem med reducerad jordbearbetning jämförs med ett konventionellt odlingssystem. Båda systemen har en sexårig stråsädsdominerad växtföljd, och utvärderas bland annat med avseende på avkastning, förekomst av skadegörare och energiförbrukning.



Fältförsök i ett ekologisk odlingssystem för produktion av mat, bioenergi och biogödsel. Foto: Tora Råberg.

EKOLOGISKA, KONVENTIONELLA OCH INTEGRERADE ODLINGSSYSTEM

Ekologisk produktion baseras på biologiska processer och kretsloppstänkande. Odlingsystemet behöver då utformas för att på bästa sätt cirkulera växtnäring, förebygga uppförökning av ogräs och skadegörare, samt använda mekaniska eller biologiska bekämpningsmetoder då behov uppstår. En varierad och genomtänkt växtföljd är centralt för framgång i ekologisk odling, med hög andel kvävefixerande baljväxter både som huvudgröda och till grüngödsling, och sanerande grödor som kan minska populationsstorleken av vissa skadegörare. Rumslig variation i odlingen är en annan viktig möjlighet för att optimera resursutnyttjande och förebygga oönskade organismer. Detta kan uppnås genom till exempel samodling med kvävefixerande baljväxter eller växter som gynnar skadegörarens naturliga fiender. Beslut kring grödval, utformning och skötsel av ekologiska odlingsystem påverkas dessutom av regelverk för godkännande av ekologiska produkter, deras ekonomiska mervärde och samhällets stödsystem som möjliggör en mer kostsam produktion eller lägre avkastning i jämförelse med konventionella odlingsystem.

I konventionella odlingsystem är inte behovet att optimera växtföljd och rumslig indelning av olika grödor på odlingsarealen lika stort som i ekologiska system. Här kan man optimera arealutnyttjandet med avseende på enskilda grödors avkastning, med hjälp av insatser som kemiska bekämpnings- och gödselmedel. Rationell utformning och skötsel är ofta avgörande för att nå ekonomisk uthållighet i konventionella odlingsystem.

Integrerad odling, integrerat växtskydd och integrerad ogräsbekämpning beskriver strategier som på olika nivå strävar mot hög uthållighet genom att kombinera insatser och åtgärder som används inom såväl konventionell som ekologisk produktion. Enligt EU-beslut som börjar gälla 2014 ska alla växtskyddsinsatser genomföras enligt principerna för integrerat växtskydd.

Integrerade odlingsystem drivs av en strävan att minimera hela systemets negativa miljöeffekter utan att vara beroende av högre produktpriser eller bidrag. Varierade växtföljder, energibesparande åtgärder som reducerad jordbearbetning, och minimerad, behovsanpassad gödsling och kemisk bekämpning är viktiga strategier för att optimera integrerade odlingsystem.

MÅNGFALD OCH VARIATION, FÖREBYGGANDE VÄXTSKYDD

Diversifiering av grödor och odlingslandskapet uppstår ofta som en direkt konsekvens av en mer varierad och artrik växtföljd i ekologiska och integrerade odlingsystem. Däremot tar man inte odlingsystemets mångfald och komplexitet som kriterium när man skiljer mellan ekologiska och konventionella system. Det finns inte heller någon definierad klassning av artrika/komplexa kontra artfattiga/enkla odlingsystem. Såväl ekologiska som integrerade och konventionella odlingsystem kan innehålla varierande grad av diversifiering.

Ett odlingssystems biologiska mångfald och variationsrikedom styrs av flera åtgärder och val. Växtföljd med många olika grödor och indelning av stora fält i mindre enheter ger bättre möjligheter för fåglar och insekter att finna



3-1. Samodling är ett sätt att diversifiera odlingsystemet och föra in fler funktioner. A) Samodling av äkerböna och vårvete, som kan minska ogräsförekomsten och förbättra kväveutnyttjandet. B) Ett exempel med samodling, i fritidsodling, av lök, morötter och persilja. Foto: Georg Carlsson (A), Birgitta Rämert (B).

livsmiljöer och födoresurser än om ett fåtal grödor odlas på stora åkrar. Samodling av olika grödor på samma fält kan vara en framgångsrik strategi för att motverka uppförökning av skadegörare, förbättra resursutnyttjandet (t.ex. växtnäring och solljus), minska ogrästrycket och stimulera den biologiska mångfalden (fig. 3-1). Odling av fångstgrödor (växter som attraherar skadegörare och därmed minskar skadan på huvudgrödan) och växter som gynnar naturliga fiender och pollinerare (t.ex. längs fältkanten eller i remsor genom huvudgrödan) innebär också både förebyggande växtskydd och gynnande av biologisk mångfald. Användning av fångstgrödor och oskördade skyddszoner längs fältkanter och vattendrag ger både minskat växtnäringläckage och fler livsmiljöer för olika organismer. Att kombinera ettåriga eller fleråriga grödor med träd, till exempel fruktträd eller träd för bioenergiproduktion, ökar den strukturella variationen och innebär särskilt gynnsamma förhållanden för biologisk mångfald. Träd som ger skugga i kaffeodlingar i centralamerika gynnar den biologiska mångfalden samtidigt som förekomsten av ogräs och skadegörare minskar jämfört med om kaffeplantorna odlas i fullt solljus.

Att utforma odlingsystemet med inriktning mot hög artrikedom och variation är med andra ord en effektiv strategi för att motverka skadegörare och minska bekämpningsbehoven. Odling av en enda art på en stor yta (sk. monokultur) och utan växtföljd innebär att skadegörare som är specialiserade på just den arten kan växa till sig och orsaka stora problem om de inte bekämpas. Artrika och varierade odlingsystem erbjuder både barriärer mot uppförökning av artspecifika skadegörare och livsmiljöer för skadegörarnas naturliga fiender. Strategin bygger på genomtänkt planering och god kunskap om vilka växter som gynnar och motverkar olika organismer.

Mångfunktionella odlingsystem

Odlingsystem som utformas för att maximera huvudgrödornas avkastning är ofta effektiva ur ekonomisk synvinkel men har liten förmåga att uppfylla andra viktiga funktioner, som till exempel minskad förekomst av ogräs och skadegörare, minskad klimatpåverkan, gynnande av biologisk mångfald, ökad markbördighet och tilltalande landskap. Uthålliga odlingsystem behöver kunna uppfylla många funktioner, alltså behöver man som odlare utforma odlingsystem som ger hög och stabil avkastning i kombination

Push and pull -

Faktaruta 2.

ett framgångsrikt odlingssystem baserat på mångfald och mångfunktionalitet

I östra Afrika där fjärilslarver som attackerar majsplantornas stjälkar (stem borers) utgör ett stort problem har man utvecklat ett system där baljväxter (*Desmodium* spp) samodlas i majsfälten och gräs odlas i kantzoner runt majsfälten. De samodlade baljväxtplantorna minskar fjärilarnas förmåga att lägga ägg i majsplantorna och attraherar naturliga fiender till fjärilslarverna ('push' - trycker bort skadegöraren). Gräsplantorna i kantzonen fungerar som fångstplantor, d.v.s. de attraherar fjärilarna iväg från majsplantorna ('pull' - drar bort skadegöraren). Samodlingen medför även att andra funktioner förs in i systemet: baljväxternas kvävefixering minskar gödslingsbehovet och ökar markens bördighet. Dessutom kan baljväxterna användas som foder för till exempel kor eller getter.

med andra funktioner. Kunskap och förmåga att väga för- och nackdelar med olika åtgärder ur ett helhetsperspektiv är med andra ord avgörande för att man ska lyckas utforma mångfunktionella odlingssystem.

Ett exempel på mångfunktionell odling är att baljväxter, till exempel klöver, ärt eller bönor, odlas tillsammans med gräs eller stråsäd (fig. 3-1A). Båda arterna producerar skörd av foder eller mat, baljväxten bidrar med kväve genom symbiotisk kvävefixering, och gräsen/stråsåden hjälper till att minska kväveförlusterna genom sitt effektiva kväveupptag. Samtidigt innebär samodling ofta en minskad förekomst av ogräs och skadegörare. Artrika och varierade odlingssystem, med genomtänkta växtföljder, fältindelning och samodling, ger goda möjligheter att uppnå många funktioner och förebygga problem med ogräs och skadegörare.

LITTERATUR OCH HEMSIDOR I URVAL

Delin K, Helander C-A & Lidberg J. 2005. Integrerad växtodling på Logården 1992-2004. HS Skaraborg rapport nr 1/05.

Finckh MR & Wolfe MS. 2006. Diversification strategies. In: *The Epidemiology of Plant Disease* (eds Cooke BM, Gareth Jones D & Kaye B) Springer, Dordrecht, NL, pp 269–308.

Ivarsson J. 2008. Miljövänliga och uthålliga odlingsformer. Resultat från tredje växtföljdsomloppet 2000–2005. Jordbruksverket.

Khan Z, Midega C, Pittchar J, Pickett J & Bruce T. 2011. Push -pull technology: a conservation agriculture approach for integrated management of insect pests, weeds and soil health in Africa. *Int J Agric Sustain* 9: 162 -170.

Nilsson C & Christensson B. 2010. Ett odlingssystem för Integrerad Produktion med låg energianvändning och hög produktionsförmåga. Sveriges lantbruksuniversitet, Fakulteten för landskapsplanering, trädgårds- och jordbruksvetenskap. Rapport 2010:22.

Østergård H, Finckh MR, Fontaine L, Goldringer I, Hoad SP, Kristensen K, Lammerts van Bueren ET, Mascher F, Munk L & Wolfe MS. 2009. Time for a shift in crop production: embracing complexity through diversity at all levels. *J Sci Food Agric* 89: 1439–1445.

4

Förebyggande åtgärder mot skadegörare

BOEL SANDSKÄR



Att förebygga skadegörare handlar mycket om att kunna upptäcka dem tidigt. Då är ett simpelt förstoringsglas guld värt! Foto: Boel Sandskär.

Att förebygga ett angrepp av en skadegörare är att föredra jämfört med att behandla med kemiska bekämpningsmedel i onödan. Nyckelorden i detta sammanhang är en noggrann planering av odlingen. Optimal växtplats och friskt växtmaterial är några av grundförutsättningarna, samt kännedom om allvarliga skadegörare i din gröda. Här nedan listas några viktiga saker man bör tänka på vid planering av odlingen i syfte att förebygga angrepp av växtskadegörare. Avsnittet delas upp i friland och växthus.

FRILAND

Växtplats

Den geografiska belägenhet för odlingsplatsen är viktig. Är det tilltänkta växtslaget härdigt och anpassat till klimatzonen? Hur ser mikroklimatet ut? Är platsen utsatt för vindar? Flera insekter trivs inte på öppna fält – som morotsflugan. Det är något som kan utnyttjas vid planeringen av odlingen. Vilka lähäckar finns? Många växter bör odlas med någon form av vindskydd, exempelvis frukt- och bärodling. Vissa växtslag bör undvikas i lähäckar eftersom vissa skadegörare kan värdväxla med vedartat växtmaterial. Exempelvis övervintrar sallatsrotlusen på poppel och dessa kan lätt flyga in i en sallatsodling som gränsar till lähäcken.

Jordmån, gödsling och bevattning

Jordmånen är en annan betydelsefull faktor för odlingen. Jordart, näringsstatus och dränering påverkar inte bara odlingen men även skadegörarnas liv och leverne. Om möjlighet finns till bevattning ökar chanserna att styra odlingen bättre. Som ett exempel är droppbevattning att föredra i jordgubbsodling, för att hålla bladen så torra som möjligt och inte gynna gråmögel förekomsten (fig. 4-1). Bevattning kan sättas in som en åtgärd mot jordflylarver i början av säsongen – kombineras med prognosverktyg (se kapitel 14). En planta i god tillväxt har ofta större möjligheter att motstå angrepp av skadegörare än en planta som lider av näringsbrist eller torka. En överdriven kvävegödsling ger en lös växtvävnad och möjliggör att växten lättare angrips av exempelvis svampar.



4-1. Jordgubbsodling med droppbevattning och plasttäckning. Foto: Boel Sandskär.

Ogräsförekomst

Många ogräs kan främja förekomsten av skadegörare eftersom de också är värdväxter till skadegöraren. Ogräsen konkurrerar med de odlade växterna om plats och näring. Däremot kan obesprutade kantzoner med örter vara positivt för de naturliga fienderna, eftersom de får skydd och näring där. Den biologiska mångfalden gynnas av sådana kantzoner.

Växtmaterial

Friskt och härdigt växtmaterial är mycket viktigt för ett bra odlingsresultat. Att välja fröer, knölar, lökar, småplantor och vedartat växtmaterial med sundhetsgaranti från leverantören kan vara avgörande för odlingsresultatet. I Sverige finns ett kontrollsystem (e-planta) där växtmaterialet certifieras enligt vissa kvalitetsnormer (fig. 4-2). Egenskaper som härdighet och allmänt odlingsvärde har testats för svenska förhållanden inom detta system. De certifierade växterna är fria från virus. När det är möjligt bör resistent eller motståndskraftigt växtmaterial väljas, allt för att minimera behovet av kemisk bekämpning.

Växtföljd

En planerad växtföljd minskar risken för att vissa sjukdomar och skadedjur uppförökas med tiden. Jordtrötthet kan uppkomma vid ensidig odling av växter ur rosfamiljen (Rosaceae). Smitta i växtrester eller i form av sporhus eller sklerotier, kan i vissa fall överleva årtal i jorden. Som exempel kan bomullsmögel nämnas, där 5-6 år rekommenderas mellan mottagliga grödor. När det gäller insekter finns en liknande problematik; en kålfluga förpuppar sig i jorden intill kålväxter. Tillämpas inte skifte av odlingsplats blir angreppen mycket större i kålen nästa säsong.

Täckning av grödan

En bra förebyggande åtgärd är att täcka odlingen efter sådd/plantering med en fiberduk eller insektsnät (fig. 4-3). Detta gynnar både uppkomst och utveckling av den odlade grödan eftersom mikroklimatet förbättras.



4-2. Varumärket E-planta för certifierade träd och buskar.



4-3. Täckning av morot med fiberduk håller morotsflugan borta.
Foto: Boel Sandskär.

Insekterna hindras däremot fysiskt att angripa grödan av duken/nätet. Täckning kan användas i kulturer som kålväxter och skyddar mot fjärilslarver, bladlöss och kålfluga. Duken tas bort när risken för angrepp har minskat.

Beskärning

En väl utförd beskärning av ett fruktträd kan minska riskerna för vissa svampsjukdomar. Exempelvis trivs svampen äppleskorv mycket bra under fuktiga förhållanden men görs regelbunden beskärning torkar bladen upp snabbare efter regn och infektionsrisken minskar. Om skotten i en hallonodling glesas ut är riskerna mindre att hallonskottsjuka ska infektera dem. Det rekommenderas också att skära bort angripna växtdelar där det är möjligt, ett exempel är blom- och grentorka på körsbär, där den angripna grenen skärs bort.

Såtidpunkt och skördetidpunkt

En anpassning av såtidpunkten kan ibland göras för att missgynna skadegöraren utan att skörden blir försämrad. I områden där morotsflugan har två generationer kan man så sent och/eller skörda tidigt. Den första generationen missgynnas av den sena sådden medan den andra generationen missgynnas av den tidiga upptagningen.

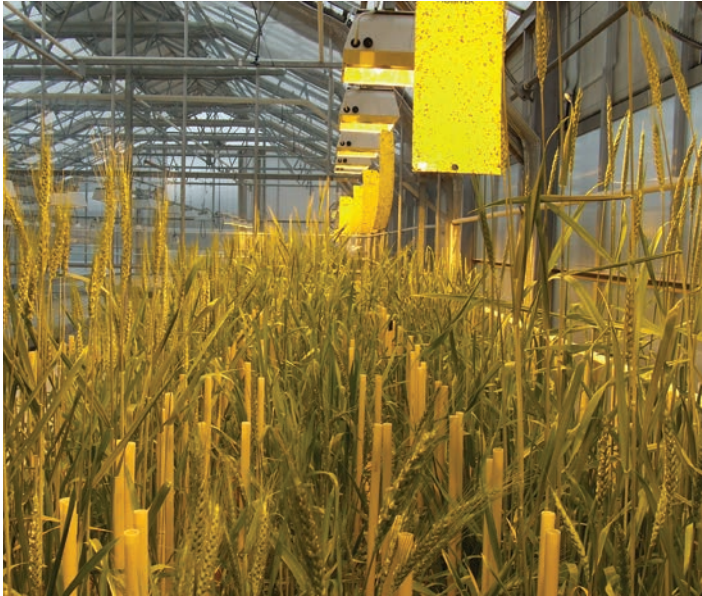
Skörd vid optimal tidpunkt eller mognad av en produkt, gör att lagringsförmågan och efterskördkvaliteten blir bättre.

Biologisk kunskap om skadegörarna

Att känna till de viktigaste skadegörarna och kunna relatera förekomsten till årsmånerna är värdefullt. Att dessutom ha kunskap om skadegörarnas livscyklar ökar möjligheterna att bättre förstå och kunna motverka förekomsten av en skadegörare i en specifik gröda. Det finns hjälpmedel som klisterskivor och feromonfällor att sätta upp i odlingen för att följa skadegöraren under en avgränsad tid.



4-4. Sanering av växthuset under sommaren eller mellan kulturerna kan reducera infektionstrycket. Foto: Boel Sandskär.



4-5. Klisterskivor och lupp är till stor hjälp för att bestämma förekomst av skadegörare. Foto: Boel Sandskär.



VÄXTHUS

Sanering och rengöring

Noggrann sanering och rengöring av växthusets alla ytor är viktig innan odlingsstart (fig. 4-4). Det rekommenderas att skilja försäljningsdel och produktionsdel åt, för att minimera riskerna för smitta och att skadegörare förs in i produktionen. God hygien i odlingen inkluderar att mattor byts eller tvättas mellan kulturerna. Allt material som används i odlingen som krukor, lådor, bord, rännor etc. bör rengöras. Växtrester bör inte slängas i husen utan genast tas ut därifrån. Om växtresterna innehåller skadegörare bör de heller inte slängas på komposten utan destrueras/brännas.

Att sanera växthuset under sommaren kan vara ett alternativ om det står tomt. Temperaturen höjs till 45-50° C i 2-3 dygn. Lufta därefter växthuset till normal temperatur, gör därefter om värmebehandlingen innan en ny kultur sätts in.

Odlingssubstrat, växtnäring, bevattning och klimatstyrning

Val av odlingssubstrat kan inverka på vilka patogener och vilka andra skadegörare som kan finnas i odlingen. Jordodling tillämpas i ekologisk odling men för övrigt är det mest odling på avgränsad bädd som är vanligt. Även jordfri odling med cirkulerande näringslösning förekommer. Många av de jordburna sjukdomarna har minskat i omfattning eftersom substraten byts årligen. Sorgmyggor kan orsaka en del problem i torvsubstrat, men flera metoder för biologisk bekämpning finns tillgängliga. Om cirkulerande system används kan metoder som upphettning, UV-ljus eller biologisk behandling vara aktuell för att motverka smittspridning.

Näringstillförseln måste fungera bra för att inte få en ojämn dosering i odlingen. Övervakning av ledningstal, pH och näringsämnen utförs vanligen rutinmässigt, samt kontroll av råvattnets kvalitet.

Bevattningsanläggningen bör kontrolleras regelbundet. En läckande droppslang som ger för mycket vatten kan resultera i problem med rotlevande svampar eller att antalet sorgmyggor snabbt ökar.

I växthus finns goda möjligheter att styra klimatet som ljus, temperatur och relativ fuktighet. Att undvika för hög luftfuktighet gör att många svampar missgynnas.

Ogräsförekomst och insektsnät

Ogräs under bord och mellan plantorna bör tas bort, eftersom de kan främja förekomsten av skadegörare. Ett alternativ kan vara att täcka marken/golvet under växthusborden med markduk. Även området närmast växthuset på utsidan bör hållas ogräsfritt.

Numera finns insektsnät i olika maskvidder anpassade för bruk i växthus. Ett väl fungerande nät förhindrar inte luftningen men håller de oönskade insekterna ute.

Växtmaterial

Det är viktigt att välja en bra plantleverantör som levererar friska och motståndskraftiga plantor. Det finns också sorter, exempelvis hos tomat, som har en rad resistensgener mot olika sjukdomar (tomatmosaikvirus, sammetsfläcksjuka, *Verticillium*, *Fusarium* och rotgallnematoder). Om det är möjligt- välj sådant växtmaterial som är resistent eller tolerant mot skadegörare. Se till att småplantor kontrolleras noga vid ankomst. Det är bra att sätta upp klisterskivor i den nya odlingen som inspekteras flera gånger i veckan. Använd gärna lupp/förstoringsglas för att upptäcka skadegörarna (fig. 4-5). Håll de nya plantorna separerade från övrig odling för att undvika att skadegörare sprids i onödan.

Biologisk kunskap

Kunskap om skadegörare är väldigt viktigt och att känna till grunddragen i deras livscyklar. Biologisk bekämpning av skadegörare är en metod som används mycket i växthus. Förutsättningar för ett lyckat resultat ökar ju mer man lär sig om livsvillkoren för både nyttoorganismer och skadegörare. Det gäller att sätta ut nyttoorganismen i rätt tid och sedan att följa utvecklingen i odlingen.

LITTERATUR OCH HEMSIDOR I URVAL

Kärnestam E. 2012. pers. komm.

Löfkvist K. & Johansson A.-K. 2011. Biologiskt växtskydd i praktiken. LTJ-fakultetens faktablad 2011:2.

Pettersson M.-L. & Åkesson I. 2011. Trädgårdens växtskydd. Natur & kultur/LTs förlag.

5

Fysiogena växtskador

ELISABETH KÄRNESTAM



Det är ofta svårt att bestämma orsaken till en växtskada. Man måste se om skadan finns på hela växten eller bara på vissa delar, hur omgivande växter ser ut, var växten står osv. detta gäller både parasitära och fysiogena växtskador. - Ovanstående kastanjeblad kan vara skadat av torka, av vägsalt eller av salta havsvindar. Vilket det är kan man inte se på ett enskilt blad. Foto: SLU bildarkiv.

Växter skadas ofta av ogynnsamma förhållanden i omgivningen. Varje växt är anpassad till vissa klimat-, vatten- och näringsförhållanden. Om det blir för kallt eller för varmt, för torrt eller för vått kan skador uppkomma utan att det finns någon parasit närvarande. Det är också viktigt att näringsförhållandena är anpassade för det odlade växtslaget, annars kan bristsymptom uppstå. Denna typ av skador är ickeparasitära och de kallas fysiogena eller abiotiska skador.

De fysiogena skadorna utgör ofta inkörsport för parasiter. Det är ofta svårt att skilja icke-parasitära skador från skador primärt orsakade av biologiska organismer och därför tar vi här upp en kortfattad översikt över fysiogena skador.

EXTREM VÄDERLEK

Låg temperatur

Frostskador

Frostskador uppkommer vid temperaturer under noll grader. Skadorna kan uppstå efter dålig avmognad på hösten, som i sin tur kan bero på sen gödning, eller på grund av tidig frost. Iskristaller bildas i kambium och bark och spränger sönder barken (fig. 5-1). Även på våren kan frostskador uppkomma. Stark vårsol eller sol efter kylförvaring kan medföra att de yttre delarna av stammen torkar snabbare än de inre och det orsakar sprickor.

En sen köldknäpp på våren kan skada knopparna. Saltkoncentrationen är lägre i svällande knoppar och det gör dem mera känsliga för frost (fig. 5-1 A). Bladen blir buckliga när epidermis slutar växa på grund av frost. Bladen kan också bli vitaktiga eller strimmiga då klorofyll inte bildas i normal omfattning. Frostnätter sent på våren eller så kallade järnnätter kan ge frostskadade blommor, speciellt i tidigblommade växtslag som: persika, aprikos, svarta vinbär, vin, robinia etc. I blomknoppar skadas ofta pistillerna.



5-1. Frostskador på trädgårdsväxter.

A) Frostskadade körsbärsknoppar B) Äpplen med så kallade slipsar orsakade av frost under kartstadiet C) Frostskadade trädstam D) Frostskadad daggekåpa

Foto: SLU bildarkiv (A,B), Elisabeth Kärnestam (C), Guy Svedelius (D).

Om små äppleart får en frostskada på en punkt i epidermis bildas s.k. ”slipsar” när äpplet växer vidare (fig. 5-1 B).

Nekros i bladkanterna kan uppkomma genom att guttationsdroppar fryser och dödar växtvävnaden (fig. 5-1 D). Det är när iskristaller bildas som man kan få nekroser på blad och blommor. Cellerna fryser sönder.

Köldskador

Köldskador orsakas av temperaturer över noll grader. Äppleart kan få korkrostbildning vid temperaturer ett par grader över noll (fig. 5-2 A). Vid odling av växter i krukor utomhus kan rötterna skadas av köld. Inomhusväxter kan vara mycket känsliga för stora temperaturvariationer. Ett exempel är Saint Paulia, som lätt får köldskador på bladen (fig. 5-2 B). Skadorna kan uppkomma om kallt vatten kommer på bladen eller om krukans står nära ett öppet fönster när det är kallt ute.

Vid blomning vår och höst kan låga temperaturer under knopp-utvecklingen medföra att blommorna blir missformade. Ett exempel på detta är s.k. ”bullhead”-blommor hos rosor (fig. 5-3).

Hög temperatur

För hög temperatur i förhållande till ljusstillgången medför att plantorna blir långsträckta och rangliga. Hög temperatur kan också leda till alltför hög luftfuktighet, vilket hindrar ett normalt näringsupptag, särskilt av kalcium. Fallsjuka hos tulpan (fig. 5-4) orsakas av alltför hög temperatur



5-2. Köldskador på trädgårdsväxter. A)

Korkrost på äpple orsakad av låg temperatur B) Köldskador orsakad av kallt vatten på St Paulia.

Foto: SLU bildarkiv.



5-3. Bullhead hos rosor. Foto: SLU bildarkiv.



5-4. Fallsjuka hos tulpan.
Foto: SLU bildarkiv.

under lökbildning eller drivning. Det kan bero på för hög undervärme, som gör att tillväxten forceras och cellernas sträckning gör dem veka.

Temperatursvängningar kan orsaka för hög avdunstning hos växten i förhållande till vad rötterna kan ta upp. Följden blir en torkskada.

5-5. A) Tjältorka hos Thuja. B) Tjältorka kan undvikas genom täckning av växterna tidigt på våren.

Foto: SLU bildarkiv (A), Ulf Nilsson (B).



Torka

Luftfuktighet

Låg luftfuktighet kan medföra slokande blad och intorkade bladkanter.

Tjältorka

Tjäle och varm vårsol kan orsaka torkskador (fig. 5-5 A). Undvik att placera känsliga växter i miljöer med stark vårsol. Detta kan undvikas genom att skugga eller täcka växterna, t.ex. med säckväv (fig. 5-5 B). Djup tjäle kan undvikas genom täckning av jorden. Jordpackning och begränsad jordvolym kan också orsaka torkskador. Oftast märks detta först vid extrem väderlek.

Hårdgjord mark

Ytbeläggning kring stadsträd kan försämra både vattentillförsel och gasutbyte, vilket kan leda till torkskador. Begränsad jordvolym är också ett vanligt problem när det gäller stadsträd.

Vattenbalans

Ojämn bevattning

När mycket vatten finns att tillgå efter en torkperiod leder det till att vävnaden plötsligt sväller. Detta resulterar ofta i tillväxtsprickor (fig. 5-6 A-B).

Vattenöverskott

För högt rottryck i förhållande till växtens möjlighet att transpirera leder till ett överskott av vatten i växten. När detta vatten försöker ta sig ut genom epidermis bildas vattenfyllda vårtor, som senare torkar in och blir korkaktiga. Detta kallas korksjuka eller korkrost (fig. 5-6 C). Växter med tjockt vaxlager och få klyvöppningar är extra känsliga för hög luftfuktighet. Rottrycket kan också vara högt på grund av den aktiva näringstransporten in i rötterna. I växthusodling kan detta åtgärdas genom att minska luftfuktigheten och öka ledningstalet.



5-6. Ojämn bevattning och för högt rottryck kan orsaka tillväxstörningar A) Tillväxtsprickor i tomat. B) Tillväxtsprickor i morötter. C) Korksjuka på hängpelargon.

Foto: SLU bildarkiv.



5-7. Brännskada på begoniablåd.
Foto: SLU bildarkiv.



5-8. Hagelskadat äpple. Foto: SLU bildarkiv.

Ljusskador

Ljusbrist

Vid ljusbrist blir plantorna långa, gängliga och veka. Det kallas etiolering. Det är framförallt ett problem i inomhusmiljöer, där ljusmängden är låg i förhållande till temperaturen.

Ljusöverskott

Växter som plötsligt utsätts för stark sol kan drabbas av brännskador (fig. 5-7). Vaxskiktet är inte tillräckligt utvecklat för att skydda växtvävnaden. Det kan vara ett problem t.ex. vid utplantering från växthus. Växterna bör avhärdas genom gradvis minskad skuggning utomhus. ”Solbränna” på äpple kan uppkomma efter beskärning vid fel tidpunkt.

Vind- och hagelskador

Skador kan uppstå om grenar vid kraftig vind skaver mot varandra. Likaså kan blad bli söndertrasade och få nekroser. Bladnekroser kan även orsakas av hagelskurar, men allvarligast är de kraftiga hagelskador som kan uppkomma på frukter (fig. 5-8), mogen raps m.m.

MARKFÖRHÅLLANDEN

Växtnäring

Näringsbrist

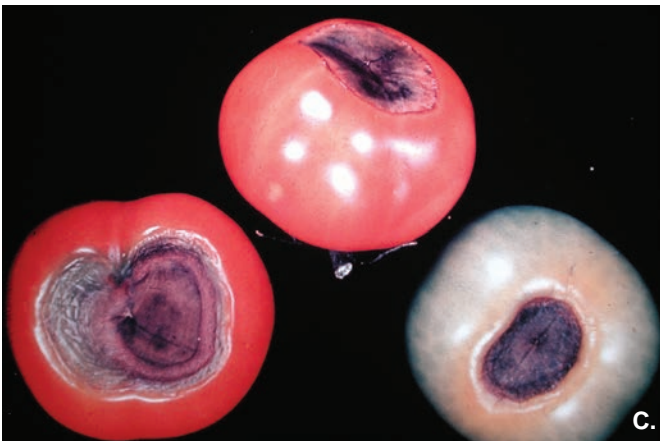
Näringsbrist kan ha många olika orsaker. Det kan bero på att det finns en brist på vissa ämnen i jorden eller odlingssubstratet. En obalans mellan näringsämnen kan skapa konkurrens mellan olika joner vid näringsupptaget. Andra orsaker kan vara torra eller för hög luftfuktighet. Surhetsgraden, det s.k. pH-värdet, i odlingssubstratet spelar stor roll för hur tillgängliga olika näringsämnen är för växten. Ett lågt pH (surt) minskar tillgänglighet av de flesta mikronäringsämnen, med undantag för mangan, medan ett högt pH (basiskt) minskar tillgängligheten av fosfor, järn, och magnesium. Vid brist på näringsämnen som är mindre rörliga i växten drabbas yngre blad först. Näringsämnen som är lättrosliga transporteras till de växtdelar som är i kraftigast tillväxt, och därmed syns symptomen först på äldre blad.

Kväve

Kvävebrist leder till hämmad tillväxt. Framförallt äldre blad blir ljusa eller gula, och kan falla av. Kväve är lättrosligt i växten och flyttas dit där det bäst behövs, d.v.s. till skottspetsarna. Blomningen minskar. Kväve ingår i proteiner och enzymer och brist på kväve leder till klorofyllbrist, som leder till kloroser. Detta är störst risk på jordar med stort kväveläckage (sandjordar och jordar med låg mullhalt) eller dåligt gödslade jordar.

Fosfor

Fosforbrist ger kortväxta plantor och bladen får en violett anstrykning. Äldre blad blir mörkgröna till grönblå. Plantorna får begränsad rottillväxt, långsam tillväxt och försämrade frö- och fruktutveckling. Risk för fosforbrist



5-9. Näringsbrist hos växter. A) Magnesiumbrist på sockerbetsblad. B) Tomatblad med magnesiumbrist. C) Pistillröta på tomat. D) Pricksjuka på äpple. Foto: SLU bildarkiv.

föreligger främst på kalla, blöta jordar, under tidig vår, samt vid lågt pH.

Kalium

Kaliumbrist medför att bladkanter och bladspetsar blir nekrotiska och bladen rullar ihop sig. Eftersom kalium är lätt rörligt i växten drabbas äldre blad först. Tillväxten blir hämmad, stammarna veka och fröerna hoptorkade. Även vinterhärdigheten försämras. Kaliumbrist drabbar främst växter på lätta jordar med stor utlakning.

Magnesium

Magnesiumbrist medför att äldre blad gulnar mellan bladnerverna (fig. 5-9 A,B). De gula fläckarna kan utvecklas till nekroser. Bladen blir ofta små och bräckliga med uppåtböjda kanter. Symptomen kan leda till för tidigt bladfall. Grenar kan bli veka med ökad benägenhet att få svampangrepp. Magnesiumbrist förekommer främst på lätta och sura jordar samt jordar med hög kaliumhalt.

Svavel

Vid svavelbrist blir unga blad gulaktiga eller nekrotiska. Växterna blir korta med stela, smala och vedartade stammar. Även rottillväxten försämras. Det liknar kvävebrist, men vid svavelbrist drabbas främst unga blad. Det är framförallt på jordar med låg halt av organiskt material, t.ex. sandiga jordar, som svavelbrist förekommer.



5-10. Näringsbrist hos växter. A) Manganbrist hos rödbetor. B) Plommonblad med järnbrist. C) Järnbrist hos ros. Foto: SLU bildarkiv.

Kalcium

Kalcium är inte så mobilt i växten och symptomen syns därför först på unga växtdelar. Unga blad får förvrängd tillväxt, blir ofta skålformiga eller får inrullade bladkanter. Höga nivåer av kalium och magnesium kan konkurrera ut kalcium, men kalciumbrist orsakas framförallt av ojämn vattentillgång. På tomatfrukter visar det sig som gråbruna, flera centimeter stora, insjunkna fläckar i pistilländan, s.k. pistillröta (fig. 5-9 C). Detta ska inte förväxlas med potatisbladmögel, som ger brunröta på tomat. Brunröta finns även på blad och stjälkar. På frukten är brunrötan inte koncentrerad till pistilländan.

Hos äpple bildas ytliga nekroser (diameter 6-8 mm) på frukten, s.k. pricksjuka, vid kalciumbrist (fig. 5-9 D). Kalcium transporteras endast under ca sex veckor efter blomningen. Under denna period är tillräcklig och jämn bevattning ytterst viktig. Snabb tillväxt gör växten extra känslig. Kalciumbrist kan hos äpple förväxlas med borbrist. Vid borbrist uppstår små knölar på skalet och bruna partier nära kärnhuset.

Bor

Borbrist orsakar allvarliga skador hos många grönsaker. Det kan leda till att tillväxtpunkten dör ("blinda plantor") och bladen missformas. Kålväxternas stammar blir ihåliga och bruna. Bladen blir tjocka och rullar ibland ihop sig, blombildningen uteblir och rotutvecklingen hämmas. Frukter kan få både inre och yttre korkbildning. Kålväxter och betor har stort behov av bor. Risken för borbrist är störst på sandiga jordar med lite organiskt material.

Mangan

Vid manganbrist får bladen gula fläckar mellan nerverna (fig. 5-10 A). Fläckarna får ofta en nekros i mitten. Nerverna förblir oftast gröna, men inte så starkt markerade som vid järnbrist. Ibland uppstår gråa ytor nära basen hos yngre blad. Manganbrist visar sig vid höga pH, p.g.a. att mangan då fastläggs i jorden.

Järn

Järnbrist ger ljusgröna till gula fläckar till en början mellan nerverna på yngre blad (fig. 5-10 B,C). Nerverna förblir gröna. Järn behövs för klorofyllbildningen och till slut kan bladen därför gulna helt och blekas. Järnbrist visar sig främst vid höga pH, låg halt av organiskt material i jorden och vid fosforöverskott.

Molybden

Molybdenbrist leder till missformade, smala blad med ett visst gulnande hos äldre blad och nekrotiska, hoprullade och rufsiga bladkanter. Hos kål blir bladskivorna reducerade och kvar finns bladnerverna med endast lite bladvävnad (fig. 5-11). Dessa symptom kan förväxlas med skador av ogräsmedel. Molybden behövs vid kvävefixeringen och därför kan bönväxter drabbas kraftigt. Molybdenbrist förekommer främst på mycket sura jordar.

Koppar

Kopparbrist orsakar tillväxthämning, och ibland även vissnesymptom, i många grönsaker. Bladen kan bli klorotiska med intorkade bladkanter. Hos

5-11. Molbydenbrist i kål. Foto: SLU bildarkiv.



fruktträd kan denna brist visa sig som vissnande grenar. Vanligast på något sura jordar.

Zink

Brist på zink leder till kloroser mellan bladnerverna. Dessa fläckar blir senare nekrotiska eller visar lila pigmentering. Bladen blir små, internoderna korta och plantan får ett rosetliknande utseende. Zinkbrist kan även leda till bladfall.

KEMISKA FAKTORER

Saltskador

Skador av vägsalt är vanligt men saltskador kan också uppkomma vid starka vindar från havet. Symptomen liknar torkskador. Växterna blir tillväxthämmade och får intorkade knoppar eller grenar. Bladen får fläckar och vissna bladkanter (fig. 5-12) och det leder till tidig bladfällning. De flesta symptomen beror på saltinducerad torka. Den höga salthalten ökar ledningstalet och växterna får svårt att ta upp vatten. Stadsträd reagerar ofta med kraftig rotskottstillväxt vid saltstress. Saltvindar från havet skadar många växter, ofta syns skador på barrväxter. Saltskador kan förebyggas genom minskad saltning och ökat avstånd från vägar vid plantering. Man kan också se till att avrinningen sker bort från växterna eller sätta upp någon form av kantskydd. Det finns stor skillnad i känslighet mellan olika växtslag. Speciellt saltkänsliga träd är bok, kastanj, lind och lönn.



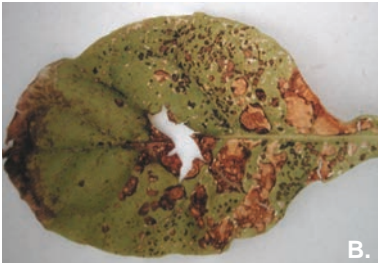
5-12. Saltskada på hästkastanjblad.
Foto: SLU bildarkiv.

Luftföroreningar

Vid stabil skiktning av luften, s.k. inversion, kan inte varmare luft stiga uppåt. Avgaser och luftföroreningar stannar kvar i marknivå och medför att skador av exempelvis svaveldioxid kan uppkomma på växterna. Nedfallet kan leda till försurning (lågt pH), som i sin tur påverkar växtnärsbalansen. Olika



växtslag uppvisar stora skillnader i tålighet för luftföroreningar. I figur 5-13A visas hur skador orsakade av svaveldioxid kan se ut. En mycket tålig växt i detta avseende är *Ginkgo biloba*.



Sol i kombination med trafikföroreningar leder till bildandet av marknära ozon. Ozon tar sig in genom klyvöppningarna och förstör kloroplasterna. Det leder till att kloroser bildas på bladen, (fig. 5-13 B).

Sprutskador

Skador uppstår oftast från ogräsbekämpningsmedel, men även andra bekämpningsmedel kan vara skadliga. Skador uppkommer oftast genom vindavdrift. I Sverige har den här typen av skador minskat med ökad kunskap och nya regler för hantering av bekämpningsmedel. Ibland kan växter också skadas genom förorenat bevattningsvatten.

5-13. Växtskador orsakade av luftföroreningar. A) Begonia skada av svaveldioxid. B) Ozonskadat tobaksblad. Foto: SLU bildarkiv.

Skador av fenoxisyror (ogräsmedel) leder ofta till kraftig sidorotsbildning, missbildade blad och kraftigt vridna bladstjälkar (fig. 5-14 A,B,C). Hos vissa växtslag kan extrem tillväxt, där långa sköra celler bildas, leda till att ledningsvävnaden spricker. Tomat är mycket känslig för fenoxisyror och kan användas som indikatorväxt.

5-14. Sprutskadade växter. A) Kål skadad av ogräsmedel. B) Syren med skada av fenoxisyra. C) Tomat skadad av fenoxisyra. D) Skada av glyfosfat på jordgubbar. Foto: SLU bildarkiv.

Glyfosat (verksam substans i Round-up) är ett totalutrottningsmedel mot ogräs, som efter besprutning av ovanjordiska växtdelar effektivt



transporteras ned till rötterna. Vid ovarsam hantering eller vindavdrift kan medlet hamna på andra växter. Om det tas upp av träd kan det ge skador på blad och stam. På örtartade växter orsakar det brännskador (fig. 5-14 D).

MEKANISKA SKADOR

Mekaniska skador kan uppstå när man kör med maskiner i fält och på grönytor. Blad och grenar skadas. Gräsklippare kan ofta skada stammarna och dessa sår kan senare bli inkörsport för angrepp av både insekter och svampar. Likaså kan sår på rötterna gynna angrepp av rötsvampar. Felaktig beskärning kan skada träd och buskar kan ge skavsår. Vid skörd och inlagring kan stötskador uppstå på grönsaker och frukter. Detta försämrar hållbarheten och kan gynna uppkomsten av rötangrepp.

LITTERATUR OCH HEMSIDOR I URVAL

Agrios G.N. 2005. Plant pathology, 5:e uppl., kap 10. Elsevier-Academic Press, Burlington, USA.

Hansson A. (red.). 1959. Bristsjukdomar hos kulturväxter. Förlag Växtnärings-Nytt.

Pettersson M.-L. & Åkesson I. 2011. Natur och Kultur/LTs förlag.

Svedelius G. 2010. PowerPoint-presentation: Fysiogena skador.

6

BIODIVERSITET

MATTIAS LARSSON



Biodiversitet som gör nytta, i form av ett honungsbi som besöker en blomma. Bevarande av pollinatörer är viktigt både som ekonomiskt betydelsefull ekosystemtjänst för många av våra grödor, och livsnödvändigt för många av ekosystemets växter. Foto: Mattias Larsson.

Den här boken innehåller ett särskilt kapitel om biodiversitet, för att belysa vilka konsekvenser vårt nyttjande av landskapet för produktion av livsmedel och andra naturresurser får för andra organismer.

En överväldigande andel av vår landyta utgörs numera av produktionsytor för biomassa i form av livsmedel, träråvara eller andra produkter med biologiskt ursprung, och deras artsammansättning styrs framför allt av mänsklig aktivitet och ekonomiska överväganden snarare än ekologiska faktorer. Brukande av stora arealer mark för växtodling har en enorm påverkan på dagens landskapsstruktur, vilket i sin tur på ett grundläggande sätt bestämmer livsutrymmet för olika arter. Därför utgör våra gröna näringar troligen med råge den faktor som har störst påverkan på biodiversitet. Sverige har anslutit sig till FN:s konvention för biologisk mångfald, och riksdagen har också slagit fast ett antal miljö kvalitetsmål, varav flera omfattar biologisk mångfald. Med tanke på de gröna näringarnas viktiga roll vad gäller biodiversitetsutvecklingen så är det oundvikligt att detta kommer att påverka förutsättningarna för växtodling inom en överskådlig framtid.

Sedan ganska lång tid tillbaka, åtminstone under stora delar av 1900-talet, pekar de flesta kurvor nedåt när man studerar biodiversitet i Sverige. Denna trend fortsätter alltjämt, trots de åtgärder som har genomförts i enlighet med miljö kvalitetsmålen för att vända utvecklingen. Den grundläggande orsaken är att många av de arter som finns här idag, och ofta har funnits i Sverige under ganska lång tid, har varit anpassade till ett helt annat landskap än det vi har idag.

VAD ÄR BIODIVERSITET?

Biodiversitet eller biologisk mångfald är ett mått på hur mycket variation eller hur många olika slags organismer som förekommer i olika miljöer. Förutom antalet olika organismer så brukar man också ta hänsyn till fördelningen mellan dem när man mäter biodiversitet. Ett ekosystem där biomassan eller antalet individer av olika arter är någorlunda jämnt fördelade har högre diversitet än

ett ekosystem med samma antal arter men där några få arter totalt dominerar. Biodiversitet brukar oftast definieras på artnivå, men det kan även innefatta genetisk diversitet inom populationer, eller distinkta varieteter eller underarter. Ibland diskuteras man även biodiversitet i form av de olika funktioner och interaktioner mellan organismer som förekommer inom ekosystem. Biodiversitet kan definieras på olika geografiska skalor, från ett enskilt habitat som en sjö eller en betesmark, till en region, nation eller globalt. Beroende på omständigheterna kan det vara relevant att fokusera på olika grupper av organismer när man studerar biodiversitet. Nationalnyckeln är ett projekt med målet att registrera och dokumentera i stort sett alla olika djur- och växtarter som finns i Sverige. I vanliga fall begränsar man av praktiska och funktionella skäl urvalet till vissa relevanta grupper beroende på det sammanhang som studeras, som till exempel fåglar, ängs- och hagmarksväxter, marklevande organismer eller pollinerande insekter.

Biodiversitet ur ett växtodlingsperspektiv

Den biodiversitet som vi normalt uppmärksammar i ett växtodlingssystem innefattar, förutom själva grödan, också i huvudsak två funktionella grupper av organismer. Å ena sidan de ur vår synpunkt icke önskvärda skadedjur, ogräs och patogener som angriper grödan eller konkurrerar om resurser och livsutrymme. Å andra sidan har vi de nyttoorganismer som påverkar avkastningen positivt, exempelvis genom att bidra till gynnsam markstruktur och näringsomsättning, genom pollinering, eller genom att de angriper skadedjur och ogräs.

Förutom dessa organismer som har direkt betydelse för själva växtodlingssystemet så påverkas emellertid ofta ett mycket större antal arter direkt eller indirekt. Merparten av de gröna näringarnas påverkan på biodiversitet är alltså en helt oavsiktlig bieffekt av kärnverksamheten. Det är allmänt bekant att pesticider och andra åtgärder som riktas mot skadliga organismer har potential att slå mot helt andra organismer. De kommer alltså att eliminera många arter från den brukade marken, och även påverka omgivningen inom vissa avstånd från den odlade marken. Näringsläckage från växtodling som sprids i miljön har också en fundamental påverkan på både terrestra och akvatiska ekosystem. Moderna växtodlingssystem lyckas ofta mycket effektivt exkludera andra växter än de odlade grödorna från den brukade marken, vilket i praktiken utesluter merparten av alla växtarter från en stor andel av den landyta där de annars skulle kunna växa.

Ekosystemtjänster – nyttig biodiversitet

Ekosystemtjänster innebär ekonomiskt betydelsefulla funktioner som tillhandahålls gratis inom ekosystemen. Om dessa behöver ersättas inom ramen för de gröna näringarna innebär det en merkostnad. Många ekosystemtjänster är nära knutna till biodiversitet: på längre sikt bidrar olika organismer till markförbättring och näringsomsättning, men de mest omedelbara och dynamiska effekterna utgörs kanske främst av pollinering och skadedjurskontroll.

En betydande andel av våra grödor är helt eller delvis beroende av pollinering; framför allt oljeväxter, frukt och bär, samt vall- och foderväxter. En mycket

stor andel av pollineringen av olika grödor utförs av honungsbin, men humlor och i viss mån också solitära bin och andra insekter bidrar också, och utgör framför allt en viss säkerhet om tillgången på honungsbin skulle minska drastiskt. Det finns också en risk för att den ekosystemtjänst som utförs av honungsbin delvis kommer i konflikt med bevarandet av biodiversitet hos andra pollinatörer. Honungsbin är mycket effektiva foragerare av pollen och nektar, och alltför stora populationer av honungsbin skulle eventuellt kunna konkurrera om resurser med andra blombesökande insekter.

Olika predatorer eller rovdjur har stor potential att begränsa tillväxten hos skadedjurspopulationer. Detta gäller allt från insektsätande fåglar till en mångformig grupp rovlevande leddjur, inklusive stekel- och flugparasitoider, skalbaggar och deras larver (till exempel nyckelpigor och jordlöpare), spindlar, rovkvalster, samt larver av nätvingar och blomflugor. I kapitel 16 avhandlas mer om möjligheterna med biologiskt baserad bekämpning.

Biodiversitet kan alltså ha stora nyttoeffekter, och det finns all anledning att värna om den biologiska mångfalden i de gröna näringarna om målet är långsiktig hållbarhet. Det är också mycket viktigt att de positiva ekonomiska effekterna av biodiversitet kan kvantifieras och tas med i ekonomiska kalkyler, så att inte kostnaderna för dess bevarande överdrivs. Man måste dock samtidigt vara medveten om att stora delar av den biologiska mångfalden inte är relevant ur ett ekonomiskt perspektiv. Om man avser att långsiktigt bevå huvuddelen av dagens biodiversitet kommer det att medföra reella samhällsekonomiska kostnader. Biodiversitetens bevarande är alltså i slutändan beroende av att man erkänner dess egenvärde bortom rent ekonomiska faktorer.

Vad påverkar biodiversiteten?

I grund och botten är alla organismer beroende av vissa grundläggande resurser för att kunna upprätthålla livskraftiga populationer. De behöver tillflykter i form av skydd, boplats eller växtplats för att kunna tillväxa och föröka sig. De behöver få grundläggande fysiologiska behov tillfredsställda i form av näringsämnen eller föda. Om en eller flera av dessa faktorer inte är uppfyllda så försvinner arten på sikt. Dagens landskap förmår inte längre tillhandahålla dessa resurser för flertalet arter, och därför pekar biodiversitetskurvorna nedåt i nästan varje fall. Dessa insikter kan tyckas elementära, men det är viktigt att förstå hur organismer är beroende av olika resurser och hur dessa håller på att elimineras från dagens jordbrukslandskap.

DEN EKOLOGISKA NISCHEN

Varje organism är anpassad för ett visst livsutrymme, en så kallad ekologisk nisch, i förhållande till sin omgivning. De mest grundläggande aspekterna av den ekologiska nischen utgörs av fysikaliska, abiotiska (ickelevande) faktorer som temperatur, näringshalt, fuktighet, solinstrålning, fysisk struktur och så vidare, vilka begränsar inom vilka miljöer som olika organismer kan existera. Minst lika viktigt för de flesta organismer är emellertid de biotiska (levande) faktorerna som utgörs av olika interaktioner med andra arter. Bland dessa tänkbara interaktioner måste framför allt nämnas hur organismer äter varandra (predation eller herbivori), samt hur organismer tävlar om begränsade resurser (konkurrens).



6-1. Olika landskapstyper.

A) En numera ganska sällsynt landskapstyp, där olika småhabitat i form av buskbevuxna betesmarker och våtmarker samverkar och skapar livsutrymmen och födoresurser för många olika organismer.

B) Ett exempel på ett extremt hårt utnyttjat produktionslandskap, som saknar nödvändiga resurser för alla utom ett mycket litet fåtal generalister.

Foto: Mattias Larsson (A), Andrecp (Wikimedia commons) (B).

Alla arter har anpassat sig genom evolution till en mer eller mindre specifik nisch som efter omständigheterna råkar ha gynnat just deras överlevnad. Orsaken till den drastiska minskningen i biodiversitet under de senaste decennierna är framför allt att vi inom våra gröna näringar har förändrat miljön och landskapet så pass mycket att endast ett fåtal arter numera har en nisch som passar för landskapet (fig. 6-1). De flesta arter saknar en eller flera viktiga delar av sin ekologiska nisch, vilket leder till att de försvinner. I princip skulle arter också kunna fortsätta anpassa sig allteftersom omständigheterna förändras. Evolutionen är emellertid en alltför långsam process för att anpassningarna ska kunna hålla jämna steg med de stora förändringar som sker just nu, så i de flesta fall kommer arterna helt enkelt att försvinna.

Födoresurser, näringspyramider och trofiska nivåer

Den klassiska näringspyramiden som de flesta är väl bekanta med från grundskolans biologi, med olika trofiska nivåer (födonivåer) från växter till växtätare och vidare till olika rovdjur, beskriver en av de grundläggande förutsättningarna för arters relationer till varandra. Näringspyramidens form är som vi vet ingen slump, utan speglar de fundamentala begränsningar som råder i varje ekologiskt system. Varje nivå i pyramiden innehåller bara en liten andel av det antal individer eller den biomassa som finns på nivån nedanför. Energi och näringsämnen kan bara göras tillgängliga för ekosystemets arter via växternas fotosyntes, så allt flöde av energi och näringsämnen sker från lägre nivåer till högre. Förlusterna av framför allt energi, som organismerna utnyttjar för sin ämnesomsättning och som försvinner som värme, är så stora på varje nivå att endast en bråkdel (kanske 10-20%) återstår för att livnära nivån ovanför.

Formen på näringspyramiden utgör ett fundamentalt problem i bevarandet av biodiversitet, då den medför en ökad sårbarhet hos organismer på de högre nivåerna. Eftersom deras populationer ofta är mindre och mer utspridda i landskapet, då de behöver tillgång till stora resurser från nivåerna nedanför, löper de ofta större risk att dö ut. Det kan också innebära att resurserna på en nivå i landskapet helt enkelt är otillräckliga för att över huvud taget försörja ytterligare en trofisk nivå. Även om till exempel en viss växtart inte själv löper risk att försvinna, kan den ändå ha minskat till så låga nivåer i

6-2. Många dagfjärilar och andra blombesökande insekter drabbas förmodligen hårt av den allmänna bristen på blommande växter i dagens kulturlandskap. Foto: Mattias Larsson.



landskapet att den inte längre kan livnära populationer av specialiserade insekter som är beroende av den. Den allmänna tillgången på blommande växter i landskapet börjar också bli så dålig att födoresurserna för många pollinerande insekter troligen är begränsade (fig. 6-2).

Liknande effekter kan begränsa möjligheterna att utnyttja predatorer och parasitoider för biologisk bekämpning. Eftersom dessa befinner sig på en högre trofisk nivå än sina bytesdjur så kan det vara svårt att upprätthålla tillräckligt höga populationsnivåer av rovdjuret för att uppnå en snabb kontroll av skadedjuret. Detta ställer stora krav på landskapsdesign, för att tillhandahålla tillräckliga mängder habitat och födotillgång, och öka tillgängligheten för inflyttning från det omgivande landskapet (se kapitel 16).

Konkurrens

Som nämns ovan innebär konkurrens en tävlan organismerna emellan om begränsade resurser. Alla arter konkurrerar med andra arter om nödvändiga resurser som utrymme, ljus, föda, näring, och så vidare. Ju mer likartade krav arter har, och ju mer de är beroende av samma begränsande resurs, desto mer påverkar de varandra. En effekt av konkurrens är att arter emellan kan bli att de gradvis eliminerar varandra så att några få, konkurrensstarka arter dominerar, vilket leder till att biodiversiteten minskar. I andra fall kan olika arter avlösa varandra, vilket är fallet med ekologisk succession som beskrivs nedan.

Odlingssystem, skötselregimer och landskapstyper har stora effekter på biodiversiteten bland annat genom att förändra konkurrensförhållanden mellan arter som ingår i de (agro-)ekosystem som påverkas. Ett mosaikartat landskap med småskalig variation i olika miljöfaktorer gynnar ofta hög biodiversitet, då det tillåter en större mängd arter med olika nischer att samexistera med minimal konkurrens. Olika former av bete, hävd eller återkommande markstörningar gynnar ofta hög biodiversitet genom att hålla tillbaka arter som annars skulle dominera och konkurrera ut mindre konkurrensstarka arter.

6-3. Tillförsel av alltför mycket näringsämnen kommer förr eller senare att leda till en utarmning av florin i artrika ängs- och hagmarker. I denna kulturmark börjar ogräsmaskrosor dominera. Foto: Mattias Larsson.



Näringsämnena

Tillförsel av helt vanliga växtnäringsämnena som kväve och fosfor har ofta dramatiska effekter på artsammansättningen i växtsamhällen och i akvatiska miljöer. Effekterna av näringstillförsel är i många fall ytterst negativa för biodiversiteten, både genom att det totala artantalet sjunker och genom att de arter som tar över vanligen utgörs av triviala generalister som i dagens landskap redan dominerar i många olika miljöer. Gödslings effekterna i artrika betes- och slåttermarker är ett typiskt exempel som ofta har upplevts som motsägelsefullt. Trots att tillförsel av måttliga mängder näringsämnena ger högre tillväxt och produktivitet hos i stort sett alla växtarter, så minskar ändå artantalet vid gödning. Denna effekt har varit känd sedan man först började tillföra konstgödsel i större skala, och har på engelska kallats "the paradox of enrichment" (På svenska: ungefär "berikningens paradox") (fig. 6-3).

De starkt negativa effekterna som näringstillförsel ofta har på biodiversiteten kan förklaras med ändrade konkurrensförhållanden som gynnar ett fåtal arter. Även om flertalet enskilda växtarter reagerar positivt på högre näringstillgång så blir det framför allt ett fåtal konkurrensstarka arter anpassade till höga näringshalter som drar störst nytta av förändringen. De kommer därmed att konkurrera ut arter som är bättre anpassade till lägre näringshalter, vilket leder till en minskning av artantalet. Ur ett evolutionärt perspektiv är det förmodligen betydligt vanligare med relativt låga halter tillgängliga näringsämnena i marken än ett överskott, eftersom de flesta ekosystem har liten eller ingen nettotillförsel av näringsämnena och det råder ständig konkurrens om de näringsämnena som finns. I äldre tiders kulturlandskap, före konstgödselns inträde, rådde en ständig kamp för att motverka utarmning av jorden, vilket var mer i samklang med de ekologiska nischer som passar flertalet växtarter. Dagens, genom människans försorg, generellt höga näringshalter i marken är en exceptionellt ovanlig situation ur ett evolutionärt perspektiv. Det är därför knappast förvånande att detta leder till minskande biodiversitet, eftersom flertalet växtarter helt enkelt inte klarar av att vara konkurrenskraftiga i sådana miljöer.

LANDSKAPSDYNAMIK OCH SUCCESSION

Konkurrensen arter emellan har stora effekter på landskapsstrukturen över tid, då den leder till en gradvis förändring av växtsamhällets sammansättning från mindre och kortlivade arter till större, kraftigare och mer långlivade arter med högre konkurrensförmåga. Ett betes- eller åkerlandskap som lämnas orört kommer att gradvis invaderas av nya arter och förändras till buskmark och så småningom till skog, där de för klimatet och jordmånen mest konkurrenskraftiga träden kommer att dominera. Denna process kallas succession och kan pågå i hundratals år innan ekosystemet uppnår ett så kallat klimaxstadium, då inga nya arter längre kan invandra.

Successionen är inte en helt enkelriktad process som med nödvändighet leder till en sluten skog, utan det finns också ett antal störningsfaktorer som driver processen åt andra hållet. Till och med i den tätaste urskog faller ibland ett eller flera träd, vilket tillfälligtvis skapar ett tidigare successionsstadium i mikroformat, innan krontaket återigen sluts då nya träd tar de gamlas plats. En mer omfattande störning representeras av skogsbränder, vilka förekommer i varierande utsträckning i alla tempererade och boreala skogsekosystem. De mest extrema störningarna i norra Europa över ett längre perspektiv utgörs av istider med cykler på tiotusentals år, vilka nollställer successionen till tidigast möjliga stadium helt utan växtlighet.

Den mest betydelsefulla typen av kontinuerlig störning ur ett ekologiskt landskapsperspektiv utgörs emellertid av betande djur, samt i kulturmarker av olika former av slätter. Växtätare kan bromsa successionen genom att beta av högväxta gräs, örter, buskar och små träd, och därigenom bibehålla tidiga successionsstadier i form av gräsmarker under mycket lång tid. Mycket kraftigt betetryck kan ge så omfattande störningar att successionen byter riktning och skogar på sikt reduceras till öppen mark, särskilt om ekosystemet innehåller stora växtätare som elefanter, vilka kan ge sig på även ganska stora träd. Med tanke på att den europeiska faunan under förhistorisk tid också har innefattat jättelika växtätare som mammutar och jättenoshörningar så har betesdjur förmodligen haft stora effekter på skogarnas utformning. Det är därför fullt möjligt att förhistoriska landskap har varit betydligt öppnare än de slutna urskogar vi ofta föreställer oss. Ett argument för detta är det stora antalet djur- och växtarter som är anpassade för relativt öppna miljöer.

Arters ekologiska nischer omfattar vanligen anpassningar till specifika successionsstadier, vilket har betydande påverkan på deras reproduktions- och spridningsbiologi, samt för växter hur de disponerar sina resurser under olika tillväxtfaser. Pionjärarter anpassade till störningsrika miljöer har ofta hög spridningsförmåga, många och relativt små avkommor, tidig reproduktion och relativt låg konkurrensförmåga. Arter anpassade till en mer långsam störningsdynamik har ofta högre konkurrensförmåga, med ett mindre antal relativt resursstarka avkommor, mindre spridningsförmåga och är mer långlivade med relativt sen reproduktion. Notera att denna uppdelning utgör en mycket grov generalisering. Det finns många arter som karakteriseras av intermediära strategier eller en blandning av anpassningar för olika successionsstadier.



6-4. Omställning av blomrika slåttermarker och betesmarker till åker leder ofrånkomligen till att floraresurserna i landskapet minskar. Foto: Luc Viatour / www.Lucnix.be (Wikimedia commons).

En förändring av den övergripande successions- och störningsdynamiken i landskapet kommer att påverka konkurrensförhållanden på ett sätt som befintliga arter inte utan vidare kan anpassa sig till. En av effekterna av förändringar i olika hävdregimer i kulturlandskapet som beskrivs nedan är just att vissa successionsstadier som tidigare var mycket vanligt förekommande numera har blivit sällsynta. Detta har naturligtvis negativa konsekvenser för de arter som tidigare gynnades i dessa miljöer.

Hävdens betydelse för kulturlandskapets biodiversitet

En stor del av de negativa förändringarna i biodiversiteten är knutna till förändringar i olika hävdregimer, det vill säga hur vi utnyttjar landskapet för att skörda biobaserade resurser (fig. 6-4). De artrika slåtter- betes- och våtmarker som tillhör våra artrikaste miljöer, och som hyser merparten av de hotade arterna knutna till kulturlandskapet, utgjorde en gång en stor majoritet av kulturlandskapets areal. Det sätt på vilka dessa marker hävdades baserades på rent ekonomiska och agrara realiteter, men en bieffekt av detta var en rik och varierad flora, präglad av många blommande växter som i sin tur livnärde en mångformig fauna av pollinatörer. Dessa fodermarker var nödvändiga för att tillhandahålla näringsämnen i form av gödsel till åkrarna, vilka alltid hotades av utarmning och vars yta begränsades av den näring som fanns tillgänglig. Härifrån kommer uttrycket ”äng är åkers moder”, som beskriver att det en gång var tillgången på marker för höskörd som begränsade åkermarkens areal i det traditionella jordbruket. Foderproducerande marker tillhandahöll också mycket av den överskottsenergi som fanns tillgänglig för arbete och transporter.

Under de senaste 100-150 åren har en närmast obegränsad tillgång på näringsämnen och fossil energi dramatiskt förändrat de förhållanden som tidigare utgjorde grunden för de gröna näringarna. Gamla typer av foderproducerande marker har i stort sett raderats ut, jämfört med deras tidigare utbredning. Merparten har aktivt omvandlats till åker, vall eller skog. I många av de återstående markerna har hävden helt enkelt upphört, då det inte längre finns behov av de foderresurser för vilka de tidigare utgjorde en livsnödvändig källa. Som vi förstår av resonemanget ovan utgör brist på hävd i längden också en dödsdom för ängs- och betesmarksfloran, eftersom det är hävden som motverkar successionen som annars kommer att förändra markernas habitatkvaliteter.

Detta beroende av ständig hävd för att bibehålla de gamla fodermarkernas kvaliteter utgör en av de stora utmaningarna för att långsiktigt bevara biodiversiteten i kulturlandskapet. De ekonomiska realiteterna medger för närvarande knappast att man i stor skala återställer ett landskap präglat av den typ av ängs- och hagmarker som upprätthöll den tidigare höga biodiversiteten. För närvarande handlar det ofta om att försöka bevara värden som alltjämt håller på att gå förlorade. Framtida insatser för att öka biodiversiteten i kulturlandskapet kommer möjligen att kunna ske genom att man skapar olika former av ersättningshabitat. Detta skulle kunna ge synergieffekter om sådana habitat skapades i samband med andra verksamheter i landskapet, men kräver i så fall en långtgående samordning mellan olika enskilda insatser och samhälls- och infrastrukturåtgärder.

Habitatförstöring, fragmentering och spridningsmöjligheter

Många av problemen som präglar bevarandet av biodiversitet är en effekt av att de habitat som upprätthåller en hög biodiversitet förstörs eller förändras i grunden. Man kan helt enkelt inte förvänta sig att alla arter som kunde existera i ett tidigare landskap kan bevaras när deras resursbas krymper till en bråkdel av det forna landskapets. Dessa problem förvärras av den fragmentering som präglar dagens landskap, där habitat inte bara minskar i omfattning, utan också delas upp i alltmer isolerade fläckar utan inbördes kontakt. Med hänvisning till näringspyramiden som beskrivs ovan så förstår man att enskilda habitatfläckar som isoleras till exempel ofta kan upprätthålla en stor andel av sina tidigare växtarter, medan resurserna ändå inte räcker till för att vidmakthålla den fauna som utgör de högre trofiska nivåer som är beroende av habitatet.

En utmaning för landskapsplaneringen är att försöka knyta samman återstående habitat med höga naturvärden, så att olika arter kan sprida sig mellan enskilda habitat och förhindra lokala utdöenden av populationer. Ett annat angreppssätt kan vara att förstärka kritiska resurser i form av blommande växter och andra värdefulla element i anslutning till habitat med höga biodiversitetsvärden. Vi håller fortfarande på att lära oss vilka åtgärder som fungerar för att understödja biodiversiteten i landskapet, eftersom olika arter reagerar mycket olika på förändringar som alltjämt pågår.

Sammanfattning

Som vi ser står bevarandet av den biologiska mångfalden inför stora utmaningar. De stora hoten mot biodiversiteten ligger inte i enskilda faktorer som kan hanteras med lagstiftning, som till exempel användningen av pesticider. Det grundläggande problemet utgörs av att dagens landskap i både stort och smått är ett helt annat än det som rådde då dagens hotade arter gynnades av landskapsanvändningen. För att trygga det långsiktiga bevarandet av kulturlandskapets hotade arter krävs stora insatser för att bevara de återstående habitat som finns. Samtidigt måste man hitta nya lösningar för att förstärka kritiska resurser och skapa ersättningshabitat inom ramen för en rationell landskapsanvändning.

LITTERATUR OCH HEMSIDOR I URVAL

Appelqvist T, Bengtson O & Gimdal R. 2001. Insekter och mosaiklandskap. Entomologisk Tidskrift 122:81-97.

Geiger F, Bengtsson J, Berendse F, Weisser WW, Emmerson M, Morales MB & Ceryngier P. 2010. Persistent negative effects of pesticides on biodiversity and biological control potential on European farmland. Basic and Applied Ecology 11:97-105.

Hjorth I. 2003. Ekologi - för miljöns skull. Liber förlag, Solna.

FN:s konvention för biologisk mångfald (<http://www.regeringen.se/sb/d/12811/a/152807>)

Sveriges miljökvalitesmål (<http://miljömål.se/sv/Miljomalen/>)

7

Virus, viroider och fytoplasma

GUNILLA ÅHMAN



De här växtskadegörarna är de minsta vi har. Normalt kan vi inte se dem, bara iaktta deras verkan. Vi är en god bit på väg att bestämma dem om vi lär oss känna igen deras symptom. Och bestämmas måste de för att vi ska veta hur de sprids. De är svåra att säkert diagnosticera och kan inte bekämpas med vare sig kemiska eller biologiska medel. Därför kostar de, inte bara genom den skada de gör, utan också genom de resurser som måste läggas på att detektera och förebygga dem. Foto: Gunilla Åhman.

Imitten av 1800-talet började man undersöka vad den smittsamma och ödeläggande mosaiksjukan i tobak kunde bero på. Det tog ungefär hundra år att komma fram till att det är ett virus och vad ett virus är. Då anade man ännu inte att det finns fler växtskadegörare som är mindre än bakterier. Först under senare hälften av 1900-talet upptäcktes viroider och fytoplasma, som uppträder och verkar ungefär som virus.

VIRUS

Virus är inte som vi andra...

Till skillnad från andra växtpatogener utgörs virus inte av celler utan av partiklar. Varje partikel består av en nukleinsyra, antingen RNA eller DNA, omgiven av ett proteinhölje. Partiklarna är så små att de mäts i miljondels mm = nanometer (nm). Till formen är de isometriska (nästan runda), stavformade, trådlika eller bacilliforma, och man behöver elektronmikroskop för att alls kunna se dem.

...men de är helt beroende av oss.

För att virus ska kunna föröka sig måste de befinna sig inuti en levande cell. Alla organismer som består av celler kan infekteras av virus. Och eftersom våra celler är olika, angrips bakterier, svampar, djur och växter av olika virus. Intressantast för oss är ju virus på oss själva, våra husdjur och de växter vi odlar, så naturligtvis finns det många vi inte har upptäckt än.

Orsakar virus alltid sjukdom?

Nej det gör de faktiskt inte. Virus äter oss inte utan försöker samleva. Idealet för ett virus är en väl fungerande värdcell. Ju bättre ett virus är anpassat till sin värd, desto mindre märks det, och vid fullständig anpassning kan värd och virus leva i fullkomlig harmoni med varandra. Själva bär vi hela tiden på virus som vi inte vet om, och det gör växter och djur också.

Det finns all anledning för virus att ligga lågt. En vild växt som försvagas av sitt virus blir utslagen i konkurrensen med sina grannar. En odlad sort som tar uppenbar skada av de virus

som allmänt förekommer i växtslaget blir förr eller senare bortplockad. I vegetativt förökade växtslag har på så sätt en omedveten toleransförädling pågått i hundratals år. Men eftersom ständigt nya sorter introduceras blir anpassningen inte total. Växten hämmas och konditionen försämras, fastän inga specifika symptom syns. Vi kallar då infektionen latent, och talar om latent virus.

Men alla virus är ju inte latent, och mycket har det med värdkretsens storlek att göra. Några växtvirus har bara en enda värdart, andra fler, ibland hundratals, i något fall över tusen. Ju större värdkrets ett virus har, och ju lättare det har att sprida sig mellan de olika arterna, desto omöjligare (och onödigare) blir anpassningen.

Hur förökar sig virus?

Den minsta enheten av ett virus kallas virion. Den utgörs oftast av en partikel, men ibland av flera i vilka arvsmassan är fördelad. En enda virion är allt som behövs för att infektera en växt. De flesta växtvirus har RNA som arvsmassa, och för dem sker alla förökningssteg i cellens cytoplasma, medan DNA-virus helt eller delvis förökar sig i cellkärnan. Några få DNA-virus inkorporerar sina gener i växtens kromosomer, men det är verkligen undantag.

Virus förökar sig inte genom delning, utan genom kopiering. Så fort en virion kommit in i en mottaglig växtcell, startar förökningen med att proteinhöljet tas av. Sedan bildas nya nukleinsyresträngar av nukleotider som tas från cellen. Virus kodar självt för de förökningsenzym som behövs och tjänstgör som mall för de nya strängarna, som efter hand omges av viruskodade proteinhöljen. Virus styr alltså förökningen, men allt byggmaterial tas från cellen. Virus avgör också hur länge förökningen ska pågå. När fler virioner i cellen skulle innebära alltför stor nackdel för växten och därmed för viruset självt, är det dags att lägga av. Ju bättre anpassning desto tidigare förökningsstopp och därigenom lägre virushalt i växten.



7-1. Typiska symptom på gurkblad av gurkmosaikvirus, cucumber mosaic virus, CMV. Virusmosaik skiljer sig från genetisk mosaik genom större oregelbundenheter, fler nyanser, oskarpa gränser mellan fälten och buckeltendenser på grund av att de grönaste partierna växer mer än de ljusare. Foto: Gunilla Åhman.

Virusstammar

Ganska ofta blir det fel när virus förökar sig, i synnerhet RNA-virus, eftersom RNA är betydligt mer instabilt än DNA. De nya strängarna blir fel ihopsatta på olika sätt, och om det finns fler än ett virus i samma cell kan delar av det ena kombineras med delar av det andra. På så sätt uppstår olika virusstammar, och i synnerhet i vedartade växter samexisterar de nya med de gamla. På sikt bildas även nya arter. Virus har stor nytta av denna genetiska instabilitet. Det är genom den de anpassar sig till nya värdar och nya förhållanden.

Virustransport i växten

När antalet virioner i cellen är tillräckligt många, börjar de slussas ut till omgivande celler via kanaler genom cellväggen som förbinder cytoplasman i de båda cellerna med varandra. Slussningen sköts av viruskodade rörelseproteiner. Förökningen fortsätter i de nya cellerna, och undan för undan infekteras omgivande celler tills virus når ledningsbanorna. I dem transporteras virus först ner till rötterna, sedan till skottspetsarna. På vägen tar sig virus ut i omgivande celler och fortsätter förökningen tills hela växten är infekterad, s.k. systemisk infektion. En örtartad planta kan vara fullständig

infekterad efter 3 – 4 veckor, medan det brukar ta flera år för ett virus i en vedartad växt att nå ut i hela busken eller trädet.

Oftast infekterar virus förr eller senare hela sin värdväxt, men det finns undantag. Några virus, som smittar via jorden, infekterar endast rötterna och går inte upp i de ovanjordiska delarna. Vissa virus håller sig i floemet och infekterar inga andra delar av växten. I vedartade växter finns virus som tenderar att "slarva" och hoppa över knoppar så att hela grenar förblir oinfekterade. Dessutom finns det växtdelar som bara undantagsvis invaderas av virus. Dit hör de yttersta tillväxtpunkterna, meristemen, samt embryon och pollen.

Skadeverkan

De virus som inte ger upphov till sjukdom förökar sig till extremt låg halt i sin värd. Virus som når en mer normal koncentration måste beröva växten en hel del näring och kan därmed inte undgå att ställa till skada i form av svagare växt, sämre rotning och lägre skörd. Konditionen blir nedsatt, och det för med sig ökad känslighet för andra skadegörare och sämre motståndskraft mot miljöextremer såsom frost, torka etc. Även lagringshållbarheten av frukt, rotfrukter och grönsaker försämras. Virus gör också kulturerna mer oförutsägbara och ojämna; programmerad odling i växthus funkar inte.

Virussymptom

Det är när anpassningen är för dålig samtidigt som viruskoncentrationen är hög, som virus och värd kommer riktigt på kant med varandra. Då uppstår de specifika symptom som gör att vi kan se att växten är virusinfekterad. Vissa virus ger symptom bara i början, i den akuta fasen eller chockfasen. När sedan infektionen blir kronisk har virus fogat sig så pass att symptomen uteblir.

Att känna igen symptom är början till all virusdiagnostik. Symptom kan visa sig på alla delar av växten. Många virus tenderar att ge upphov till en viss typ av symptom, medan andra orsakar helt olika symptom i olika värdväxter.

Bladsymptom är absolut vanligast (fig. 7-1,2). De kan utgöras av mosaikmönster, prickar, ringfläckar, linjemönster eller band längs nerverna. Vanligen är mönstren klorotiska, ibland så svaga att det är svårt att se dem, sällan nekrotiska. Typiskt för en virusinfektion är just kontrasten i samma blad mellan celler som är friskt gröna och sådana där klorofyllbildningen är mer eller mindre störd. Jämna gulnader som täcker hela eller stora delar av bladet är nästan alltid tecken på något annat än virus. Undantag är floemlevande virus som blockerar näringstransporten. Anledningen till kontrasterna är dels virus ojämna fördelning, dels att cellerna är olika gamla när de invaderas. Den oregelbundna fördelningen gör också att symptomen sällan syns på alla blad, ibland kanske bara på några enstaka blad på ett träd eller en buske. Läggs därtill att virushalten i växten är temperaturberoende. Bli det varmare än normalt ändras växtens metabolism, virus känner inte igen sig, förökningen saktar ner och symptomen slutar framträda. Vi säger att virussymptom maskeras. Tydligast syns symptom på nya skott på sensommaren medan de blad som bildades under sommaren är helt gröna och symptomlösa.



7-2. Ringmönster på gloxiniablod orsakat av tomatbronsfläckvirus, tomato spotted wilt tospovirus, TSWV, ett ovanligt aggressivt virus med en stor värdkrets. TSWV sprids effektivt med trips, särskilt *Frankliniella occidentalis*, och kan därför kosta på sig att döda en och annan värdväxt. Foto: Bengt Nilsson.



7-3. Blomstrimmor i ros orsakade av virus. Foto: Gunilla Åhman.



7-4. Stjärnsprickor, små sprickor med tendens att korsas varandra, orsakas av speciella stammar av ett virus som i vanliga fall är latent i äpple. Buckligheten varierar med sorten, men gemensamt är sprickornas oregelbundna fördelning på och mellan frukterna. Vädret har stor betydelse, kalla år, särskilt om våren var kall, blir "stjärnsprickeår". Foto: Gunilla Åhman.

Andra sällsyntare bladsymptom är deformationer av olika slag, reducerade bladskivor, bladrollning, sköra blad till följd av stärkelseanhopning, samt utväxter på undersidan, s.k. enationer. Blad och bladskäft kan böja sig neråt – inåt mot skottet. Det kallas epinasti.

Blomsymptom kan vi se i t.ex. blomsterlök, rosor och pelargon. De syns för det mesta som ljusa eller mörka strimmor (fig. 7-3). Kronbladen blir också mer eller mindre förminskade och deformerade, vilket skiljer virusinfekterade blommor från dem av genetiskt strimmiga sorter.

Fruktsymptom förekommer förutom på vår vanliga frukt även på t.ex. gurka och tomat. De kan vara fläckar, ringar, sprickor eller deformationer (fig. 7-4). Oftast är symptomen ytliga och fruktköttet helt oskadat. Det händer också att frukten stannar i växten och inte mognar på normalt sätt.

Stamsymptom är ovanliga. De kan vara fläckar eller ringar på stjälken eller stammen, barksprickor, fåror i veden, tillplattade eller förvridna stammar.

Smittkällor, överföring och spridning

Våra virusmittkällor är våra medmänniskor. Smittkällor för växtvirus är infekterade plantor eller växtdelar. Där upphör i stort sett likheterna. För oss räcker det med att vi nyser eller hostar på varandra, låter bli att tvätta händerna o.s.v. för att sprida virus omkring oss. Växtvirus smittar sällan lika lätt. De behöver betydligt mer hjälp både att föras över till nya växter och att ta sig in i dem.

Vegetativ förökning

När man tar en del från en växt och gör en ny planta av den följer naturligtvis de virus med som finns i växtdelen. På så sätt förs virus vidare till avkomman när man förökar med lökar, knölar, sticklingar, ympar och okulanter. Många virus har detta som huvudsaklig fortlevnadsmöjlighet. Alla vegetativt förökade växtslag, särskilt frukt, bär, potatis, blomsterlök, dahlia, nejlika, krysantemum och pelargon, var svårt virusinfekterade under hela 1900-talet fram till dess att virusfria moderplantor började framställas. I äldre sorter av i synnerhet äpple, hallon, potatis och pelargon var det omöjligt att hitta en frisk planta.

Överföring med frö

Betydligt ovanligare är det att virus förs vidare med frön. Virus kan komma till embryot antingen från modern eller, sällsyntare, från fadern, men få virus klarar att föröka sig där. Eftersom virus också minskar frönas grobarhet, är frööverföring via embryot en problematisk spridningsmetod för virus att förlita sig till.

En något vanligare form av frööverföring praktiseras av vissa virus som inte finns i embryot utan bara i de yttre delarna av fröet. De kan senare infektera groddplantan i högre eller lägre grad. Ofta har dessa virus många värdväxter, och frööverförbarheten av ett och samma virus varierar starkt mellan växtslagen.

Överföring med pollen

Ytterst få virus infekterar pollen. De transporteras genom pollenslangen in i fröämnet och ger upphov till ett infekterat embryo, alltså frööverföring. Men med hjälp av insekter eller kvalster som trampar runt i blomman kan virus även föras in i och infektera moderväxten, och det är detta vi kallar pollenöverföring. I Sverige har vi tre pollenöverförda virus, två i körsbär, plommon och andra prunusarter, samt ett i hallon.

Överföring med växtsaft

Om smittad växtsaft hamnar på ett mottagligt blad eller kronblad, och där finns ett ytterst litet sår i kutikulan och cellväggen närmast under, har virus möjlighet att ta sig in och börja föröka sig. Det går olika lätt för olika virus och en del klarar det inte alls. Denna saftöverföring, som också kallas mekanisk överföring eller kontaktsmitta, kan åstadkommas på flera sätt. När man arbetar med händer eller redskap i odlingen, när man går eller kör utmed en växtrad, när djur av alla slag vistas bland växterna, när plantor eller växtdelar gnids mot varandra, då uppstår möjlighet för virus att saftöverföras. Pollenöverföring är en form av saftöverföring, likaså groddplantsmitta från infekterade fröskal. I vårt land är saftöverföring främst ett problem i växthus, där plantorna hanteras i högre grad än på friland.

Överföring med vektor

För de allra flesta virus ger inte saftöverföring en tillräckligt effektiv spridning. Till det behövs en vektor. Som är en organism med förmåga att specifikt överföra ett eller flera särskilda virus. Alltså ingen som råkar komma förbi med lite virushaltig växtsaft, utan ett skraddarsytt överföringssystem för varje virus. Vektorn tar upp virus, tar med sig det till en ny växt och för in det så att det kan infektera. Som virusvektorer kan enbart fyra slags organismer fungera: insekter, kvalster, fritt levande nematoder och algsvampar. Insekterna är framför allt bladlöss, men även stritar, mjöllöss och tripsar. Nematoder och svampar överför virus i jorden.

I regel måste virus transporteras runt och eventuellt förökas i vektorn innan det kommer tillbaka till salivkörtlar eller muntagg, alternativt ut i svampens zoosporer, och kan avges till en ny planta. Därför går det lång tid från det att virus tas upp till dess vektorn blir smittförande, men sedan behåller den smittförmågan länge, ofta hela livet. Ibland förs virus t.o.m. vidare till avkomman. Systemet kallas persistent överföring.

En annan överföringsmodell, som enbart sker med bladlöss, är icke-persistent överföring. Här sugs virus bara upp och avges sedan omedelbart vid nästa stick. Tre, fyra stick till så är smittämnet slut och måste tas upp på nytt. Icke-persistent överföring fungerar bäst bland växter som inte är bladlössens optimala värdar. Då flyger de runt och provsticker lite här och var, ett otroligt effektivt spridnings sätt!

Virus med mer än ett sätt att överföras har särskilt goda spridningsmöjligheter. Vid sticklingsförökning kan virus dels finnas inuti sticklingarna, dels överföras med växtsaft från infekterade till friska sticklingar. Potatisvirus Y, *potato Y potyvirus*, PVY, kommer ut i fält med infekterade sättknölar, går upp i blasten och sprids sedan icke-persistent med över 30 olika bladlusarter.

Sallatsmosaikvirus, *lettuce mosaic potyvirus*, LMV, är dels fröburet, dels icke-persistent överförbart med många bladlusarter. Är mer än 0,1% av sallatsfröet smittat, lönar det sig inte att så det.

Virussystematik och nomenklatur

Organismerna är indelade i fem riken, men de omfattar endast oss cellvarelser. Virus har inget rike. De placeras bara i ordningar, familjer, släkten och arter. Hittills är nästan 2300 virusarter karakteriserade; av dem är drygt 40% växtvirus.

Grunden till virusindelningen är om nukleinsyran utgörs av DNA eller RNA, och om den är enkelsträngad (ss) eller dubbelsträngad (ds). Vidare delar man in efter partikelform, förökningsstrategi m.m. För växtvirus är ofta spridningssättet gemensamt för medlemmarna i ett släkte. Ibland finns en gemensam tendens att orsaka särskilt milda eller särskilt starka symptom, att ha få eller många värdväxter osv.

Det vetenskapliga namnet på ett virus skrivs på engelska och kursiveras. Alla ord i namnet har liten begynnelsebokstav om de inte skrivs med stor på engelska. Växtvirus namnges i regel efter det växtslag där viruset först hittades och det symptom viruset ger upphov till i just det växtslaget. Namnet avslutas antingen med släktnamnet eller bara med ordet "virus". Innan det är bevisat att viruset verkligen är orsaken till symptomet eller sjukdomen i fråga, skjuter man in "associated" före det sista ordet.

Ett äldre system var att benämna virus i ett och samma växtslag i bokstavsordning efter hand som de upptäcktes. De allra flesta av dessa virus har med tiden visat sig vara identiska med något redan existerande virus med "riktigt" namn, men i krysantemum finns virus B kvar och i potatis flera stycken, bland dem potatisvirus X och Y.

Varje virus har sin egen förkortning, sin akronym. I princip utgörs akronymen av första bokstaven i varje ord i namnet och skrivs med versaler, men ibland får man ta till fler bokstäver. Exempelvis betyder AMV *alfalfa mosaic alfamovirus*, ApMV *apple mosaic ilarvirus* och ArMV *arabis mosaic nepovirus*.

Varje virussläkte har ett typvirus, som ofta, åtminstone när det gäller växtvirus, har fått ge namn åt släktet. Ett av de allra nyaste växtvirussläktena är *Emaravirus*. Typvirus är *European mountain ash ringspot-associated virus*, EMARaV. De så vanliga ringfläckarna på bladen av vilda rönnar i norra Europa har äntligen fått sin förklaring.

Diagnos och virustestning

Från början gällde det att hitta en orsak till symptom som inte kunde förbindas med andra skadegörare. Sedan lärde man sig vilka virus som hängde samman med vanliga symptom i olika växtslag. Så småningom började man upptäcka virus som inte tycktes orsaka några symptom alls. När man så visste vilka virus som var att vänta i de olika växtslagen, var tiden inne att försöka hitta virusfria plantor. Och under tiden dök nya symptom och nya (eller nygamla?) virus upp.

Syftet med virustestning varierar alltså. Man kan behöva ställa diagnos,

Hur funkar ELISA?



Foto: Patrik Stolt.

Faktaruta 1.

Virustest med ELISA (Enzyme-Linked ImmunoSorbent Assay) i plaststrips med brunnar. Två antikropps lösningar har pipetterats i brunnarna, mot ett virus i vänstra gruppen och mot ett annat i den högra, varvid antikropparna fastnat på plasten. Efter borttvättning av allt löst inkuberades brunnarna med växtsaft från olika prov, varje prov i två brunnar per virus, i kylskåp över natten. Om rätt virus finns i växtsaften fastnar det på antikropparna. Ny tvätt, därefter inkubering med nya antikroppar mot samma virus men nu hopkopplade med varsin enzymmolekyl. Till sist pipetterades substratet i, en färglös vätska vari enzymet åstadkommer ett färgomslag till gult. Gul färg i en brunn betyder att det virus som motsvarar antikroppen fanns i provet, annars skulle inte de enzymbärande antikropparna ha fastnat.

eller man vill försäkra sig om friska moderplantor. Hittar man ett virus som förefaller nytt, krävs ett omfattande arbete för att karakterisera det. Metoderna man använder varierar också; med syftet, med växtslaget, med resurserna, med tiden.

Ympning

När en växt ympas med delar av en annan växt, går i princip alla patogener över till den ympade växten. Man får bekräftat att skadan man vill diagnosticera inte är fysiologisk eller genetisk. Däremot säger testen ingenting om själva skadegöraren. Det är sjukdomen man konstaterar eller upptäcker, inte patogenen. I de fall inget virus eller annan skadegörare har kunnat sättas i samband med sjukdomen i fråga, är ympning på en nära besläktad, känslig indikatorart / -sort enda testmöjligheten.

Nuförtiden är det i stort sett bara frukt och bär som testas med ympning; fruktträden i allmänhet på friland, bären i växthus. Frilandstesterna måste stå i flera år innan resultatet kommer till synes. För växthustesterna räcker det med några månader. Ymptester av virussjukdomar är säkra och känsliga och kräver ingen dyr avancerad utrustning. Nackdelen är naturligtvis den långa svarstiden samt att man behöver tillgång till mark respektive växthus.

Saftinokulering

De flesta växtvirus kan med mer eller mindre hjälp av buffert, stabiliserande substanser och slipmedel saftöverföras till lämpliga örtartade plantor. Detta utnyttjar man vid saftinokulering, som är en unik testmetod för just virus. Särskilt *Chenopodium*- och *Nicotiana*-arter är mottagliga för många virus som de inte är naturliga värdar för. Antingen reagerar de med klorotiska eller nekrotiska lokallesioner, små fläckar runt de celler där virioner har gått in, eller med systemiska symptom som visar sig på nytillväxten, ibland med både-och. Safttesten ger svar på frågan om det överhuvudtaget finns några (saftöverförbara) virus i den växt man testar.

Saftinokulering och ympning är varianter av vad vi numera kallar biotester. De bygger på möjligheten att få tydliga(re) symptom i en annan växt än den ursprungliga. Men helst skulle vi ju vilja se själva skadegöraren.

Elektronmikroskopi

För att se viruspartiklar krävs elektronmikroskop. Att göra ett preparat av en droppe infekterad växtsaft och sätta in det i mikroskopet är enkelt. Men för att hitta viruspartiklar i preparatet krävs både att de finns i hög koncentration och att de har en form som skiljer sig från växtbeståndsdelar. Och de partiklar man då lyckas hitta går inte att artbestämma. Närmare än till släktet kan man inte komma, ofta inte ens det.

Inom virologin används elektronmikroskopet huvudsakligen för att närmare studera partiklarna, och då utgår man från en renad lösning av ett känt virus. Virus renas ur växtsaft genom en komplicerad procedur av utfällning och omväxlande lågvarvs- och högvarvscentrifugering, och för att kunna göra det måste man veta vilket virus man arbetar med. Men det finns ett sätt att använda elektronmikroskopet som diagnostiskt instrument, och det är att anrika och markera det virus man söker med hjälp av antikroppar i mikroskoppreparatet, s.k. immunoelektronmikroskopi.

Det finns metoder för att specifikt detektera virus i laboratoriet. De är mycket snabbare än biotesterna, tar några dagar på sin höjd, och är känsligare än saftinokulering. Nackdelarna är krav på utrustning och att man måste veta vilket virus man letar efter.

Serologiska tester

Varmblodiga ryggradsdjur bildar antikroppar mot främmande proteiner som kommer in i oss. Eftersom antikropparna fastnar på de proteiner de är bildade mot, kan vi utnyttja dem till att detektera just dessa proteiner. Sådana tester kallas serologiska eller immunologiska, och de kan utföras på många olika sätt. Mest använd metod nuförtiden är ELISA = Enzyme-Linked ImmunoSorbent Assay som finns i flera varianter (se även faktaruta 1).

Sedan några år tillbaka finns även serologiska snabbtester i handeln, tänkta att användas av rådgivare och odlare direkt i fält eller växthus. De utgörs av remsor eller stickor som doppas i växtsaft och avläses efter några minuter, på samma sätt och enligt samma princip som ett graviditetstest. De är inte lika känsliga som ELISA utan är avsedda att användas när man ser misstänkta symptom av fruktade skadegörare.

Med en serologisk test uppfattas något av de proteiner som är specifika för viruset i fråga, vanligen proteinhöljet. Men faktiskt är det inte hela proteinet som testas utan bara vissa aminosyregrupperingar. Det finns alltid en risk för att någon exakt likadan gruppering kan råka finnas på ett helt annat protein, alstrat av ett obesläktat virus. Därför blir aldrig dessa proteintester invändningsfritt specifika. Ska man riktigt säkert identifiera ett virus måste man komma åt dess kärna, RNA eller DNA.

PCR

Flera slags nukleinsyreanalyser har sett dagens ljus. De har använts i forskningen men aldrig blivit riktigt anpassade för praktisk tillämpning. Så kom då PCR (polymerase chain reaction) i slutet av 1980-talet och åstadkom revolution inom många verksamhetsområden. Det är med PCR man hittar vadhelst som lämnat efter sig minsta DNA-spår. Man ger helt enkelt en

karaktäristisk DNA-sekvens (ev. ”översatt” från RNA) möjlighet att föröka sig till en mängd påvisbar med gelelektrofores. Med s.k. realtids-PCR behövs inte ens någon elektrofores, utan den tid som går åt för att bilda ett visst antal kopior visar hur många originalsekvenser det fanns från början. Resultatet syns på dataskärmen och är i fallet virus ett mått på hur hög virushalten var. I princip är PCR den känsligaste metod som finns, teoretiskt räcker det med en enda viruspartikel i ett prov.

Virusbekämpning

Direkt bekämpning av virus är i praktiken omöjlig. Varken kemisk eller biologisk bekämpning finns att tillgå, och virushämmande substanser (bromsmediciner) går inte att använda i växtodling. Till skillnad från oss kan växter inte heller bli friska på egen hand. Virus kan inte bekämpas utan måste förbyggas.

Resistens

Bästa sättet att förebygga virus är naturligtvis att använda resistent sorter. Men ingen sort kan vara resistent mot alla sina skadegörare, och virus brukar inte vara det första en förädlare satsar resurser på. Virus är heller inte det lättaste att förädla fram resistens mot.

På senare tid har en gen(transformerings)väg öppnat sig - vissa gener från det virus man vill skydda mot kan sättas in i växtens genom och ge s.k. transgen resistens. Fördelarna är dels att det går snabbare, dels att man kan använda redan befintliga sorter med bra egenskaper, kanske resistent mot andra skadegörare. Riskerna för miljön borde vara minimala. Exempel på växter med transgen virusresistens i praktisk odling är squash och papaya i USA och gurka och tomat i Kina.

Friskt utgångsmaterial

Det bästa vi kan göra i brist på resistens är att, så långt det är möjligt, starta med ett virusfritt utgångsmaterial, vare sig det gäller ympar, sticklingar, lökar, knölar eller frön.

För att börja med fröna som är det minsta bekymret, finns virusfritt frö att köpa av de grödor där det är nödvändigt, såsom sallat. För vegetativt förökade växter har vi ett certifieringssystem, där man för varje sort utgår från några få garanterat friska och sortäkta kärnplantor, som förvaras och förökas skyddade för smitta. Avkomlingarna blir elitplantor, som i sin tur förökas vidare till det certifierade material som såväl odlare som privatpersoner kan köpa. Här i Sverige omfattar certifieringssystemet huvudsakligen frukt, bär, buskar och träd; i andra länder även krukväxter. (Ett särskilt system gäller för potatis.) För alla växtslag som ingår i systemet finns en lista på de skadegörare som kan tänkas följa med plantmaterialet och alltså inte får förekomma. Arbete med att harmonisera ländernas listor och få med växtslag efter växtslag pågår inom EU.

Sorter framställda ur frökorsningar är praktiskt taget alltid virusfria från början. Nuförtiden har vi genom certifieringssystemet goda möjligheter att se till att de förblir det. Förr var det vanligt att populära sorter rätt snart blev totalinfekterade med virus. Ofta gick det inte att hitta en virusfri planta att

utgå från, när man under senare hälften av 1900-talet skulle börja framställa ett friskt material. Då fick man helt enkelt starta med att framställa en frisk planta.

Viruseliminering

Den allra första metoden var värmebehandling. I allmänhet förökar sig virus långsammare när temperaturen är högre än normalt, de maskeras. Höjer vi värmen ytterligare till 36-38 °C, är det flera virus som inte alls hänger med längre. Vi kallar dem värmelabila. De slutar mer eller mindre helt att föröka sig i tillväxtzonerna och assimileras av växten. I resten av plantan finns de däremot kvar, vilket innebär att man måste knipsa av topparna efter några veckor i värmen och göra nya plantor av dem.

Tyvärr är inte alla virus värmelabila. För att bli av med dem som inte är det utnyttjade man möjligheten att föröka från de delar av växten dit virus förhoppningsvis ännu inte har hunnit, nämligen de yttersta tillväxtpunkterna, meristemen. I och med att meristemet (med ett par bladanlag) skärs av och placeras på konstgjort näringssubstrat, försämras återigen virusförökningsmiljön, så att även om någon virion råkat komma med kanske den inte klarar sin fortlevnad i den onormala omgivningen. För att ytterligare öka chansen att få virusfria avkomlingar kan meristemförökningen kombineras med värmeterapi, vanligen så att man tar meristemen från värmebehandlade plantor. Man kan också tillsätta virushämmande ämnen i näringsmediet, s.k. kemoterapi, och därigenom öka andelen virusfria meristemavkomlingar.

Kryoterapi

Ett ganska nytt sätt att bevara genmaterial av vegetativt förökade växtslag under lång tid på litet utrymme är att förvara meristem i flytande kväve, som lägst -196 °C. I denna extrema kyla elimineras också virus genom att de äldsta meristemcellerna dör. Allra värdefullast är kryoterapi i kombination med värmebehandling och meristemförökning. Då har man superredskapet för att eliminera även de svåraste bland virus. Värmebehandlingen minskar virushalten i de meristem man sedan tar och lägger så kallt att de äldsta cellerna, dit virus nu är begränsade, dör.

Lika viktigt som att behandla är att virustesta växtmaterialet efteråt. Efter värmebehandling kan man vara av med värmelabila virus till uppemot 100 %, medan resultatet av en meristemförökning varierar starkt mellan olika virus. Det är en balansgång mellan att ta så små meristem att virus är borta och så stora att de klarar av att växa upp till nya plantor. Efter alla sorters behandling måste avkomlingarna också kontrolleras för genetiska avvikelser, s.k. typkontroll. Hela proceduren med förtest, behandling, eftertest och typkontroll är både långvarig och dyr. Fortfarande finns det infekterade äldre sorter som behöver rensas, och vi hittar virus i nya växtslag. Det är en kontinuerlig kostnad som vi ändå räknar med löna sig, inte bara i och med ett omedelbart ökat odlingsutbyte utan också genom att vi tar bort fler och fler virus från våra odlingar och på så sätt minskar det totala smittrycket.

Skydd mot återinfektion

Att vi har startat odlingen med ett virusfritt utgångsmaterial betyder inte att vi är av med problemen för all framtid. Alla växtslag utom äpple och päron kan lätt bli återinfekterade med virus. Det gäller att skydda odlingen så gott det går.

Mycket är självklart. Tänkbara smittkällor ska bort, alltså ogräs och plantor med misstänkta symptom. Lämna dem gärna till analys – vet man vad det är för virus vet man hur det sprids och hur man ska hantera det. I växthus med sina saftspridningsrisker är hygien viktig. Tvål och vatten, såpa och trinitiumfosfat är bra desinfektionsmedel.

Bekämpa vektorer

Vissa vektorer lönar sig inte att bekämpa. Bladlöss som överför virus icke-persistent hinner sticka, suga och spotta flera gånger innan de slagits ut av bekämpningen. Dem måste man hindra från att komma åt plantorna. Det finns flera sätt att förvillra dem optiskt, t.ex. med ljusreflekterande marktäckning eller glesa nät runt odlingen. I potatis använder man besprutning med mineraloljor för att hindra lössen från att provsticka och därmed sprida potatisvirus Y.

Det finns ibland odlingsåtgärder att ta till. PVY-smitta kan motverkas genom att förgro potatisen före sättning så att plantorna är äldre när bladlusinvasionerna kommer (åldersresistens), och att blastdöda tidigt innan virus hunnit ner i knölna.

VIROIDER

Vad är en viroid?

Under 1900-talets lopp dök några nya sjukdomar upp i Amerika. De kunde överföras med ympning och symptomen var virusliknande. Men hur man än letade hittade man inga virus i plantorna. Först på 1970-talet fann man orsaken. Det var partiklar bestående av en kort RNA-kedja, bara en tiondel så lång som den i en virion. Inget mer. Inget proteinhölje. Och bara i mycket låg koncentration jämfört med ett virus.

Hur kunde nu dessa små RNA-bitar ställa till så stor skada? En så kort RNA-sekvens räcker inte till att koda för ett enda protein. Den kan bara ligga där och på något sätt inspirera värdcellen till produktion av fler likadana sekvenser. Riktigt hur det går till vet man fortfarande inte. Och varför finns inga tidigare rapporter om dessa sjukdomar?

Viroider tycks bara finnas i växter. En teori är att de, som en rest från den RNA-värld man tror fanns före DNAets uppkomst, blivit kvar i vilda växter utan att märkas. När de så småningom råkade smitta odlade grödor blev krocken katastrofal. Egentligen är det egendomligt att de alls kunde infektera dem, eftersom viroiden är så totalt beroende av sin värdcell som ju måste passa precis.

Skadeverkan, värdväxter, symptom och utbredning

I sig skadar inte viroiderna växten eftersom halten är så låg. Ingen näring att tala om tas ifrån den och den försvagas inte. När man väl började leta efter viroider hittade man flera som inte ger några symptom alls och då inte kan sägas orsaka någon sjukdom. Men de som ger symptom skadar desto värre. Utvecklingen av viroidsymptom gynnas av värme (till skillnad från dem av virus) samt av stark ljusintensitet.

Den första viroid som upptäcktes var *potato spindle tuber pospiviroid*, PSTVd. Den ger avlånga, spolformade knölar. Därefter kom *citrus exocortis pospiviroid*, CEVd, som orsakar fjällig, avflagnande bark. Nummer tre var den enda viroid vi hittills har i Sverige och bara i växthus, *chrysanthemum stunt pospiviroid*, CSVd. Den ger krysantemumdvärgsjuka med proportionellt förminskade plantor (fig. 7-5).

Så småningom uppenbarade sig nya viroider i nya växtslag. Några kom från Ostasien, och de angriper äpple, päron, citrus och vin. Symptomen av dem är ännu mer viruslika; barksprickor i päron och fläckar eller prickar på frukterna av äpple. Den farligaste viroiden av alla har härjat på Filippinerna. Det är den enda som är letal, *coconut cadang-cadang cocadviroid*, CCCVd. Den dödar kokospalmerna och lämnar bara stammarna kvar likt telefonstolpar.

Särskilt många viroider infekterar citrus och vin. Tomat har visat sig ha flera egna pospiviroider samt kunna infekteras även av PSTVd och CEVd. Symptomen är liknande för dem alla; växthämning med epinasti och bladrollning, gulnader, nekroser och små frukter. Fast symptomen är inte alltid särskilt tydliga, och olika tomat sorter är olika känsliga.

Europa var länge relativt förskonat från viroider, men nu är de på stark frammarsch p.g.a. den internationella handeln med plantor. På 2000-talet har flera pospiviroider upptäckts i nyare prydnadsväxtarter, huvudsakligen inom potatisfamiljen, som importerats från USA till Europa. Prydnadsväxterna visar i regel inga symptom, och det tyder på att viroiderna har funnits där länge.



7-5. Dvärgsjuka i krysantemum orsakad av *chrysanthemum stunt pospiviroid*, CSVd. Okontrollerade sticklingar har köpts, en del var infekterade, andra inte, det går inte att se vid köpet. Dvärgsjuka plantor, varav några syns i förgrunden, blommar upp till tre veckor tidigare än friska. Foto: Gunilla Åhman.

Överföring och spridning

Viroider är extremt smittsamma med växtsaft. En del av dem kan också spridas med pollen och frö. I något fall har bladlusspridning påvisats, antingen tillsammans med ett virus eller med ett växtprotein som råkar passa, men i princip kan viroider inte ha specifika vektorer, eftersom de inte kodar för något överföringsprotein. För växtslag som förökas vegetativt är förökningen det absolut viktigaste spridningssättet.

Systematik och nomenklatur

För närvarande finns det 32 klara viroidarter och ytterligare 11 som ännu inte nått artstatus. De delas in i två familjer på grundval av skillnader i RNAets struktur, i hur förökningen initieras och var i cellen förökningen sker. Viroiderna i den största familjen, *Pospiviroidae*, förökar sig i cellkärnan; de i den andra, *Avsunviroidae*, gör det i kloroplasterna.

Viroidernas vetenskapliga namn och deras akronymer följer samma principer som dem för virus. Man ser i slutet av akronymen om den står för ett virus (V) eller en viroid (Vd). Typviroiden för typsläktet i familjen *Avsunviroidae* är *avocado sunblotch avsunviroid*, ASBVd, som orsakar stora ljusa fläckar på avokadofrukter.

Viroidtestning

Det självklart första sättet att testa viroider var med biotester, antingen genom ympning på en känslig sort eller art, eller genom saftöverföring till samma sort/art. Saftinokulering av speciella indikatorarter, som med virus, går inte att göra p.g.a. viroidernas begränsade värdkrets, och deras värdväxter reagerar heller aldrig med lokallesioner.

Eftersom viroider bara består av RNA och inte kodar för något eget protein stod det klart att inga serologiska metoder gick att använda. Däremot var viroiden som gjord för att separera från annat RNA, både växtens eget och sådant som härstammar från andra skadegörare. ViroidRNAet är inte bara mindre, det skiljer sig också från annat RNA genom att vara cirkulärt, alltså inte ha fria ändar. Därför kan man använda gelelektrofores för att påvisa såväl viroider i allmänhet som en specifik viroid. Naturligtvis kan viroider också detekteras med PCR sedan man först översatt RNAet till DNA, men då hittar man endast den viroid man letar efter.

Bekämpning

Viroider bekämpas på samma sätt som virus. Man köper garanterat friskt material och ser till att det inte infekteras. Risken för totalinfekterade sorter är väl idag obefintlig, men skulle man behöva eliminera en viroid kan man inte använda värmebehandling. Köldbehandling fungerar däremot. Några månader i +5 °C före meristemtagning har eliminerat dvärgsjukeviroiden ur krysantemum.

Har man fått in viroider i sin odling är de svåra att bli av med. De är extremt hållbara i växtrester och motståndskraftiga mot hög värme och de flesta desinfektionsmedel. Efter en krysantemumkultur med dvärgsjuka måste allt växtmaterial bort, levande som dött, och odlingssubstratet bytas. Ångning förslår inte. För desinfektion används natriumhypoklorit.

FYTOPLASMA

Fytoplasma = MLO

Växtsjukdomar som ser ut som hormonskador, s.k. yellows diseases, är kända sedan mycket länge. Ända fram till 1970-talet trodde man att de orsakades av virus, men då hittade man i floemet hos angripna växter små celler som liknade bakterier, fast mindre och utan cellvägg. De såg ut som mykoplasma, encelliga organismer utan cellkärna och cellvägg som orsakar sjukdomar hos människor och djur. Därför kallade man dem ”mykoplasmaliknande organismer”, förkortat MLO. Mykoplasma går att odla på konstgjort substrat liksom bakterier, men det gjorde inte dessa nyupptäckta skadegörare. Inte förrän DNA- tekniken var tillräckligt utvecklad på 1990-talet fanns det ett sätt att undersöka släktskapen, och då upptäcktes att MLO utgör en egen grupp som faktiskt inte står särskilt nära mykoplasma. Eftersom de bara finns i växter beslöt man att kalla dem fytoplasma.

Skadeverkan och symptom

Fytoplasma ockuperar växtens floemceller och stör transporten av framför allt hormoner men även näring. Under ogynnsamma förhållanden kan de ligga latent, men så fort de trivs och förökar sig gör de obönhörligen skada.

Typiska fytoplasmasymptom är:

- Abnormt antal sidoskott och sidorötter = häxkvastsjuka (proliferation)
- Förkortade internoder, förminskade blad = dvärgsjuka, småbladighet
- Blomdelar omvandlade till blad = blomförgröning (fyllodi)(fig. 7-6)
- Allmän klorofyllbrist = gulsjuka

Överföring och spridning

Fytoplasma följer med vid vegetativ förökning. Utöver det finns bara ett enda spridningssätt och det är med specifika vektorer; antingen stritar eller bladloppor. Fytoplasman måste tas upp ur floemet och avges direkt in i det, eftersom den inte infekterar andra vävnader. Överföringen är persistent. Fytoplasman förökar sig och cirkulerar i vektorn tills den når salivkörtlarna igen, och först då kan den överföras till nya plantor.

Det tar 10-45 dygn, beroende på temperaturen. Spridningen går alltså mycket långsamt här i Sverige.

Systematik och nomenklatur

I prokaryoternas rike tillhör fytoplasma klassen *Mollicutes*, de som bara har membran men ingen cellvägg. Släktet kallas 'Candidatus Phytoplasma' tills taxonomin är ordentligt utredd. Exempelvis är det vetenskapliga namnet på äppleproliferation än så länge 'Candidatus Phytoplasma mali'.



7-6. Klöverfyllodi, blomförgröning i vitklöver, på en gräsmatta tillhörande Trädgårdslaboratoriet i Alnarp. Denna fytoplasma ger inga symptom alls på blad och stjälkar. Den kan också smitta jordgubbar, där den orsakar green petal disease. Foto: Karin Snarf.

Diagnos och fytoplasmatest

Fytoplasma överförs med skott ympning, men eftersom förökningen och spridningen i växten är så långsam, tar det många månader innan symptomen visar sig. Ett snabbare men mer resurs- och arbetskrävande sätt att detektera fytoplasma är med elektronmikroskopi. Ännu snabbare och betydligt enklare är fluorescensmikroskopi. Tvärsnitt av bladskaft, stjälkar eller kvistar behandlas med fluorescerande DNA-färg, som lyser när den träffas av mikroskopets UV-ljus. Om floemcellerna lyser i mikroskopet betyder det att där finns DNA, som i sin tur betyder en floemlevande patogen, troligast fytoplasma, eftersom växtens eget DNA inte är kvar längre i celler som blivit ledningsvävnad.

Ingen av mikroskopmetoderna är specifik. Man kan i bästa fall se att det är fytoplasma, men inte vilken. För artbestämning använder man ELISA eller, vanligare, PCR.

Bekämpning

Fytoplasma kan bekämpas eller åtminstone dämpas med tetracykliner, ett särskilt slags antibiotika. Men eftersom antibiotika till växter är förbjuden i Sverige blir det i praktiken till att förebygga, precis som för virus och viroider. Använd endast certifierat växtmaterial! Annars tar man stora risker. Det hjälper inte alls att materialet ser perfekt ut. För vedartade växter tar det mycket lång tid innan symptomen kommer till synes, och när det gäller prydnadsväxter som bär på blomförgröning, t.ex. krysantemum, margerit och primula, får de vegetativa delarna av växten i regel inga symptom och det syns därför ingenting på sticklingarna.

Fytoplasma i Sverige

Faktaruta 2.

Dvärgsjuka i hallon och björnbär har vi haft här sedan länge. Den orsakar abnormt många klena korta bleka skott och sterila blommor. Låter man plantorna stå kvar blir de lägre och lägre för vart år. Nyare är småbladighet i lingon, som såg ut att bli ett problem för förädlingen vid Balsgård. Fröplantor i fält blev smittade av vilda lingon och blåbär i skogarna runtomkring. Men det räckte att plocka bort infekterade plantor vartefter de dök upp. Den långsamma spridningen hävde problemet.

Betydligt allvarigare är äppleproliferation, som på 1990-talet drabbade en skånsk fruktodling genom import av ocertifierade plantor, s.k. CAC-material. Frukterna blir mindre för att så småningom helt utebli. Äppleproliferation sprids med några olika bladloppsarter och är ett svårt problem på kontinenten. I vissa områden i Norditalien går det inte att odla äpple längre. Spridningsmöjligheterna här i landet är okända. När symptom på nya träd visar sig i den skånska odlingen, kan odlaren inte veta om infektionen är ny eller om fytoplasman funnits där från början. Inga angrepp i andra odlingar har rapporterats.



Småbladighet i lingon orsakad av fytoplasma.
Foto: SLU bildarkiv.

LITTERATUR OCH HEMSIDOR I URVAL

Hull R. 2002. Matthews' Plant Virology. Fourth edition. Elsevier Academic Press.

King A. M. Q, Adams M. J, Carstens E. B & Lefkowitz E. J. (ed.). 2012. Virus Taxonomy. Ninth Report of the International Committee on Taxonomy of Viruses. Elsevier Academic Press.

<http://www.apsnet.org/edcenter/intropp/PathogenGroups/Pages/PlantViruses.aspx>

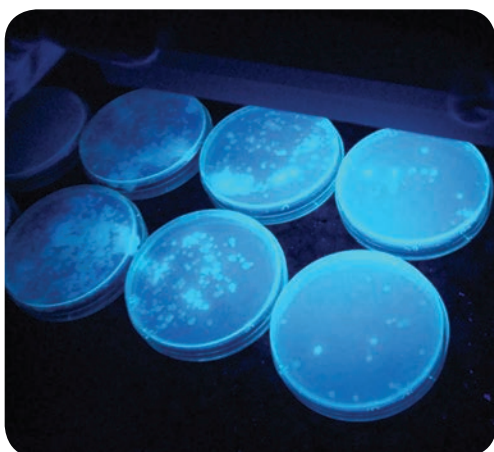
<http://www.dpvweb.net>

<http://viralzone.expasy.org>

8

Växtpatogena bakterier

MALIN HULTBERG

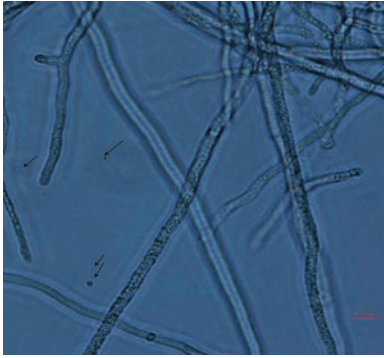


Bakterier finns i princip överallt. Ett fåtal arter är svåra skadegörare på växter. På bilden syns bakteriekolonier av fluorescerande pseudomonader som odlats på ett speciellt bakteriemedium i petriskålar. Denna grupp av bakterier är mycket vanliga i miljön och runt växternas rötter. De kan bryta ner många olika organiska ämnen, till och med olja, för att få energi. I gruppen finns bakterier som används till biologisk bekämpning men även besvärliga växtpatogener som *Pseudomonas syringae*. Foto: Johanna Lindkvist.

Bakterier finns överallt och är mycket viktiga för ekosystemets funktion. Kring växten, både under och ovan jord, finns det fullt av bakterier. Det finns ett fåtal av alla dessa bakterier som kan skada växten på olika sätt. Vanliga symptom på en bakterieinfektion hos växten kan vara röta, bladfläckar eller vissning. Svårighetsgraden hos bakteriesjukdomarna varierar, två exempel på mycket besvärliga bakteriesjukdomar är päronpest och gulbakterios på tomat. För att hindra angrepp och spridning av växtpatogena bakterier är förebyggande arbete och god hygien de viktigaste åtgärderna.

VAD ÄR EN BAKTERIE?

Bakterier skiljer sig från annat liv genom att de saknar en avgränsad cellkärna. Hos organismer med cellkärna, eukaryoter, finns arvsmassan avgränsad inne i den membran-omgärdade cellkärnan. Bakterier är i stället prokaryota organismer och deras arvs massa finns löst liggande i cellen i en cirkulär DNA-bit, en sk. bakteriekromosom. Det finns också bakterier som förutom sin bakteriekromosom innehåller små extra cirkulära DNA-bitar. Dessa kallas plasmider och är mycket viktiga för överföring av DNA mellan bakterier. Bakterier är också encelliga och detta innebär att organismens alla livsviktiga funktioner kan skötas av den enda cellen. Eukaryota celler bildar ofta flercelliga strukturer som olika typer av vävnader och organ men det finns också encelliga eukaryota celler som exempelvis amöbor. Bakterier saknar flera av de organeller som finns hos den eukaryota cellen exempelvis mitokondrier. Den funktion som mitokondrien fyller hos den eukaryota cellen, att producera energi, är ju livsviktig för allt liv och bakterierna har istället mitokondriens funktion direkt i sitt cellmembran. Bakteriecellens yttermembran är i nästan alla fall omgiven av en cellvägg och i många fall finns det även en kapsel runt cellväggen. Många bakterier är rörliga och de har en eller flera flageller, långa piskliknande utskott, som driver bakterien i olika riktningar. Bakteriecellen är ofta mindre än den eukaryota cellen och storleken varierar vanligen mellan 1- 5 µm. Rent praktiskt



8-1. Svamphyfer som man kan se enstaka bakterier runt. Bakterierna är markerade med pilar. Skalan i nedre högra hörnet motsvarar 10 µm.
Foto: Malin Hultberg.

innebär detta att de är mindre än diametern hos svamphyfen och kan ses som små rörliga strukturer runt en svamphyf i ett ljusmikroskop (fig. 8-1).

VAR FINNS BAKTERIER?

Bakterier finns i princip överallt, också på oväntade ställen som exempelvis i moln eller inne i ett torrt frö. För att bakterierna ska kunna tillväxa måste de vara i en miljö som passar dem. Viktiga miljöfaktorer som styr tillväxten är näringstillgång, syre, vattentillgång, temperatur och pH. En klassisk formulering är ”Everything is everywhere but the environment selects”. Med det menas att bakterier sprids så lätt att man nästan kan räkna med att alla olika typer av bakterier finns överallt men det blir de bakterier som passar i just den miljön där de hamnat som kommer att etablera sig och dominera.

En miljö där många bakterier trivs väldigt bra är kring en växtrot där det finns gott om näring i form av rotexudat (se faktaruta 1). I en sådan här miljö finns det både en stor total mängd bakterier och en hög diversitet i antal bakteriearter. I växtrot som är infekterad av en växtpatogen bakterie är situationen däremot ofta en annan. Det kan fortfarande vara så att det totala antalet bakterier är högt men däremot är diversiteten låg dvs. de flesta bakterier som finns där är av samma art. Av olika anledningar, exempelvis att man har en skada på växtvävnaden och speciella kemiska ämnen läcker ut, har den växtpatogena bakterien kunnat tillväxa snabbare än den övriga bakteriefloran och konkurrera ut dem.

VILKEN FUNKTION HAR BAKTERIER?

Det är viktigt att komma ihåg att det är fåtalet av bakterierna som är patogena eller skadliga på något sätt. Bakterier är mycket viktiga i alla ekosystem, i såväl marken som i vår kropp. De flesta bakterier är heterotrofer, dvs. de behöver organiskt kol för att kunna tillväxa, precis som vi. De heterotrofa bakterierna är tillsammans med svamparna grunden i olika nedbrytningsprocesser och kolcykeln. Växtpatogena bakterier är heterotrofa och kan tillväxa på växtvävnaden samtidigt som de skadar den. En intressant variant på detta är *Agrobacterium tumefaciens* som kan orsakar rotkräfta på alla växter utom monokotyledoner.

Agrobacterium tumefaciens är en jordlevande bakterie som kan ta sig in i växten via sår och skador. Väl inne i växtcellen kan den föra över en del av sitt DNA (transformera) till växten (se faktaruta 2). Det DNA som förs över

Rhizosfäreffekten

Faktaruta 1.

Området runt roten kallas rhizosfären och i denna miljö finns väldigt mycket mikroorganismer och en intensiv mikrobiell aktivitet. Att mikroorganismerna trivs så bra här beror på att det finns god tillgång på organiska ämnen. Detta beror dels på rotexudat, kolhydrater, peptider, aminosyror, organiska syror med mera som utsöndras av roten men också celler som deponeras när roten växer. Rhizosfären sträcker sig en bit ut i den omgivande marken från rotytan och avtar successivt. Samspelet mellan växten och de mikroorganismerna som finns i rhizosfären är väldigt komplext och påverkar växten mycket. Det är exempelvis här som vissa växtpatogena bakterier kan ha chansen att etablera sig och sedan infektera växten. Men det är också så att det finns många mikroorganismer som är positiva för växten, sk. tillväxtfrämjande bakterier. De kan stimulera växtens tillväxt med olika mekanismer, exempelvis genom att underlätta upptag av svårösliga näringsämnen, genom att producera växthormoner eller genom att hämma skadliga mikroorganismer.

till växten kodar för produktion av opiner, en speciell typ av peptider som bara *A. tumefaciens* kan utnyttja. Den infekterade växtcellen kommer alltså att använda växtens energi för att producera ”mat” till den växtpatogena bakterien

Det finns också bakterier som är autotrofa dvs. själva kan bygga upp organiska kolföreningar. Exempel på detta är cyanobakterier, tidigare kallade blå-gröna alger, som precis som växter kan använda ett pigment, exempelvis klorofyll för att fånga in energi från solljuset. De finns i många olika miljöer och ingår bland annat i vissa viktiga symbioser med växter. Ett exempel på detta är *Anabaena* sp. som kan fixera kväve i symbios med en vattenväxt, *Azolla*, och som används praktiskt vid risodling. Många cyanobakterier producerar toxin och vid massförekomst i vatten, ofta på grund av övergödning, kan de orsaka giftiga ”alg” blomningar. Enligt endosymbiosteorin så har den fotosyntetiserande organellen, kloroplasten, som finns i växter och alger sitt ursprung från cyanobakterien.

DET FINNS MÅNGA OLIKA TYPER AV BAKTERIER

Eubakterier och arkéer

Den grundläggande skillnaden i organismgruppen bakterier går mellan eubakterier och arkéer (tidigare arkebakterier). Eubakterier är det vi i vanligt tal kallar bakterier. Arkéer är prokaryota celler men skiljer sig från eubakterier på flera sätt. En viktig skillnad är att deras cellmembran och cellväggar kemiskt är uppbyggda på ett annat sätt. Arkéer förekommer i vissa extrema miljöer och är en viktig del i ekosystem kring heta källor på havsbotten och kan finnas i väldigt salta och sura miljöer där eubakterierna inte klarar sig. Men arkéerna finns inte enbart i dessa miljöer utan kan hittas överallt. Det finns dock inga kända arkéer som är växtpatogena.

Transformering av växter

Faktaruta 2.

Agrobacterium tumefaciens har en förmåga att föra över sitt T-DNA till den infekterade växten. Detta utnyttjas praktiskt och är idag den vanligaste metoden för att föra in nya gener i växter. *A. tumefaciens* innehåller en plasmid som kallas



Ti-plasmid (Tumour-inducing). Den innefattar ett DNA fragment, kallat T-DNA (transfer), som kan integreras i växtens DNA vid infektion. När *A. tumefaciens* används för att transformera växter har Ti-plasmiden och T-DNA modifierats genom att ta bort generna som orsakar sjukdomen (rotkräfta) hos den infekterade växten samt genom att föra in den önskade genen i T-DNA. Den modifierade plasmiden kallas rekombinant plasmid och kan föras över i *Agrobacterium* igen för växttransformering.

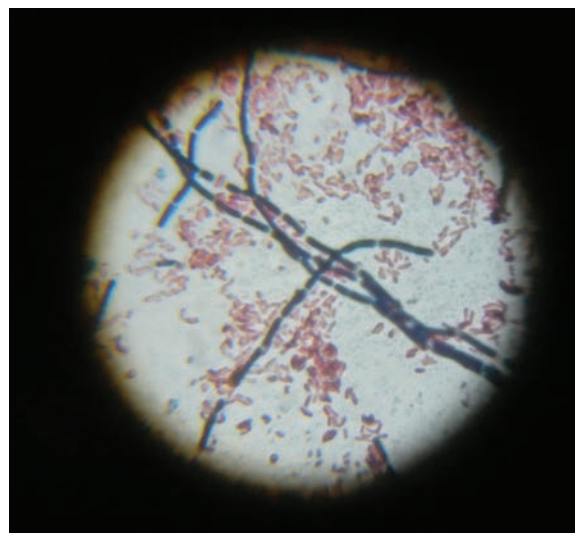
Rotkräfta på ros. Foto: SLU bildarkiv.

Gramfärgning

Faktaruta 3.

Denna färgningsmetod utgör basen för en indelning av bakterier i två huvudgrupper, gram-positiva (G+) och gram-negativa (G-). Metoden upptäcktes av en slump i slutet på 1800-talet av den danske läkaren Gram och har fått en stor praktisk betydelse. Den baseras på att det finns en grundläggande skillnad i uppbyggnaden av gram-positiva och gram-negativa bakteriers cellväggar. I första steget färgar man med kristallviolett och därefter en jod-kaliumjodidlösning (Lugols lösning). I nästa steg behandlas proverna med etanol. De gram-negativa bakterierna, som har en tunn cellvägg och sedan ett yttermembran utanför cellväggen, avfärgas medan de gram-positiva bakterier, som har en mycket tjockare cellvägg och saknar yttermembran, behåller färgen. Efter avfärgningen gör man en kontrastfärgning så att också de gram-negativa bakterierna färgas.

Gramfärgade *Bacillus cereus* (G+, mörkt violett) och *Escherichia coli* (G-). Foto: Bibliomaniac 15: Wikimediacommons.



8-2. Skorv på potatis.
Foto: SLU bildarkiv.

Gramfärgning

Eubakterier delas grovt upp i gram-negativa bakterier och gram-positiva bakterier. Gram-negativa och gram-positiva bakterier skiljer sig åt i uppbyggnaden av cellväggen och metoden baseras på en färgningsprocess i flera steg (se faktaruta 3). Bakterier kan också ha olika form och brukar delas upp i stavar, kocker och spiriller. Det finns en grupp av bakterier, släktet *Streptomyces*, som avviker från detta och istället har ett trådlikande växtsätt och bildar hyfer. Det är en stor grupp av gram-positiva bakterier som det finns mycket av i jord. En känd växtpatogen i denna grupp är *Streptomyces scabies* som orsakar skorv på potatis (fig. 8-2). Den största delen av växtpatogena bakterier är dock gram-negativa stavar.

BAKTERIESYSTEMATIK

Bakterier delas precis som andra levande organismer in i rike, fylum, klass, ordning, familj, släkt och art. Med art (species) menar man hos bakterier en grupp som är enhetlig i sina biokemiska reaktioner, i hög grad har samma arvs massa och som skiljer ut sig från andra arter. Ett exempel på en växtpatogen bakterieart är *Pseudomonas syringae* som är just en gram-negativ stav. Även under artnivå så går man vidare och klassificerar bakterier. Inom växtpatologin använder man då beteckningen patovar som förkortas pv. Det finns till exempel en *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* som är patogen på syren och körsbär och plommon och en *Pseudomonas syringae* pv. *pisi* som är patogen på ärtor. Som ni ser skrivs bakterienamnet kursivt och det är också vanligt att det första namnet förkortas, *P. syringae* pv. *pisi*.

Klassificeringen av en bakterie ändras efterhand som forskningen går framåt och det kan finnas olika namn på en bakterie och det är något som kan göra detta område svåröverskådligt. Mikrobiologer använder sig oftast av den indelning och de namn som finns i Bergey's Manual som är den internationellt mest kända bakteriesystematiken.

Bakterier och baciller

”Usch, tjejbaciller!” Ordet bacill används ofta i stället för bakterie i vardagligt tal men egentligen är *Bacillus* arter en speciell grupp av bakterier som finns överallt omkring oss. Det är en grupp gram-positiva stavar med förmåga att bilda endosporer. En *Bacillus* art som används praktiskt är *Bacillus thuringiensis* som kan användas för insektsbekämpning (se kapitel 16).

Hur sprids och överlever bakterier?

Som tidigare nämnts finns bakterier i princip överallt och de sprids också mycket lätt. De kan spridas med damm och jordpartiklar i luften, de kan finnas i bevattningsvattnet, de kan finnas inuti fröet och de kan också spridas med vektorer som insekter eller människor. Hamnar bakterien i en miljö som är fördelaktig kommer den att dela sig och tillväxa snabbt. Men i de flesta fall så kommer bakterien att hamna i en miljö som inte är fördelaktig för tillväxt, exempelvis en miljö där det är ont om vatten och kraftig solinstrålning. I denna miljö kommer de flesta bakterier att dö men vissa grupper av bakterier har förmåga att bilda sporer och stänga av sin metabolism och kan vänta i flera år, faktiskt i tusentals år, på att miljön blir gynnsam och de kan då gro ut igen. Även bakterier som inte bildar sporer har förmåga att dra ner sin metabolism kraftig och bli mer tåliga för ogynnsamma förhållanden.

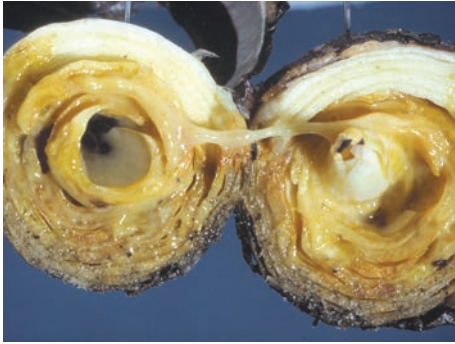
Varför är vissa bakterier patogena?

Majoriteten är inte patogena

Det är viktigt att hålla i minnet att det finns tusentals olika arter av bakterier. Det är också så att vi inte känner till alla olika bakteriearter som finns utan tvärtom så känner vi bara till ett fåtal av alla de arter som finns. Det brukar nämnas en siffra på att runt ca 200 olika bakteriearter är patogena på djur och växter. Detta innebär att den absolut största delen av bakterierna inte är patogena utan tvärtom mycket viktiga för ekosystemets funktion och för att djur och växter ska vara friska.

Virulensfaktorer

För en patogen bakterie använder man begreppet virulens, bakteriens förmåga att framkalla sjukdom. Virulens hos en bakterie beror på olika egenskaper som bakterien har, s.k. virulensfaktorer. Den växtpatogena bakterien måste kunna fästa, kolonisera och invadera växten. Detta kan ske på olika sätt, vissa växtpatogena bakterier har specialiserade strukturer för att kunna fästa på växten, tillväxa på ytan och sedan infektera via stomata. Ett exempel på en bakterie som klarar av detta är *Xanthomonas campestris* som bland annat orsakar pelargonbakterios. Andra växtpatogena bakterier är sämre på att infektera en växtyta som inte är skadad och infekterar i stället främst via sår och skador i växtvävnaden. Viktiga steg för att en bakterie ska kunna klara av att infektera växten är att de kan konkurrera med den normala flora av mikroorganismer som finns runt och i växten samt att de klarar av de försvarsreaktioner som kan finnas hos växten. Den växtpatogena bakterien måste sedan kunna tillväxa i växten och orsaka skada.



8-3. Kraftig röta orsakad av bakterier i hyacintlök. Foto: SLU bildarkiv.

Symptombild

Växtskadan kan se olika ut och beror på olika egenskaper hos den infekterade bakterien. Vissa bakterier kan tillväxa så kraftigt i kärnen att växten inte längre klarar av sin transport och växten vissnar. Andra typer av bakterier kan producera toxiner som skadar växtvävnaden så att cellerna dör och det bildas bladfläckar. Blötröta uppstår om bakterierna utsöndrar enzymer som bryter ner växtens cellväggar (fig. 8-3). Svulster kan uppstå om *Agrobacterium tumefaciens* infekterar och transformerar växtcellen till att producera en speciell typ av näringsämnen till bakterien. Ytterligare ett annat exempel är att knippen av korta, tjocka skott kan bildas genom att den infekterande bakterien producerar ett hormon som påverkar växten.

Spridning

Växtpatogena bakterierna kan spridas genom vind, regnstänk, insekter, jord, med växtmaterial och med redskap. I vissa fall har man även sett en spridning med flyttfåglar. För många växtpatogena bakterier är jorden en reservoar dvs. en plats där bakterien finns före och efter infektion. Från reservoaren finns det olika spridningsvägar för bakterien, exempelvis via regnstänk där jord slås upp på växten eller via en människa med jordiga händer som tar på växten. Så småningom kommer den infekterade växten att innehålla en stor mängd av den växtpatogena bakterien och den kan då fungera som en spridningskälla till andra växter. Något som spelar in i om sjukdom utvecklas eller inte är infektionsdosen dvs. hur mycket bakterier som växten behöver exponeras för, för att utveckla sjukdom.

VÄXTPATOGENA BAKTERIER

Kända och okända växtpatogena bakterier

I detta stycke presenteras ett antal växtpatogena bakterier som kan orsaka problem vid växtodling i Sverige. Dessa växtpatogener är välkända, specifika på vissa växter och det finns mycket information kring dem (se lästips i referenslistan). Vid sidan av dessa kända växtpatogener kan finnas andra processer som bakterier är involverade i som kan försämra växten hälsa. Exempelvis är det inte ovanligt att bakterier som finns kring roten har en förmåga att producera vätecyanid, något som kan skada växten.

Bekämpning

Generellt gäller att bekämpning av växtpatogena bakterier i Sverige främst baseras på förebyggande åtgärder och en god odlingshygien och kan sammanfattas i följande punkter:

- Friskt plantmaterial
- Friska frön
- Frisk jord/odlingssubstrat
- God hygien
- Goda lagringsförhållande

- Lämplig växtföljd
- Biologisk bekämpning

Praktiskt innebär detta att miljöer som kan stimulera bakterietillväxt som en relativt hög temperatur (rumstemperatur), god tillgång på vatten och lätt åtkomlig näring (som exempelvis på en krosskadad frukt) ska undvikas. Man måste också vara medveten om hur man arbetar och situationer som kan underlätta spridning exempelvis via dåligt rengjorda redskap och kläder och spridning av jord inne i växthus ska undvikas.

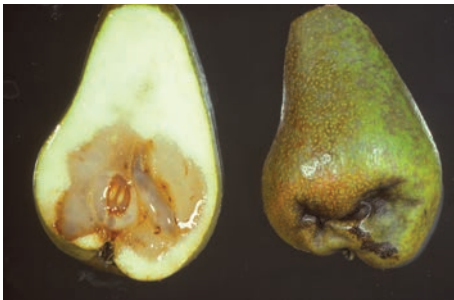
Varför används inte kemisk bekämpning?

Det sker ett övergripande arbete att minska användning av kemiska bekämpningsmedel bl.a. för att kemiska bekämpningsmedel sällan har en specifik effekt bara på den växtpatogena organismen utan också har sidoeffekter på andra organismer. När det gäller bakterier finns det en möjlighet att bekämpa dessa selektivt genom att använda antibiotika. Detta är en heterogen grupp av kemiska ämnen som har gemensamt att de kan hämma någon specifik process hos bakterien samtidigt som de inte har någon, eller en betydligt mindre, påverkan på eukaryota celler. Exempelvis har päronodlingar i USA behandlats mycket med ett antibiotikum, streptomycin, för att bekämpa bakterien *Erwinia amylovora* som orsakar päronpest (mer information nedan).

Troligen har nästan alla av er fått någon typ av antibiotika som läkemedel när ni har haft en besvärlig bakterieinfektion. Människan har haft tillgång till antibiotika i flera decennier och det har använts mycket för att hantera oönskade bakterier inom många olika områden. Detta har lett fram till att många bakterier har utvecklat antibiotikaresistens och att vissa bakterier inte längre kan behandlas med antibiotika, exempelvis har man nu stora problem med stammar (stam: undergrupp till subspecies) av *E. amylovora* som är resistenta mot streptomycin. En anledning till att resistensen har utvecklats är att bakterierna är mycket duktiga på att föra över gener till varandra bl.a. via olika typer av plasmider. Det sker ett arbete över hela världen, mer eller mindre framgångsrikt, att minska användandet av antibiotika. I Sverige arbetar vi mycket för att minska användandet av antibiotika och kan därför inte tillåta det i växtodling. Vi är också restriktiva med att använda antibiotika inom andra områden inklusive sjukvården.

Biologisk bekämpning

Det finns många biologiska bekämpningspreparat som baseras på bakterier. Många av dem används för att bekämpa svampsjukdomar som exempelvis det biologiska bekämpningsmedlet Cedemon. Ett exempel på en växtpatogen bakterie som kan bekämpas med hjälp av en annan bakterie är *Agrobacterium tumefaciens* som kan bekämpas av en nära släkting, *Agrobacterium radiobacter* stam K1026. Bekämpningen baseras på att *A. radiobacter* K1026 producerar ett ämne som hämmar *A. tumefaciens* tillväxt, agrocin 84, och också konkurrerar direkt med *A. tumefaciens* om näring och utrymme.



8-4. Päronpest. A) Päronträd angripna av päronpest med typiskt böjda toppskott. B) Frukter angripna av päronpest. Stora mängder bakterier utsöndras från angripen växtvävnad vilket gör spridningsrisken mycket stor. Foto: SLU bildarkiv.

Päronpest

Päronpest är en sjukdom som orsakas av bakterien *Erwinia amylovora* (fig. 8-4). Angrepp på päron, hagtorn och oxbär är vanligast men det finns också andra värdväxter som till exempel äpple och kvitten. Sjukdomen hittades i Sverige i mitten av 1980-talet och finns nu spritt upp till Göteborgsområdet längs kusterna. Ett klimat med hög temperatur och hög luftfuktighet gynnar sjukdomsutveckling och spridning.

Ett sjukdomssymtom är vissnande blommor och skott. Skottens spetsar böjs till en krok och färgas mörkare. De torkar oftast inte utan är fuktiga och sega med kvarhängande vissna blad och blommor. Infektionen kan spridas vidare till större grenar om det är lämpliga betingelser för spridning. Infektionen kan sedan nå stammen och spridas till hela trädet som då riskerar att dö.

Päronpest omfattas av växtskyddslagen och om man misstänker päronpest ska det anmälas direkt till Jordbruksverket som ställer diagnos och bestämmer vilka åtgärder som behövs. En viktig åtgärd för att minska spridningen är att ta bort och bränna smittat växtmaterial och rengöra och desinfektera verktyg och kläder efter detta. Om man vet att päronpest finns i området bör fruktodlare kontrollera odlingarna efter symptom varje vecka. En långsiktig åtgärd är att använda växtslag som inte är mottagliga för sjukdomen i häckar och andra liknande planteringar och att satsa på mindre mottagliga päronsorter.

Gulbakterios

Gulbakterios på tomat är en sjukdom som orsakas av en patovar av *Clavibacter michiganensis*. Patovaren benämns *Clavibacter michiganensis* pv *michiganensis* och även den är en karantänsskadegörare.

Gulbakterios sprids via smittade fröer, plantor och frukt, men även via kontaktinfektion under arbetet (händer, från växt till växt, redskap - till exempel vid beskärning), recirkulationsvatten och förpackningsmaterial.

Bakterien kan även överleva på torrt växtmaterial. Om man misstänker smitta ska partiet avgränsas och i väntan på provtagningsresultat eller andra instruktioner från Jordbruksverket ska speciella hygienanvisningarna följas.

Det finns också en annan patovar av *Clavibacter michiganensis* som orsakar ljus ringröta hos potatis. Smittan finns i Sverige men bara i begränsad omfattning eftersom spridningen kan begränsas genom hygienåtgärder som exempelvis god rengöring av utrustning som används för upptagning, sortering och packning.

Pelargonbakterios

Pelargonbakterios orsakas av bakterien *Xanthomonas campestris*. Detta är en växtpatogen bakterie som kan infektera många olika växter, exempelvis orsakar den också begoniebakterios (fig. 8-5). Det finns många olika patovarer och den som infekterar pelargon benämns *Xanthomonas campestris* pv. *pelargonii* (fig. 8-6). I vissa fall kan man också se att namnet *Xanthomonas hortorum* pv. *pelargonii* används.



8-5. Bladfläckar på begonia orsakade av *Xanthomonas*. Foto: SLU bildarkiv.



8-6. Pelargon angripen av pelargonbakterios. En vanligt förekommande bakteriesjukdom.
Foto: SLU bildarkiv.

Bakterien infekterar ofta genom klyvöppningar och sår och ett vanligt symptom är bladfläckar. Man kan också se en systemisk infektion med stora mängder av bakterier i kärnen och detta kan orsaka vissning, framför allt på våren när tillväxten kommer igång. Som följsymptom till den systemiska infektionen kan stjalokröta uppstå.

Xanthomonas campestris kan förkomma i symptomfria plantor och sprids lätt med sticklingar. Det stora intresset för pelargon och bytet av sticklingar har bidragit till att bakterien är väldigt spridd. För den kommersiella odlingen är det mycket viktigt att utgå från helt friskt moderplantmaterial och sedan hålla mycket höga krav på hygien i odlingen. Att moderplantorna är frisk bekräftar man genom långvarig observation av moderplantor och deras avkomma eller genom att föröka plantan med meristemtoppkultur.

Rotkräfta

Rotkräfta orsaks av *Agrobacterium tumefaciens*, denna sjukdom kan även kallas för krongallsjukan vilket är en direkt översättning av det engelska namnet för sjukdomen (crown gall disease). Denna bakterie är en generalist och kan infektera alla växter utom monokotyledoner. Sjukdomen har stor betydelse i plantskolor, t.ex. på grundstammar och sjukdomen kan också orsaka stor skada i växthusodling.

Bakterierna överlever väl i jorden och infekterar genom sår av olika slag, t.ex. från maskiner, beskärning, ympning eller angrepp av insekter eller nematoder. De förökar sig på och mellan yttre celler hos den angripna växten. Den transformerar växtcellen och detta leder till onormal celledelning och bildning av en svulst och till produktion av en speciell typ av aminosyror, opiner, som bara kan metaboliseras av bakterierna.

Rotkräfta kan ibland ses ovan jord, som en karaktäristisk svulst på stammen, och det handlar då ofta om transformerade celler som har spridits och inte bakterien. Det finns andra typer av onormal vävnadsbildning på växten som

8-7. Knippebakterios på forsythia.
Foto: Ulf Nilsson.



kan förväxlas med rotkräfta. Ett exempel på detta är knippebakterios som orsakas av bakterien *Rhodococcus fascians*. Den vävnadssvulst som bildas vid knippebakterios är mer differentierad och man kan se tätt sammansittande förkortade och tjocka skott (fig. 8-7).

Blötröta

Blötröta orsakas främst av *Erwinia carotovora* men det är ofta andra bakterier inblandade, speciellt i den senare delen av infektionen när nedbrytningen av växtvävnaden har startat. Nedbrytningen av växtvävnaden beror på en kraftig produktion av enzymer hos bakterierna. Blötröta kan förekomma på ett stort antal olika växter eftersom bakterien är generalist och inte speciellt inriktad på en typ av växtslag. Hög fuktighet och mycket regn kan bidra till att blötröta bryter ut och att använda ett friskt utsäde och hygienåtgärder som att avlägsna gamla växtdelar är viktigt.

Hur kan man identifiera växtpatogener?

I många fall får diagnosen baseras på växtens symptom. De sjuka växterna plockas bort och genom olika hygienåtgärder begränsas spridningen till andra växter. I vissa fall kan det vara av intresse att gå vidare och med säkerhet identifiera vilken bakterie det är som orsakar sjukdomen. För att identifiera bakterier finns det flera olika metoder som används. En av de vanligaste metoderna baseras på att man isolerar DNA från bakterien man vill identifiera och förökar upp en viss del av detta DNA med PCR (Polymerase Chain Reaction). Därefter kan man jämföra detta DNA mot en databas där mycket information finns samlad. En annan metod baseras på bakteriens metabolism och hur de bryter ner och använder olika typer av kemiska föreningar. För många välkända patogener, djurpatogener såväl som växtpatogener, finns det också mycket enkla och snabba identifieringsmetoder som baseras på antikroppsreaktion utvecklade.

LITTERATUR OCH HEMSIDOR I URVAL

Agrios GN. 2005. Plant Pathology. Elsevier.

Förslag på hemsidor med bra material:

Illustrationer av prokaryota och eukaryota celler

- www.cellsalive.com

Växtsjukdomar orsakade av bakterier

- www.atlasplantpathogenicbacteria.it
 - www.sjv.se
 - www.slu.se/sv/fakulteter/nl/om-fakulteten/institutioner/institutionen-for-ekologi/publikationer/vaxtskyddsnotiser/
 - www.slu.se/Vaxtskydd-alnarp
-

9

Växtpatogena svampar

GUY SVEDELIUS



Bland svamparna finns många svåra växtskadegörare som kan medföra många olika sjukdomssymptom på den angripna växten. På bilden syns ett fruktmögelangripet äpple. Foto: SLU bildarkiv.

Svampar är en helt egen livsform som tillsammans med växter, djur och bakterier utgör de organismgrupper som dominerar på jorden. Bland svamparna finns många vanliga och allvarliga växtskadegörare. De lever som parasiter och orsakar sjukdomar på de angripna växterna.

SVAMPARNAS SYSTEMATIK

Svamparnas systematik är snårig och har reviderats flera gånger under senare år. Riket svampar indelas i flera undergrupper (fylum, klass, ordning, familj, släkte och arter). Denna sammanställning utgör ett urval anpassade till trädgårdsväxternas skadegörande svampar och svamplika organismer.

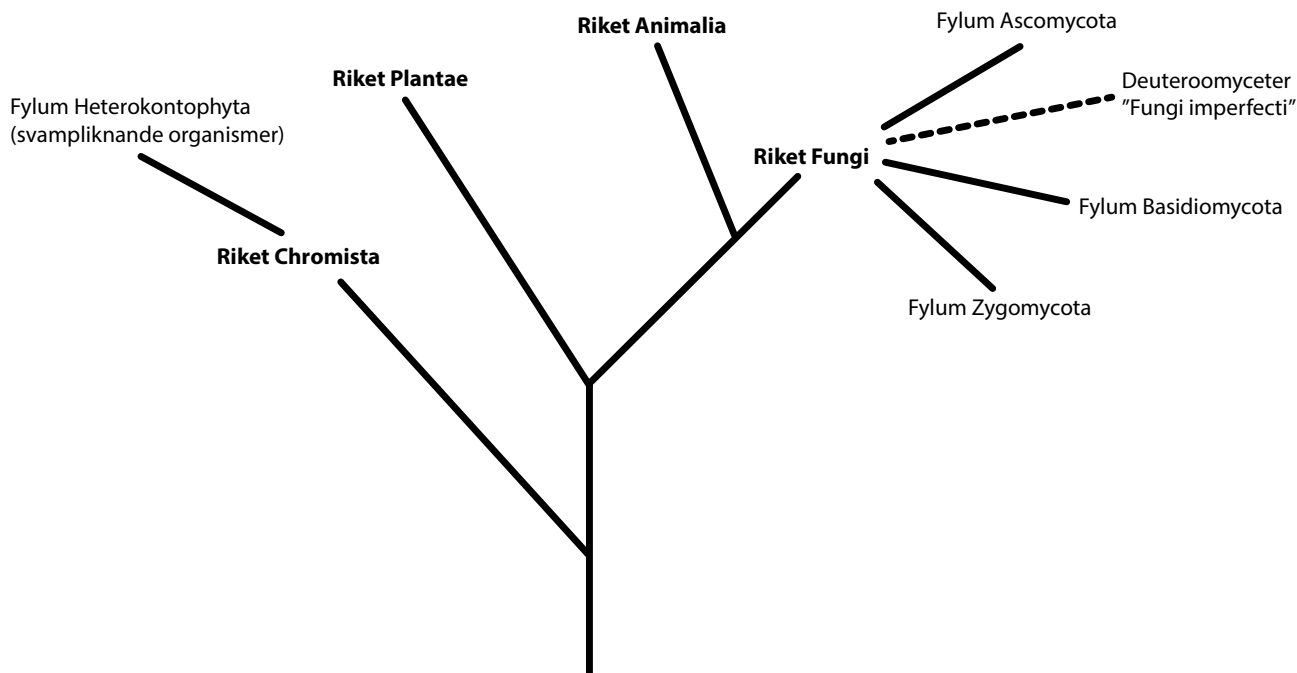
Den största och viktigaste gruppen växtskadegörande svampar är sporsäcksvamparna som tillhör fylum Ascomycota.

Ett annat viktigt fylum är basidiesvampar (basidiomyceter) där bland annat rostsvampar ingår men även många välkända matsvampar såsom kantareller och champinjoner. Växtskadegörare kan även hittas bland Imperfekta svampar (deuteromyceter). Till denna underklass räknas svampar som, när de artbestämdes, inte bildade fruktkroppar eller generativa sporer dvs. de saknade könlig förökning. De flesta deuteromyceter räknas ändå oftast till sporsäcksvamparna.

Till svampskadegörarna räknas av tradition även svamplika organismer från fylum Heterokontophyta (tidigare Oomycota). Men de är inte äkta svampar (riket Fungi) utan tillhör riket Chromista (fig. 9-1). De uppfattades emellertid tidigare som en form av svampar och de sjukdomar de orsakar brukar därför anses vara svampsjukdomar.

VAD ÄR EN SVAMP?

Svampar delar många egenskaper med både djur och växter. Alla svampar är eukaryoter dvs. de har en avgränsad cellkärna där organismens arvs massa finns. Svamparnas cellväggar är precis



9-1. Klassificering av växtpatogena svampar och svampliknande organismer.

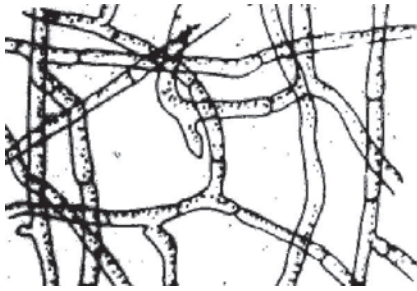
Tabell 1. En jämförelse mellan olika rikena.

	Äkta svampar	Chromista/Oomyceter	Djur	Växter
Växtsätt	Hyfer med apikal tillväxt	Hyfer med apikal tillväxt	Saknar hyfer	Saknar hyfer
Näring	Heterotrof, absorberar födan	Heterotrof, absorberar födan	Heterotrof, intar födan	Autotrofer
Cellernas väggmaterial	Kitin	Cellulosa	Kitin i insektens exoskelett	Cellulosa
Cellkärna, kromosom-upsättning	Haploid (n)	Diploid (2n)	Diploid (2n)	Diploid (2n)
Näringsförråd	Glykogen, fetter och trehaloser	Beta-1,3-glucan	Glykogen, fetter och trehaloser	Stärkelse, fetter

som hos leddjuren uppbyggda av kitin. Svamparna kan vara encelliga som t.ex. jästsvamparna men är oftast hyfbildande. Hyferna är spolformade kroppar som förgrenar sig och som tillsammans bildar ett nätverk som kallas mycelium (fig. 9-2). De är uppdelade i segment genom tvärväggar sk. septa. Mycelet tillväxer från hyfernas spetsar och kan hos vissa svampar bli både mycket gammalt och stort. Hyfernas storlek och form är anpassad till den miljö de utvecklas i och blir med omfångsrika i näringsrik miljö. Mycelet kan bilda klamydosporer (vilsporer) eller en tät hård vävnad, ett sklerotium, med goda överlevnadsegenskaper. Sklerotier kan överleva flera år i jorden.

Vad skiljer de svampliknande organismerna från svamparna?

Dessa organismer liknar svamparna i många avseende. De är heterotrofa organismer och helt beroende av extern näringsupptagning. I likhet med svamparna är de beroende av fuktiga miljöer för att kunna tillgodogöra sig näring från omgivningen. Men deras cellväggar innehåller cellulosa och inte kitin som svamparnas. Hyferna är oftast utan tvärväggar (septa). Se tabell 1 för skillnader mellan rikena.



9-2. Schematisk skiss av hyfer som bildar ett nätverk, ett mycelium. Illustration: Deacon, JW.

Näringsupptag

Svamparna är heterotrofa dvs. de saknar kloroplaster och är därför helt beroende av nedbrytbara organiska födoämnen i sin omgivning. Näringsupptas via hyfernas yttre membran genom diffusion från omgivningen eller genom aktiv membrantransport och är därmed beroende av fuktiga miljöer för sitt näringsupptag. Näringsen består av nedbrytningsprodukter som fettsyror, proteiner och enkla sockerarter som alla kan bildas med hjälp av utsöndrade extracellulära enzymer som frigörs från hyfernas yttre cellmembran. De upptagna näringsämnen kan lagras i hyferna som fetter och glykogen.

Svampar lever av andra organismer och deras restprodukter. Flertalet är saprofyter, dvs. nedbrytare av döda organismer och utsöndrade organiska föreningar. Några räknas till nekrotrofer på grund av sin förmåga att döda levande organismer för att sedan leva på nedbrytningsprodukter. Den mest specialiserade gruppen patogena svampar är de biotrofa, dessa kan leva i levande organismer utan att de angripna vävnaderna dör. Svampar som parasiterar växter orsakar sjukdomar. De patogena svamparnas egenskaper är:

Nekrotrofer

- * dödar vävnaden först och äter sedan
- * kan även leva på annan död vävnad som saprofyt
- * bildar överskott på extracellulära enzymer
- * utvecklar toxiner
- * ofta stor värdkrets, polyfag

Biotrofer

- * lever i nära kontakt med sin värd
- * kan bara leva i vävnader
- * utvecklar ibland haustorier inuti i levande celler
- * har en till värdcellen anpassad produktion av extracellulära enzymer

Saprotrofer

- * kan leva på död vävnad

Svamparnas och de svamplika organismernas spridning

Svamparna förökar sig generativt med sporer eller vegetativt med konidier. Vid generativ förökning sker en omkombination av två olika individers egenskaper och är en följd av sammanväxt mellan hyfer av skilda kön. De tvåkärniga cellerna genomgår kärnsammanställning till en zygot som i sin tur delas till dotterceller med en kärna per cell. Dessa celler omvandlas till könliga sporer.

Basidiesvamparnas generativa sporer kallas basidiesporer och produceras på särskilda morfologiska strukturer, s.k. basidium (fig. 9-3).

Vid vegetativ förökning bär konidien på samma genetiska egenskaper som moderorganismen. Sporer och konidier kan spridas med vinden, vattenstänk, arbetsredskap och djur. Med vinden kan de spridas över miljontals områden.

De svamplika organismernas spridning sker vegetativt med simmande zoosporer som frisläpps från en speciell struktur som kallas zoosporangium (fig. 9-3). Den generativa spridningen sker med oosporer efter sammanväxt av antheridium (hanlig hyf) med oogon (honlig hyf). Oosporer är strukturer som kan överleva under mycket lång tid i marken. De börjar gro först när mottagliga värdväxter åter odlas på det infekterade fältet. Som exempel kan nämnas *Phytophthora cactorum* som orsakar kronröta på jordgubbar och vars oosporer kan klara sig mer än 20 år i jorden.

Infektion av värdväxt

När en växtpatogen svampspor kommer i kontakt med sin värdväxt så börjar den att gro med en sk. groddhyf. Därefter bildas från hyfspetsen en särskild struktur som kallas appressorium, en fästplatta som häftar vid värdväxtens yta. Från appressoriet kan svampen försöka att angripa växtvävnaden med en infektionspigg. Inuti växten bildas en infektionshyf som är anpassad till den inre miljön hos växten. När svampen har etablerat sig i sin värdväxt, och genom näringsupptag utvecklat ett mycelium, kan svampen sprida sig vidare i den infekterade vävnaden genom hyfernas spridning inom växten. Spridning till omgivande mottagliga växter kan ske genom avsnörning av vegetativa sporer, konidier. För mer information om hur patogener infekterar värdväxter, se kapitel 10.

HUR SKILJER MAN DE OLIKA SKADEGÖRARNA ÅT?

I alla odlingssammanhang bör man vara medveten om förekomsten och betydelsen av växtskadegörande mikroorganismer. Det krävs ofta ett mikroskop för att säkert bestämma vilken svampsjukdom som angripit en växt. Med rätt förstoring kan olika morfologiska strukturer urskiljas som t.ex. sporer och sporbärare, konidier och kondiebärande strukturer. Även mycelets utformning kan ge betydelsefull information. Med hjälp av speciella nycklar i artbestämningslitteratur kan svampsjukdomen i många fall bestämmas.

Det blir även allt vanligare att svampsjukdomar artbestäms med molekylära metoder såsom PCR-analyser. De möjliggör även att latent liggande infektioner kan upptäckas (se kapitel 8 för mer info om PCR).

De växtskadegörande svamparna och svamplika organismerna kan indelas efter olika skadetyper dvs. efter vilka växtvävnader som påverkas och hur de utvecklar symptom på växten (tab. 2). Många skadegörare samverkar med andra och/eller med fysiogena skador och ger då många olika skadesymptom beroende på miljö där växterna lever, växternas motståndskraft samt skadegörarens aggressivitet och spridningsförmåga.

Tabell 2. Olika växtsjukdomar/skador och exempel på svampar som orsakar dessa.

Sjukdom/skada	Exempel på svamp/släkte
Fröförökningsjukdomar (groddbrand)	<i>Rhizoctonia</i> , <i>Pythium</i>
Rotskador	<i>Pythium</i> , <i>Phytophthora</i>
Rothalsskador	<i>Pythium</i>
Vissnesymptom	<i>Fusarium</i>
Stjälk- och stamrötter	<i>Sclerotinia</i>
Skottrötter	<i>Phytophthora</i>
Blad, blom,- och fruktrötter	<i>Gloesporium</i> , <i>Mucor</i>
Bladfläckar	<i>Diplocarpon rosae</i> (svartfläcksjuka på rosor)
Rostsjukdomar	<i>Gymnosporangium fuscum</i> (päronrost)
Mjöldaggssjukdomar	<i>Sphaerotheca rosae</i> (rosmjöldagg)
Bladmögelsjukdomar	<i>Bremia lactucae</i> (sallatsbladmögel)
Missbildningar	<i>Plasmodiophora brassicae</i> (klumprotsjukdomar på kålväxter) <i>Taphrina pruni</i> (pungsjuka på plommon)

Bildrättigheter saknas för webbpublicering

9-3. Representativa sporer och fruktkroppar från svamplika organismer (oomyceter) och äkta svampar. Illustration: Modifierad från Agrios (2005) Plant pathology. Med tillstånd från Elsevier.

Tabell 3. Systematisk indelning av viktiga växtskadegörare som presenteras vidare i texten

Rike	Fylum	Klass	Underklass	Ordning	Familj	Exempel på släkte	
Fungi	Ascomycota (sporsäcksvampar)	Archiascomycetes		Taphrinales	Taphrinaceae	<i>Taphrina</i>	
		Saccharomycetes (jästsvampar)					
		Filamentous ascomycetes (hyfbildande svampar)	Pyrenomycetes	Erysiphales	Erysiphaceae (mjöldaggs-svampar)	<i>Erysiphe</i> , <i>Sphaerotheca</i> , <i>Phyllactinia</i> , <i>Microsphaera</i> , <i>Podosphaera</i> , <i>Unicula</i>	
		Sordariomycetes		Hypocreales	Hypocreaceae	<i>Hypocrea</i> (<i>Trichoderma</i>)	
					Nectriaceae	<i>Nectria</i>	
					Clavicepitaceae	<i>Claviceps</i>	
				Phyllachorales	Glomerellaceae	<i>Glomerella</i>	
				Ophiostomatales	Ophiostomataceae	<i>Ophiostoma</i>	
			Dothideomycetes	Capnodiales	Mycosphaerellaceae	<i>Mycosphaerella</i>	
				Pleosporales	Incertae sedis	<i>Didymella</i>	
				Leptosphaeriaceae	<i>Leptosphaeria</i>		
				Venturiaceae	<i>Venturia</i>		
		Leotiomycetes		Heliales	Sclerotiniaceae	<i>Monilia</i> <i>Sclerotina</i>	
					Dermateaceae	<i>Diplocarpon</i>	
			Deuteromycetes (Fungi imperfecti)	Hyphales		<i>Oidium</i> , <i>Monilia</i> , <i>Alternaria</i> , <i>Botrytis</i> , <i>Penicillium</i> , <i>Fusarium</i>	
				Melanconiales		<i>Colletotrichum</i> , <i>Gloesporium</i> , <i>Cylindrocarpon</i>	
				Sphaeropsidales		<i>Ascochyta</i> , <i>Diplodia</i> , <i>Septoria</i> , <i>Ascochyta</i>	
		Basidiomycota (basidiesvampar)			Ustilaginales	Ustilaginaceae	<i>Ustilago</i>
						Tilletiaceae	<i>Urocytis</i>
					Uredinales (rostsvampar)	Pucciniaceae	<i>Puccinia</i>
							<i>Gymnosporangium</i>
					Melampsora-ceae	<i>Melampsora</i> , <i>Cronatium</i>	
				Apyllophorales	Meruliaceae	<i>Chondrostereum</i> , <i>Heterobasidion</i>	
				Ceratobasidiales		<i>Thanatephorus</i> (<i>Rhizoctonia</i>)	
			Agricales		<i>Armillaria</i>		
	Zygomycota (brödmögel-svampar)	Zygomycetes		Mucorales	Mucoraceae	<i>Rhizopus</i>	

Tabell 3. Forts.

Rike	Fylum	Klass	Underklass	Ordning	Familj	Exempel på släkte
Chromista	Heterokontophyta (svamplika organismer)	Oomycetes		Saprolegniales	Leptolegniaceae	<i>Aphanomyces</i>
				Peronosporales	Pythiaceae	<i>Pythium</i>
					Peronosporaceae	<i>Phytophthora</i>
						<i>Plasmopara</i>
						<i>Peronospora</i>
<i>Bremia</i>						
<i>Pseudo-peronospora</i>						
Protoza	Plasmodiophoromycota			Plasmodiophorales	Albuginaceae	<i>Albugo</i>
					<i>Plasmodiophora</i>	
						<i>Spongospora</i>

Här presenteras flera viktiga svampskadegörare som gör skada på trädgårdsväxter

Riket Fungi

Fylum Ascomycota (sporsäcksvampar, ascomyceter)

Detta fylum kännetecknas av förmågan att bilda fruktkroppar som innehåller sporsäckar (sk. asci), vanligen med 8 ascosporer per säck. Fruktkropparna kallas ascocarp och består av tätt sammanväxta hyfer. Den vanligaste formen av fruktkroppen är bägarform, ett sk. apothecium. Andra exempel är urnform (perithecium) och runda slutna fruktkroppar (kleistothecium). De sistnämnda spricker upp när sporsäckarna är redo för spridning. Det finns även sporsäcksvampar som bildar nakna sporsäckar utan någon speciell fruktkropp (fig. 9-3).

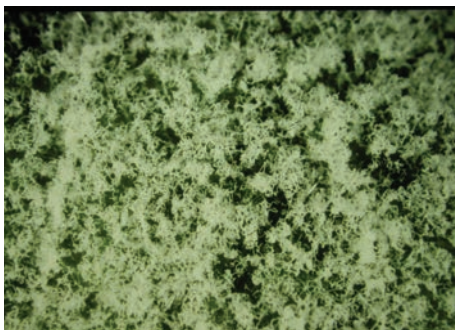
Ascomyceter är svampar med haploid kärnuppsättning i vegetativ fas. Den generativa livsfasen inleds med att vegetativa hyfer av olika genetiskt ursprung sammanväxer för att bilda en dikaryotisk (tvåkärnig) cell. Efter kärnsammansmältning skapas en zygot som delar sig två gånger via mitos (vanlig celldelning) och meios (reduktionsdelning). Slutprodukten blir åtta dotterkärnor som utvecklas till ascosporer i en säck (ascus).

Klass Archiascomycetes

Arter som tillhör denna klass saknar ofta förmåga att bilda hyfer. Sporer, ofta fler än 8, bildas i nakna säckar utan omgivande fruktkropp, inbäddade i värdväxtens epidermis.



9-4. Sjukdomar orsakade av *Taphrina*. A) *T. pruni*, pungsjuka på plommon. B) *T. ceraci*, häxkvast på körsbär. Foto: SLU bildarkiv.



9-5. Mjöldaggsbeläggning på gurkblad. Foto: Guy Svedelius.



9-6. *Erysiphe* sp. med spräckt fruktkropp (kleistothecium) och sporsäck (ascus) med 8 ascosporer. Foto: Guy Svedelius.



9-7. Rosmjöldagg. Foto: Guy Svedelius.

Ordning Taphrinales

Familj Taphrinaceae

Svampar som hör till släktet *Taphrina* skapar deformationer i växtvävnader, som bl.a. uppsvällda blad och frukter (fig. 9-4A). Slånbusken som angripits av *T. pruni*, visar tidigt på försommaren missbildade frukter och blad. Angripna frukter sväller upp kraftigt i förhållande till friska samt saknar sten. På hösten svartnar de angripna frukterna och bildar hoptorkade mumier. Svampen lever i frukternas epidermis. Körsbärsträd som angrips av *T. ceraci*, utvecklar ett tätt knippe av korta skott (fig. 9-4B).

Klass Saccharomycetes (jästsvampar)

Jästsvampar är sällan patogena men lever ofta ytligt på växternas exudat. Jästsvampen är ett exempel på encelliga svampar som förökar sig med avknoppade dotterceller.

Klass Hyfbildande svampar, Filamentous ascomycetes.

Underklass Pyrenomycetes, bildar fruktkroppar som antingen är klotformade (kleistothecier) eller urnformade (perithecier) inbäddade i stroma med många säckar i varje fruktkropp och med 8 ascosporer per säck.

Ordning Erysiphales

Familj Erysiphaceae, mjöldaggssvampar

Mjöldaggssvampar växer ofta ytligt på gröna växtdelar och bildar då en mjölig beläggning (fig. 9-5). Mjöldaggssvamparna räknas till de biotrofa svamparna och lever endast på och i levande vävnader. Svampen bildar vegetativa konidier från fristående sporbärare (oidier). Dessa konidier massproduceras och utgör den mjöliga beläggningen på växterna. I ett senare skede bildas könliga sporer, ascosporer, i runda slutna fruktkroppar, kleistothecier, med en eller flera säckar per fruktkropp och med vardera 8 ascosporer per säck (ascus) (fig. 9-6). De är omgivna av speciella hyfer, appendix= bihang med olika utseende, som kan användas till att artbestämma svampen.

Mjöldaggssvampar lever ofta ytligt på gröna växtvävnader där svampen

Tabell 4. Kännetecken för olika mjöldaggssläkten.

Släkte	Fruktkropp	Exempel på art	Värdväxt
<i>Erysiphe</i>	Fruktkroppar med endast en säck och oförgerande bihang	<i>Erysiphe cichoracearum</i>	Olika frilandsväxter
<i>Sphaerotheca</i>	Fruktkroppar med flera säckar och oförgrenade bihang	<i>Sphaerotheca pannosa</i> (rosenmjöldagg) (fig. 9-7)	Rosor
<i>Phyllactinia</i>	Fruktkroppar med flera säckar och basalt uppsvällda bihang	<i>Phyllactinia fraxini</i> (askmjöldagg)	Ask, hassel och alm
<i>Microsphaera</i>	Fruktkroppar med flera säckar och förgrenade bihang	<i>Microsphaera alphitoides</i> (ekmjöldagg)	Ek
<i>Podosphaera</i>	Fruktkroppar med en säck och förgrenade bihang	<i>Podosphaera leucothrica</i> (äpplemjöldagg)	Äpple
<i>Uncinula</i>	Fruktkroppar med flera säckar och bihang med krokformade ändar	<i>Uncinula bicornis</i> (lönnmjöldagg)	Lönn

tar näring från cellerna med speciella infektionshyfer, haustorier. Dessa infektionshyfer kan växa in i levande celler utan att cellerna dör. När näringsupptaget och mycelietillväxten fått en viss omfattning, utvecklas upprättstående konidiebärare med en kedja av konidier.

De olika mjöldaggssläktena är: *Erysiphe*, *Sphaerotheca*, *Phyllactinia*, *Microsphaera*, *Podosphaera* och *Uncinula* (tab. 4).

Klass Sordariomycetes

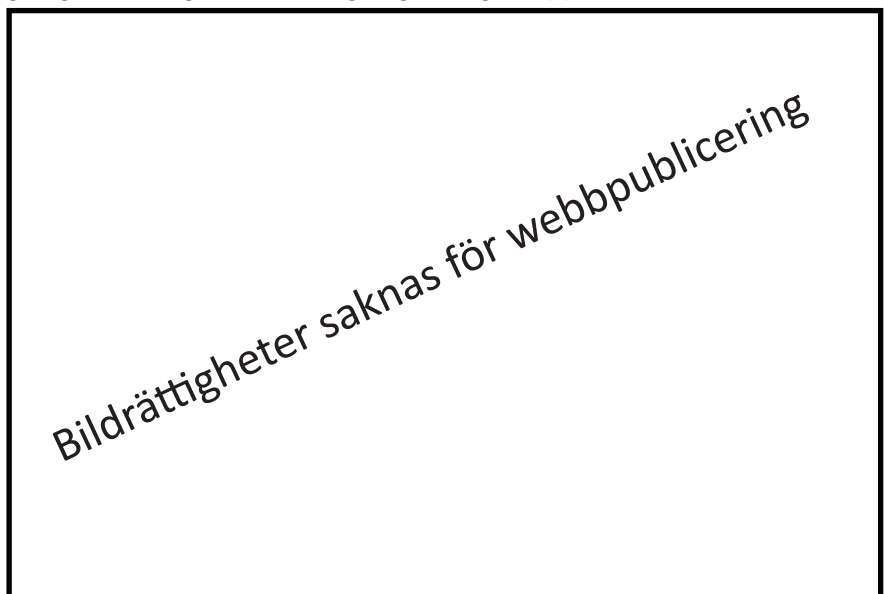
Familj Hypocreaceae

Ordning Hypocreales

Släktet *Hypocrea* (*Trichoderma*) inkluderar flera viktiga antagonister till patogena svampar. För champinjonodlare kan dock *Trichoderma* vara skadegörare.

Familj Nectriaceae

Släktena *Neonectria*/*Nectria* kan vara svåra skadegörare på träd. *Neonectria galligena* (tidigare *Nectria galligena*) ger upphov till fruktträdskräfta



9-8. Livscykel för *Neonectria galligena*.
Illustration: Modifierad från Agrios (2005) *Plant pathology*. Med tillstånd från Elsevier.



9-9. Äppelträd med fruktträdskräfta. Foto: Guy Svedelius.



9-10. Rödvärtsjuka på en död gren. Foto: SLU bildarkiv.



9-11. Gloesporiumröta på äpplen. Foto: SLU bildarkiv.



9-12. Död almskog orsakad av *Ophiostoma nova-ulmi*. Foto: SLU bildarkiv.

på fruktträd men angriper även olika lövträd (fig. 9-9). Fruktträdskräfta angriper vedartade växter vid bladfall och i sårvävnader. Svampen sprids i ledningsvävnader och ger vedrötter och djupa svåråtkäta sår samt gördlar grenar och stammar och orsakar därmed döda grenar och träd. Svampens tvåcelliga ascosporer sprids med vinden från mörkröda fruktkroppar (perithecier) som bildats i sprickor i barken vid kräftsår. Smitta sker också med flercelliga konidier som bildats i sporodochier (fig. 9-8).

Nectria cinnabarina orsakar rödvärtsjuka som kan drabba flera olika prydnadsträd t.ex. hästkastanj och lind. *N. cinnabarina*, är både en saprofyt på dött växtmaterial och parasit på försvagade vedartade växter (fig. 9-10). Fruktkropparna, perithecierna är kraftigt orangefärgade.

Familj Clavicipitaceae

Släktet *Claviceps*

C. purpurea, mjöldryga, angriper bl.a. vete, råg och korn. Den ger upphov till uppsvällda frön fyllda med svampens mycel s.k. mjöldrygor. Dessa är sklerotier har mycket god överlevnadsförmåga. Sklerotierna innehåller även giftiga substanser (alkaloider) som kan framkalla svår förgiftning hos människor och djur.

Ordning Glomerellales

Familj Glomerellaceae

Släktet *Glomerella*

Glomerella cingulata ger upphov till gloesporiumröta som även kallas bitterröta. Svampens sporer angriper äpplen redan i tidigt kartstadium utan synliga symptom. Först när mognadsprocessen närmar sig skördestadiet kan små fläckar uppträda. Svampen orsakar senare djupa rötter under lagringsprocessen (fig. 9-11). Rötterna ger frukterna en bitter smak. I rötterna bildas mörka fruktkroppar med ascosporer. På trädgrenar bildas ytliga grensår med svampens acervuli som producerar konidier, se figur 9-3.

Ordning Ophiostomatales

Familj Ophiostomataceae

Släktet *Ophiostoma* (almsjuka)

Svampsjukdomen almsjuka är beroende av samspel mellan svampen *Ophiostoma nova-ulmi* och dess vektor almsplintborren, *Scolytus* spp. Svampens sporer, som är klibbiga, fastnar på almsplintborrens kropp som för in den i trädens ledningsvävnad i samband med sina näringsgnag. Spridning kan ske via rötter mellan träden genom rotexudat. Svampens toxin sprids systemiskt i träden, vilket leder till vissnade blad och grenar (fig. 9-12). Almsjukan räknas till vissnesjukdomarna.

Klass Dothideomycetes

Ordning Capnodiales

Dessa sporsäcksvampar bildar vävnader med ihålligheter som är fyllda med



9-13. Frukttröta på gurka förorsakad av *Didymella bryoniae*, svartpricktröta. Foto: Guy Svedelius.

sporsäckar, s.k. pseudothecier. De bildar konidier i en särskild struktur som kallas pyknidier (fig. 9-3).

Familj Mycosphaerellaceae

Släktet *Mycosphaerella*

Arter inom detta släkte förorsakar olika bladfläcksjukdomar, exempelvis bladfallsjuka på rhododendron.

Underklass Pleosporomycetidae

Ordning Pleosporales

Familj Incertae sedis

Släktet *Didymella*

Arter inom släktet ger upphov till rötter på gurka, tomat och hallon t.ex. *D. bryoniae*, svartpricktröta på gurka, *D. lycoperscisi*, tomatkräfta och *D. applanata*, hallonskottsjuka.

Svampen *D. bryoniae* utvecklar parallellt ascosporer från fruktkroppar och konidier från pyknidier. Ascosporererna är vindburna och angriper bl.a. blommorna medan konidier huvudsakligen sprids med vattenstänk och i första hand angriper blad och stjälkar. Blominfektioner leder till infekterade fruktämnen och frukttrötor, som ibland är latenta och utvecklas i konsumentledet (fig. 9-13). Svampangrepp leder till kvalitetsnedsättning och lägre produktion.

Familj Leptosphaeriaceae

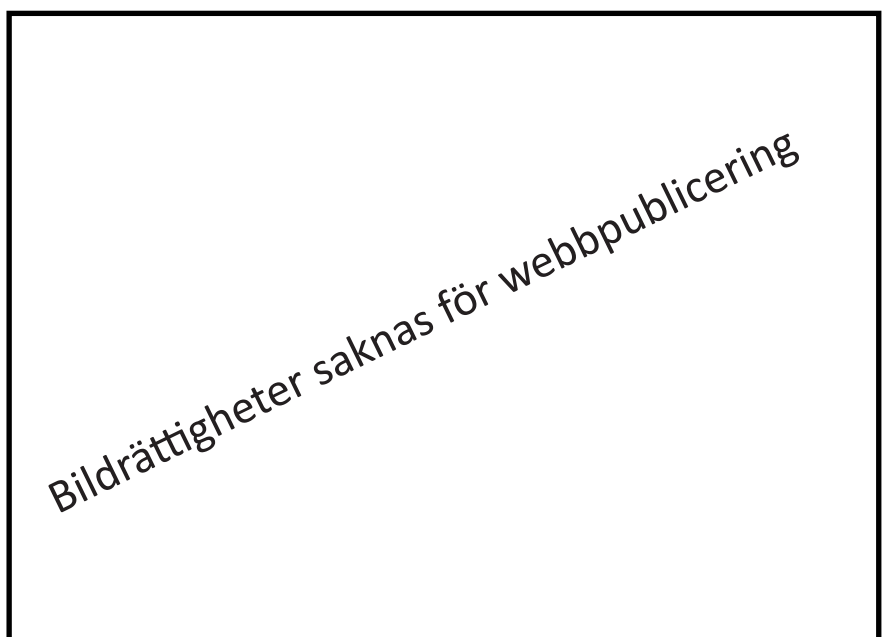
Släktet *Leptosphaeria*

L. coniothyrium orsakar basala stjälskrötor på bl.a. hallon. Svampen sprids med både flercelliga konidier från pyknidier och tvåcelliga ascosporer från svampens fruktkroppar, pseudothecier. Angreppen får ett aggressivare



9-14. Äppleskorv orsakad av *Venturia inaequalis*. Foto: SLU bildarkiv.

9-15. Livscykel för äppleskorv.
Illustration: Modifierad från Agrios (2005) *Plant pathology*. Med tillstånd från Elsevier.





9-16. Fruktmögél övervintrar i mumifierad frukt. Foto: SLU bildarkiv.



9-17. Bomullsmögél utvecklar stjälskröta på gurka. Foto: Guy Svedelius.



9-18. *Diplocarpon rosae* svartfläcksjuka på rosor. Foto: Guy Svedelius.

förlopp om hallonbusken samtidigt angrips av hallonbarkgallmyggan, *Resseliella theobaldi*.

Familj Venturiaceae

Släktet *Venturia*

V. inaequalis orsakar skorv på äpple (fig. 9-14). Andra arter angriper bl.a. körsbär, päron, poppel, pil och asp. *V. inaequalis* övervintrar i nedfallna blad. Under vår och försommar frigörs askosporer i samband med dagg och lätt regn från fruktkropparnas sporsäckar ända fram till midsommar. Sporererna kan föras lång väg med vindarna. Sommartid sprids svampen inom träden med konidier. Blad och frukter angrips och utvecklar fläckar och deformationer, kart- och bladfall. I de nedfallna bladen utvecklas svampens generativa fas och under vintern utvecklas nya fruktkroppar i de döda bladen.

Klass *Leotiomycetes*

Denna klass omfattar svampar som bildar bägarformade behållare (apothecium) med sporsäckar (fig. 9-3).

Ordning Helotiales

Familj Sclerotiniaceae

Släktet *Monilinia*

M. fructigena orsakar fruktmögél på bl.a. äpplen, päron eller plommon (fig. 9-16). Bruna rötter uppstår genom sårinfektioner. Såren orsakas ofta av insekter (getingar, äpple-, och plommonvecklare) och dessa vektorer för med sig svampens konidier från infekterade frukter eller övervintrade fruktmumier. Infektioner orsakas också av luftburna ascosporer från nedfallen sklerotierad frukt.

Släktet *Sclerotinia*

S. sclerotiorum, bomullsmögél angriper örtartade växter och ger bl.a. upphov till stjälskrötter och fruktrötter. *S. sclerotiorum* bildar ett ymnigt vitt mycelium som omger stjäls- eller fruktrötterna (fig. 9-17). Samtidigt utvecklar svampen stora sklerotier inuti de angripna vävnaderna; exempelvis hos böna, gurka, sallat eller tomat. Från sklerotierna bildas fruktkroppar, apothecier, och från dem sprids ascosporer. Svampen saknar vegetativ sporspridning.

Familj Dermateaceae

Släktet *Diplocarpon*

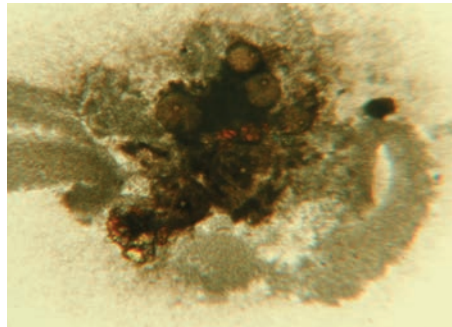
D. rosae ger upphov till svartfläcksjuka på rosor (fig. 9-18). Konidier sprids på våren från övervintrande mycel på angripna grenar som bildat acervuli. Sjukdomen kan också spridas med ascosporer från nedfallna övervintrade blad, på vilka fruktkroppar, apothecier, bildats. I samband med att bladfläckar bildas, gulnar bladen och faller av. Mottagliga buskar kan bli helt avlödade och få starkt nedsatt blomningsförmåga.



9-19. Gråmögelangrepp på tomatstam. Foto: Rasbak, Wikimedia commons.



9-20. *Fusarium*vissnesjuka på tulpan. Foto: Guy Svedelius.



9-21. Konidiespridning från pyknidium. Foto: Guy Svedelius.

Gruppen Deuteromycetes (Fungi imperfecti)

Som tidigare nämnts så saknar svamparna som indelats i den här gruppen sexuell förökning. Deuteromyceterna indelas efter morfologiska karaktärer av deras vegetativa stadie såsom konidieformer, konidiebehållarnas utseende etc. (fig. 9-3).

Ordning Hyphales

Konidier i denna ordning bildas från fristående konidiebärare (fig. 9-3). Släkten som representerar vanliga växtskadegörare: *Oidium*, *Monilia*, *Alternaria*, *Botrytis*, *Penicillium* och *Fusarium*.

Oidium, kallas det släkte som innefattar mjöldaggsarter men som saknar fruktkropps bildning. Konidiebärarna är oförgrenade upprättstående och de encelliga konidierna sitter i kedjor.

Monilia är det vegetativa släktnamnet för *Monilinia*.

Alternaria är ett svampsläkte som saknar sporsäcksporer. Många arter är patogena på kulturväxter, t.ex. kål och morot. Konidierna är flercelliga och sitter på förgrenade konidiebärare.

Botrytis, är ett svampsläkte med både mono- och polyfaga patogena arter. Oftast saknas det generativa stadiet, *Botryotinia*. Den vanligt förekommande arten *Botrytis cinerea*, gråmögel angriper många kulturväxter och orsakar rötter eller fläckar på alla ovanjordiska växtdelar (fig. 9-19). Svampen sprids med konidier från förgrenade konidiebärare. Svampen övervintrar som saprofytt i dött växtmaterial, dels som mycel och dels som sklerotier.

Penicillium sprids med konidier från penselformade förgrenade konidiebärare. Svampen angriper bl.a. frukter och lökar och utvecklar rötter.

Fusarium sprids med mikro- och makrokonidier samt med klamydosporer (fig. 9-20). Svampen angriper rötter och ger upphov till vissnesjuka. Ledningsvävnad i vedartade växter blir ofta rödaktigt missfärgad. Klamydosporer överlever länge i marken.

Ordning Melanconiales.

Konidier bildas från konidiebärare i acervuli, som är en sporgömma dold av kutikula (fig. 9-3).

Representativa släkten är *Colletotrichum*, *Gloeosporium* och *Cylindrocarpon*. *Colletotrichum* förorsakar bladfläckar på många prydnadsväxter och böna. *Gloeosporium* se *Glomerella* ger bl.a. fruktrötter på äpple. *Cylindrocarpon*, är det vegetativa stadiet av svampsläktet *Nectria*.

Ordning Sphaeropsidales.

Konidier bildas i slutna behållare, pyknidium (fig. 9-3 och 9-21).

Släkten som representerar vanliga växtskadegörare är *Ascochyta*, *Diplodia* och *Septoria*.

Ascochyta är det vegetativa stadiet av *Didymella*.

Basidiomyceternas sexuella förökning

Den generativa livsfasen inleds med att vegetativa hyfer av olika genetiskt ursprung sammanväxer för att bilda dikaryotiska celler i ett tvåkärnsmycelium. För att upprätthålla de genetiska åtskilda kärnorna vid varje celledelning utvecklas en sölja, en kanal som transporterar den ena dotterkärnan till dottercellen. När tvåkärnsmyceliet bildar generativa sporer, sker först en kärnsammansmältning, (karyogami) följt av en meios. De fyra dotterkärnorna utvecklas till haploida basidiosporer.



9-22. Majssot. Foto: SLU bildarkiv.



9-23. Vintergäcksot. A) Angripen vintergäck. B) Vintergäcksotsporer med biceller. Foto: Guy Svedelius.

Diplodia, svampar som tillhör detta släkte kan orsaka toppskottsrota och stamrota på barrträd.

Septoria är det vegetativa stadiet av *Mycosphaerella*. Svampen orsakar bl.a. bladfläckar på rhododendron.

Fylum Basidiomycota (basidiesvampar, basidiomyceter)

Detta fylum har en annorlunda fruktkroppsutveckling med en speciell generativ hyfbildning som möjliggör tvåkärnsmycelium med två genetiskt åtskilda cellkärnor.

Basidiomyceter är svampar med haploid kärnuppsättning i vegetativ fas. Många av de basidiebildande svamparna är vid sidan om sporsäcksvamparna viktiga växtskadegörare men innefattar också matsvampar som kantareller och champinjoner.

Ordning Ustilaginales

Denna ordning innefattar sotsvamparna. Huvudsakligen två sportyper förekommer, de övervintrande teliosporerna (sotsporer) och de generativa basidiesporerna. Sotsporer är tjockväggiga och mycket långlivade och påminner om klamydosporer.

Familj Ustilaginaceae

Sotsporer bildas från vegetativa hyfer och avskiljs enskilt. De bildar ett fyrdelat basidium (epibasidie).

Släktet *Ustilago*. Sotsporerna bildar nakna sporbehållare.

U. maydis, majssot orsakar deformerade kolvar och blad (fig. 9-22). Sotsporer som övervintrat bildar ett basidium med fyra basidiesporer per sotspor. Basidiesporer är vindburna och gror på blad och blommor för att bilda haploida hyfer. Hyfer av skilda kön sammanväxer och bildar tvåkärnsmycel, (dikaryotiskt mycelium). Från detta mycelium avsnörs enskilda sotsporer i en naken säck (svulst). Från svulsterna frigörs sedan mogna sotsporer (teliosporer) som faller till marken och övervintrar.

Familj Tilletiaceae

Sotsporer gror med osepterade hyfer. Det bildas 4-16 basidiesporer per sotspor.

Släktet *Urocystis* har sotsporer som är omgivna av sterila biceller.

U. eranthidis, vintergäcksot, på blad, bladskaft och stjälkar bildas grå-svarta rundade eller avlånga svulster fyllda med sotsporer (fig. 9-23). Dessa svulster mognar och sprider sina sotsporer först efter blomning och nedvisning av växten. I marken kan sotsporer överleva i många år.

Ordning Uredinales (rostsvampar)

Rostsvampar bildar upp till fem olika sporformer: basidiesporer, spermatier (pykniesporer), skålstrosporor (aecidiesporer), uredosporer (sommarsporer) och teliosporer (vintersporer).

Familj Pucciniaceae

Teliosporerna oftast skaftade. De kan vara en-, två-, eller flerrummiga.

Släktet *Puccinia*

Släktet har oftast samtliga 5 stadier samt värdväxlar, men här finns även arter som endast bildar telio- och basidiesporer utan värdväxling.

Svartrosten, *P. graminis tritici*, är beroende av två värdväxter, vete och berberis för sin spridning och överlevnad (fig. 9-24). Övervintrande teliosporer bildar basidiesporer på våren som sprids med vinden till berberisbuskens nybildade blad. Basidiesporerna gror på bladovansidan och bildar haploida hyfer som utvecklas till spermogon. Spermogonen

Bildrättigheter saknas för webbpublicering

9-24. Svartrostens livscykel.

Illustration: Modifierad från Agrios (2005) *Plant pathology*. Med tillstånd från Elsevier.

9-25. Rosrost på rosblad. Foto: Guy Svedelius.



bildar haploida spermatier och infångningshyfer. Spermatier av olika gentyp infångas på infångningshyfer där cellkärna invandrar och ger upphov till dikaryotiska hyfer. Dessa växer ner i berberisbladen och bildar senare skålrost, aecium, med dikaryotiska aecidiesporer (skålrostsporor). Dessa sporer infekterar i sin tur veteblad på sommaren, som får en gul rostbeläggning, uredosporlager. Uredosporerna, även de dikaryotiska, infektera andra veteblad och rostspridning eskalerar. På sensommaren, hösten ombildas urediernas sporbildning till produktion av teliosporer. Dessa sporer stannar kvar i sporbekållarna och övervintra där.



9-26. Gelerost på sävenbom. Foto: SLU bildarkiv.

P. malvacearum, stockrosrosten, angriper även malvaväxter. Svampen sprids med basidiesporer från sporkuddar med teliosporlager på bladundersidan. Svampen övervintrar som mycelium i växternas vintervävnader och sporkuddar anläggs tidigt på våren. Sporspridningen pågår under hela odlingsperioden,

Släktet *Phragmidium*

P. spp. kan ge upphov till rosrost på känsliga buskrosor (fig. 9-25). Unga blad och skott utvecklar orangeröda kuddar med skålrost, senare under sommaren uppträder en gul sporbeläggning på bladundersidan, uredosporer, sensommaren och hösten utvecklas de svarta teliosporlagren. Dessa övervintrar på nedfallna blad.

Släktet *Gymnosporangium*

G. fuscum, päronrost är beroende av två växslag, kinesiska enar, sävenbom och päron för sin överlevnad och spridning. På sävenbom utvecklas gelerost, svampens teliosporstadiet, på våren (fig. 9-26). Dessa expanderar kraftigt vid fuktig väderlek. Från fruktkropparna sprids basidiesporer som inom en radie på 400 meter kan angripa unga päronblad. På dessa blads ovansida utbildas först spermogon. De först gula fläckarna växer till med röd vävnad (fig. 9-27). Bladen blir delvis deformerade och kraftiga angrepp ger nedsatt eller utebliven fruktsättning. På bladundersidan utbildas svampens skålroststadium. Dess sporer angriper enarnas barr under hösten. Svampens hyfer sprids till ledningsvävnaden i enarnas grenar som kan få uppsvällda



9-27. Bladfläckar orsakade av päronrost. Foto: SLU bildarkiv.



9-28. Filtrost på svarta vinbär. Foto: SLU bildarkiv.



9-29. Silverglans på surkörsbär. Angripna blad till vänster är förkrympta med en silvrig glans. Foto: Guy Svedelius.

partier. Dessa deformationer blir perenna och från dem utvecklas nya gelerostkroppar följande år. *G. clavariiformae*, hagtorsrosten värdväxlar mellan vanlig en och hagtorn.

Familj Melampsoraceae

Teliosporerna är oskaftade, enstaka eller sammanhängande i kedjor. Skålrroststadiet (blåsröst) oftast på barrträd.

Släktet *Melampsora*

M. spp., poppelrost ger på poppelbladens undersida en brandgula beläggning av rostschampens uredosporlager (sommarsporlager). Poppelrost värdväxlar med lärk.

Släktet *Cronartium*

C. ribicola, filtrost på svarta vinbär sprids och överlever genom värdväxling mellan svarta vinbär och fembarriga tallar. På våren sprids skålrrostsporer från blåsröst på tallarnas uppsvällda grenar. Sporererna infekterar de unga bladen hos svarta vinbär. På bladundersidorna bildas gul- eller orangefärgad, senare mörkbrun, filtaktig beläggning, (uredo- och teliosporlager) (fig. 9-28).

Ordningen Polyporales, fruktkroppar bildar bl.a. tickor och skinn på vedartade värdväxter

Familj Meruliaceae, många saprofyter och trädparasiterande arter ingår

Släktet *Chondrostereum*

C. purpurea, silverglans, sprids med basidsporer från tunna fruktkroppar, skinn. Dessa utvecklas ofta när träden dött. Sporererna angriper träden via sår och sprids i ledningssystemet. Detta leder till grendöd. Svampens toxinbildning sprids systemiskt i träden som utvecklar förkrympta blad med silver/ bly- glans (fig. 9-29). Prunus-arter som surkörsbär och plommon är speciellt mottagliga.

Släktet Heterobasidion

H. annosum, rotticka angriper barrträd (gran och tall) och orsakar vedröta.



9-30. Prunus angripet av honungsskivling. Foto: Guy Svedelius.



9-31. *Mucor* utvecklar fruktröta på jordgubbar.
Foto: Guy Svedelius.

Ordning Ceratobasidiales, basidium utan mellanväggar.

Släktet *Thanatephorus* (*Rhizoctonia*)

T. cucumeris = *R. solani*, orsakar olika skador som groddbränna och lackskorv på potatis och filtsjuka på sallat. Svampen är polyfag skadegörare som orsakar groddbrand i sådda fröer, angriper rötter och knölar

Ordning Agaricales bildar hattsvampar med porer eller lameller.

Släktet *Armillaria*

A. mellea, honungsskivling sprids både med basidiesporer från hattsvampens lameller eller med grova hyfknippen (rhizomorfer). Svampen är polyfag och orsakar rotangrepp och vedröta på barr- och lövträd (fig. 9-30).

Fylum Zygomycota (brödmögelsvamparna)

Klass Zygomycetes, svampar som tillhör de först utvecklade formerna av riket fungi. Har osepterade hyfer, stoloner och näringsupptagande hyfer rhizoider.

Ordning Mucorales, asexuella sporer, konidier bildade i sporangium.

Familj Mucoraceae, tunnväggiga sporangier med många konidier. Sprangiebärare ogrenade.

Släktet *Rhizopus*

Rhizopus arter orsakar bl.a. groddbrand och fruktröta.

R. spp. kan döda groddplantor, orsaka groddbrand och ge rötter i lagrade frukter och i bär. Svampen sprids med luftburna konidier. Svampen kan överleva som mycelium eller i det generativa stadiet som zygosporer.

Släktet *Mucor*

Arter av släktet *Mucor* förosakar bl.a. fruktröta på jordgubbar (fig. 9-31).



9-32. *Aphanomyces euteiches* utvecklar rotröta på ärt. Vid kraftiga och långt gågna angrepp blir rötterna mörkfärgade och de fina sidorötterna försvinner (jmf ärtplanta med 25 % angrepp med ärtplanta i mitten med 75 % angrepp) Foto: Jan Lagerlöf.

SVAMPLIKA ORGANISMER

Riket Chromista (brunalger, kiselalger, oomyceter)

Fylum Heterokontophyta (tidigare Oomycota, heterokonter)

De svamplika mikroorganismer som omfattas av detta fylum avviker i många avseenden från de äkta svamparna, se tabell 1.

Klass Oomycetes (algsvampar)

Ordning Saprolegniales, vattenlevande.

Familj Leptolegniaceae

Släkte *Aphanomyces*

A. euteiches, ärtrottröta är en sjukdom som angriper ärtväxternas rötter (fig. 9-32). Dessa gulnar, svartnar och förlorar sina rothår. Vid kraftiga angrepp bryts rotvävnaden ned och plantan tappar därmed sin vatten- och näringsupptagande förmåga. Vid kraftiga angrepp dör plantan. Oosporerna kan överleva i marken i många år.

Ordning Peronosporales, huvudsakligen vattenlevande.

Familjen Pythiaceae

Släktet *Pythium*

Pythium-angripna rötter kan ofta identifieras vid mikroskopiska studier genom förekomsten av oosporer i den yttre rotvävnaden. Dessa oosporer hamnar senare i jorden, där de har god överlevnadsförmåga. När rotexudat från mottaglig växt når dessa vilande oosporer, gror de med groddslang eller utvecklar en säck, ett zoosporangium. Från denna frigörs zoosporer med förmåga att simma mot exudatgradienten och når mottagliga rötter. De fäster sig på rotytan och förlorar sina flageller och bildar en cysta. Cystan gror i sin tur ut med groddslang som penetrerar rotytan och utvecklar en infektionshyf. Den så småningom invaderade vävnaden möjliggör bildning av nya zoosporangier som växer ut från mycelet och rötterna. Nu frigörs zoosporer för ytterligare spridning mellan plantornas rötter under förutsättning att dessa är omgivna av fritt vatten. När näringstillgången begränsas för den vegetativa tillväxten av *Pythium* sker en differentiering av hyfspetsarna till honliga oogonium och hanliga anteridium. Efter sammanväxning och karyogami i oogonet omvandlas det till en oospor samtidigt som den omgivande väggen förtjockas.

Många arter av släktet *Pythium* angriper rötter och basala delar av plantor så att rottröta, stambasröta och groddbrand utvecklas (fig. 9-33). Inledningsvis skadas rothår och utvecklas ytliga missfärgade rötter. Vid omfattande angrepp bryts rötter ned till nakna kärldrängar. Angreppen kan också sprida sig uppåt att omfattar även basala stjälskröter



9-33. Växtskador orsakade av *Pythium*.
A) Groddbrand. B) Rottröta på julstjärna.
Foto: SLU bildarkiv (A), Guy Svedelius (B).



9-34. Växtskador orsakade av *Phytophthora*. A) Skottröta på julstjärna. B) Rödtröta (*P. fragarie*) på jordgubbar. Foto: Guy Svedelius (A), SLU bildarkiv (B).

Bildrättigheter saknas för webbpublicering

9-35. Livscykel för *Phytophthora infestans*. Illustration: Modifierad från Agrios (2005) *Plant pathology*. Med tillstånd från Elsevier.



9-36. *Phytophthora infestans*, potatisbladmögel på tomat. Foto: Guy Svedelius.

Släktet *Phytophthora*

Arter av släktet förorsakar rot-, knöl-, stjälk- och toppskottsrotor. Släktet omfattar arter som, i likhet med *Pythium*, uteslutande sprids i fritt vatten. Släktet omfattar även arter som bildar luftburna sporangier och därmed liknar bladmögelsjukdomarna i sitt levnadssätt.

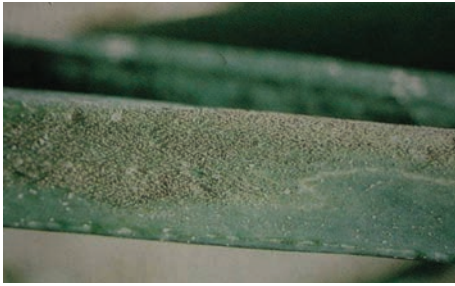
Phytophthora sp. invaderar rötternas kärlsträngar och sprids därmed systemiskt i växter och kan orsaka toppskottsrota (fig. 9-34A).

Phytophthora fragariae angriper jordgubbarnas unga rötter som förlorar rothår och sidorötter. Rötterna kan också få en rödfärgad mærg. Oosporerna har mycket god överlevnadsförmåga i jorden (fig. 9-34B).

P. infestans ger upphov till potatisbladmögel och sprids med luftburna sporangier (fig. 9-35, 36). Dessa frigör zoosporer i fritt vatten. Zoosporerna simmar till attraktiva ytor på bladen där de bilda groende cystor, se *Pythium*. Om fler än en ras av *P. infestans* finns tillgänglig i området finns förutsättningar för oosporbildning. På bladen uppstår rötter med tunt vitt ludd på undersidan. Luddet består av hyfer och sporangier. Tomatfrukter kan få bruna fläckar över förhårdnader i frukterna. På potatisknölarna utvecklas inre rötter, brunröta.

Familjen Peronosporaceae

Oomyceter tillhörande denna familj orsakar bladmögel. Sjukdomen drabbar huvudsakligen växternas blad och är ofta starkt värdväxtspecialiserad. De svenska namnen hänsyftar ofta på värdväxten; kål-, bet-, sallat-, spenat-, ärt-



9-37. Löksbladmögel orsakad av *Peronospora destructor*. Foto: SLU bildarkiv.



9-38. *Bremia lactucae*, bladmögel på sallat. Foto: Guy Svedelius.

och rosbladmögel etc. Konidiebärarnas (sporangieforer) utseende är vanligen mycket karakteristiska och gör svamparna lätt att identifiera i mikroskop.

Flertalet bladmögelsvampar bildar på ytan av de angripna vävnaderna ett glesare eller tätare mögelludd, vitaktigt - gråaktigt till färgen och bestående av konidiebärare och konidier (sporangier) under fuktiga förhållanden .

Släktet *Plasmopara*

Konidierna (sporangierna) är fästade på sina karakteristiska sporbärare och utvecklas vanligen utanför värdväxvävnaden på bladens undersidor och via klyvöppningar. De könlige fortplantningsorganen, oogonier, antheridier och oosporer utvecklas senare inne i växtvävnaderna. Med oosporerna kan svamparna övervintra i jorden eller i växtrester. Arter inom släktet ger även upphov till bladmögel på bl.a. solros.

Släktet *Peronospora*

Peronospora spp. kan orsaka bladmögel på bl.a. lök, spenat, kål och tobak. *P. destructor* angriper lök och bildar nya sporangiebärare och stora äggformade sporangier under fuktiga förhållanden nattetid (fig. 9-37). Spridning sker med vinden när bladytorna torkat upp. Sporangier behöver en längre tids bladvåta för att kunna frisläppa sina zoosporer och för att zoosporerna ska hinna infektera bladen innan bladvåtan upphör.

Släktet *Bremia*

Sporangierna (konidierna) för detta släkte är runda och sitter på speciellt formade sporbärare. Sporangierna bildar sällan zoosporer. En mycket vanlig växtskadegörare är *Bremia lactucae* som orsakar sallatsbladmögel (fig. 9-38).

Släktet *Pseudoperonospora*

Släktet ger bladmögel på bl.a. gurka, humle.

På bladen bildas gula, senare torra, bruna och kantiga fläckar som bildar ett violett ludd på bladundersidorna. *Pseudoperonospora cubensis*, övervintrar i medelhavsområdet och sprids varje år till Sydsverige för att i första hand angripa frilandsgurka (fig. 9-39). Sjukdomen fordrar fuktiga bladytor, ofta genom kondens, för att sporangierna ska kunna sprida zoosporer som endast kan simma i fritt vatten och infektera bladen.



9-39. *Pseudoperonospora cubensis*, gurksbladmögel. A) Symptom på ovansidan av gurksblad. B) Bladundersidan. Foto: Guy Svedelius (A), SLU bildarkiv (B).



9-40. Plasmodiophora brassicae, klumprotsjuka på kålväxter. Foto: SLU bildarkiv.

Familjen Albuginaceae

Släktet *Albugo* (*A. candida*, vitrost) en sjukdom som angriper arter inom familjen Brassicaceae (korsblommiga växter). Konidierna (sporangierna) som bildas inuti bladvävnaderna täcker angripna blad som ett gulvitt pulver. Sjukdomen är vanlig på bl.a. kålväxter och pepparrot.

Riket Protozoa (protister)

Division Myxomycota (slemsvampar)

Fylum Plasmodiophoromycota

Ordning Plasmodiophorales

Släktet *Plasmodiophora*

P. brassicae ger upphov till klumprotsjuka på kålväxter. Skadegöraren förorsakar vissnesjuka hos kålväxter på grund av deformerade och uppsvällda rötter (fig. 9-40). Klumprotsjuka orsakas av amöbaliknande encelliga djur och sprids i infekterad jord med fritt vatten till mottagliga rötter. Rötternas vävnader omvandlas till plasmodier, sväller upp och förlorar sin vattenuptagande förmåga. I plasmodierna omvandlas vävnaden till zoosporer i sporangier. Zoosporer kan växa samman och bilda en zygot som efter infektion av rötter bildar vilsporor. Vilsporerna har god överlevnadsförmåga och deras groning stimuleras av rotexudat från mottagliga rötter.

LITTERATUR OCH HEMSIDOR I URVAL

Agrios, G.N. 2005. Plant Pathology. Elsevier.

Deacon, J. W. 1997. Modern Mycology. Blackwell.

Lange, M. 1968. Botanik. Bind II. Systematisk Botanik. Nr 1. Svampe.

Pettersson M.L. & Åkesson I. 2003. Växtskydd i trädgård. Natur och Kultur/ LT förlag.

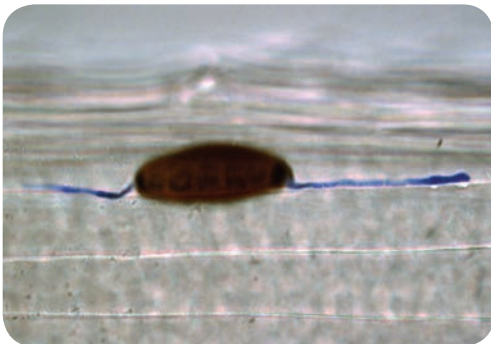
<http://en.wikipedia.org/wiki/Fungus>

<http://tarwi.lamolina.edu.pe/~gligli/BASIDIO.pdf>

10

Infektionsförlopp och värdväxtens resistens

ERLAND LILJEROTH



En spor av svampen Bipolaris sorokiniana har grott på ett kornblad och försöker hitta ställen att klistra sig fast på växtytan. Detta är början på infektionsförloppet och här startar kampen mellan växt och patogen. Nu aktiveras gener för angrepp i patogenen och gener för försvar hos växten. Till höger i bilden kan man se hur växten redan svarat genom att förtjocka cellväggen på ett par ställen. Om den spännande kampen slutar med att växten blir sjuk eller om angreppet kan avstyras avgörs av både egenskaper hos värdväxten och hos patogenen samt av olika omvärldsfaktorer. Foto: Erland LiljerOTH.

Växter kan liksom djur och människor bli sjuka om de angrips av andra organismer, framförallt mikroorganismer. Patogena mikroorganismer har egenskaper som gör att de kan tränga in i och kolonisera växten och växter har många olika mekanismer för att försvara sig mot angrepp. När ett angrepp sker pågår spännande interaktioner mellan värdväxten och patogenen och många gener i båda organismerna aktiveras. Detta kapitel behandlar hur infektionsförloppet går till och mekanismerna för angrepp och försvar. Att förädla växtsorter för bättre motståndskraft (resistens) mot sjukdomar är en mycket viktig biologisk metod i växtskyddet. Ju mer man förstår om växters försvarsmekanismer desto större möjligheter finns att förbättra resistensen i framtidens odlade växtsorter.

En organism som lever på ytan av eller inuti en annan organism kallas parasit. En växtparasit är en organism som blir intimt associerad med en växt och själv kan föröka sig på växtens bekostnad. Kostnaden för växten blir att den blir "sjuk" och inte kan växa eller reproducera sig lika bra. I många fall är begreppet parasitism associerat med begreppet patogenicitet som avser förmågan hos en organism att angripa och orsaka sjukdom. Men det är inte alltid graden av parasitism är korrelerad till graden av sjukdom. När en organism penetrerar och etablerar sig inne i växten resulterar detta vanligen i sjukdom. Begreppet patogena organismer (patogener) används främst för svampar, bakterier och virus.

När växten blir sjuk är skadans omfattning oftast större än vad som skulle kunna förklaras med ren näringsbortgång från växten till patogenen. Själva sjukdomsbilden (symptomen) kan även förklaras av giftiga ämnen (toxiner) som avges från patogenen och stör växtens metabolism samt av olika försvarsreaktioner i växten när den försöker värja sig mot angreppet.

Patogener kan ha olika strategier för angrepp och parasitering. Biotrofa patogener, t.ex. många virus, mjöldaggs och rostsvampar, kan bara växa och föröka sig på levande växtceller och dessa är då

Bildrättigheter saknas för
webbpublicering

10-1. Sjukdomstriangel. Graden av sjukdom som uppstår beror både på egenskaper hos växten och egenskaper hos patogenen, samt av olika omvärdsfaktorer. Illustration modifierad från Agrios 2005 med tillstånd från Elsevier.

Bildrättigheter saknas för
webbpublicering

10-2. I sjukdomscykeln ingår bl.a. infektionsförlopp, patogenens spridningsätt och överlevnad. För att kunna utveckla en bra växtskyddsstrategi måste man känna till cykeln för varje enskild sjukdom. Illustration modifierad från Agrios 2005. Med tillstånd från Elsevier.

obligata parasiter. Många andra svampar och bakterier kan leva på både dött och levande material och är icke-obligata parasiter.

Nekrotrofa parasiter/patogener lever på döda växtceller men har förmågan att först ta död på växtcellerna med hjälp av toxiner. Hemibiotrofer kan först ha en biotrof fas i den initiala infektionsprocessen och sedan övergå till att bli nekrotrofer.

Graden av sjukdom som uppstår beror på egenskaper hos patogenen, egenskaper hos värdväxten samt av olika omvärdsfaktorer som gynnar eller missgynnar sjukdomsförloppet (fig. 10-1). Varje växtsjukdom har en särskild sjukdomscykel där infektionsförlopp, sjukdomsstadier, spridning, patogenens överlevnad under vintern etc ingår. En generell sjukdomscykel visas i figur 10-2.

INFEKTIONSFÖRLOPP

För att en organism skall kunna angripa behövs inokulum som är någon del av patogenen som kan initiera infektionen, t.ex. sporer, sklerotier eller hyffragment hos svampar. Hos bakterier, virus och protozoer är det oftast hela individen som utgör inokulum. Det inokulum som först orsakar infektion brukar kallas primärt inokulum.

Källor till inokulum

Inokulum uppförökas och sprids på olika sätt hos olika patogener. En svamp kan exempelvis växa på dött organiskt material och sedan bilda sporer som kan spridas på olika sätt, med vind, vatten, insekter, djurpälsar och så småningom hamna på en mottaglig värdväxt.

Inokulum landar på växten

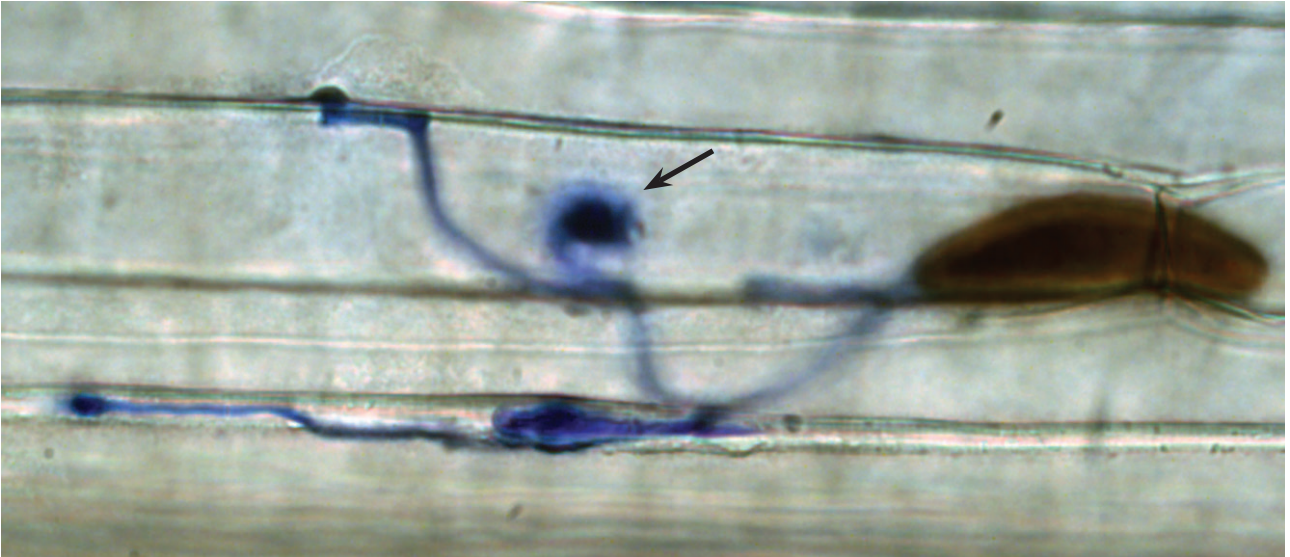
De flesta patogener (svampar, bakterier, virus) sprids med vind, vatten eller med hjälp av vektorer som insekter. Luftburna sporer tvättas ofta ner från luften av regn. Endast en bråkdel av den mängd inokulum som en patogen bildar och sprider hamnar till sist på rätt värdväxt. De flesta landar på andra saker som inte kan infekteras. I marken kan rörliga sporer (zoosporer) och nematoder bli stimulerade av kemiska substanser som avges från växten och simma mot rötterna.

Fastsättning

Innan en patogen kan penetrera och kolonisera växten måste den sätta sig fast på växytan. Svampsporer och bakterier klistrar sig fast på ytan genom att bilda självhäftande ämnen som kan bestå av polysackarider, glycoproteiner och lipider. När dessa blandningar fuktas blir de klubbiga och gör att inokulumet fastnar på växytan.

Sporgroning och igenkänning av blad/växtedel

Kontakten med växytan, fukt och stimulering av lågmolekylära ämnen från växten triggar sporer att gro. Sporen kan känna igen en värdväxt. Värdväxtkomponenter som patogenen kan känna igen kan t.ex. vara fettsyror, nedbrytningsprodukter av pektin, fenoliska ämnen, aminosyror och olika



10-3. Groddhyferna har hunnit växa och bilda appressorier, förtjockningar som fäster vid växtcellytan.
Foto: Erland Liljeroth.

sockerarter. Patogenkomponenter som växten kan känna igen kan vara t.ex. beta-glukaner, kitin och kitosan. Dessa är nedbrytningsprodukter från patogenens cellvägg. När väl initieringen av sporgroningen ägt rum mobiliserar de näringsreserver som finns lagrade i sporen och tillväxten av en groddhyf påbörjas. Differentieringen fortsätter om de rätta fysiska och kemiska stimuliner finns, t.ex. hårdhet på växtytan, yt-topografi och kemiska substanser från växten. Även groddhyfer producerar självhäftande material.

Formering av appressorium/ igenkänning mellan värd och patogen

Innan patogenen kan penetrera växtytan bildas ett s.k. appressorium, som är en förtjockning av hyfen och ger en större yta som kan klistras fast vid växtytan (fig. 10-3). Från appressoriet kan sedan patogenen försöka penetrera växtytan med en särskild hyf och en kombination av hydrolytiska enzymer och turgortryck. Inuti ett appressorium kan trycket vara upp till 40 ggr högre än i ett bildäck. Trycket byggs upp genom ackumulering av glycerol som sedan drar till sig vatten. Nu sker också en biokemisk igenkänning. Patogenen får genom kemiska signaler reda på att den finns på rätt värdväxt och värdväxten känner av att den blir angripen. Striden dem emellan påbörjas.

Penetration

Patogener kan penetrera direkt genom cellytan men också utnyttja olika naturliga öppningar i växten som t.ex. klyvöppningar, hydratoder eller lenticeller. Patogener kan också utnyttja ställen där växten har sårskador (fig. 10-4, 5).

Kolonisering och reproduktion

Efter att penetration skett, och patogenen således tagit sig in i växten, koloniserar växtens celler. Sjukdomssymptom utvecklas efter hand och kan se ut på olika vis, t.ex. svarta, bruna eller gula fläckar eller att delar av växten vissnar. Efter ett tag börjar patogenen bilda nya sporer på växtytan som kan spridas vidare till andra individer eller andra delar på samma växt. Detta kallas för sekundärt inokulum. Det kan också bildas särskilda överlevnadsstrukturer, t.ex. sklerotier.

Bildrättigheter saknas för webbpublicering

10-4. En patogen svamp kan penetrera växten på många olika sätt.

Illustration från Agrios 2005 med tillstånd från Elsevier.

VÄXTERNAS FÖRSVAR

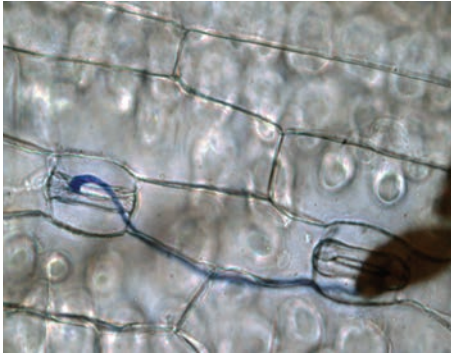
Alla växter har försvarssystem mot angrepp av andra organismer. Men det kan vara olika framgångsrikt hos olika individer eller hos olika sorter när vi talar om odlade växter. Man talar om att en viss sort är mottaglig eller resistent mot en viss sjukdomsbildande organism.

Försvaret hos växter bygger både på uppbyggda strukturella hinder som förhindrar eller fördröjer angreppet och på biokemiska försvarsmekanismer där värdväxten producerar kemiska substanser som på olika vis hämmar de angripande mikroorganismerna. Dessa substanser omfattar bl.a. s.k. patogener-relaterade proteiner (PR-proteiner) och fytoalexiner som utgörs av olika sekundära metaboliter, t.ex. terpenener och flavonoider. Försvaret kan vara uppbyggt på förhand eller sättas på som respons på ett angrepp. De sistnämnda brukar kallas inducerade försvarsmekanismer.

Växters grundläggande försvar

I växters basala försvar ingår receptorer som kan känna igen s.k. molekylära mönster hos en angripare. Dessa molekylära mönster är kombinationer av kemiska ämnen som patogener har. När växtens receptorer känner igen dessa så skickas signaler som sätter på försvaret. Detta i sin tur leder till att olika försvarsämnen bildas, och kan t.ex. leda till att cellväggar vid angreppsstället snabbt förtjockas och att antimikrobiella ämnen bildas i växten.

Evolutionen har utvecklat motdrag hos patogenerna som bildar ämnen som påverkar och stör växtens försvar. Dessa ämnen kallas för "effektorer" och



10-5. Här tar sig svamphyfen in i växten den "lätta vägen", dvs. genom en klyvöppning.
Foto: Erland Liljeröth.

patogenerna "sprutar" in dessa i växtcellerna i samband med att de angriper och växten får då svårt att sätta på försvaret och växten blir mottaglig. Men evolutionen har också medfört att växter kan ha ett motdrag även mot detta genom att s.k. resistens(R)-proteiner har utvecklats hos vissa individer. Dessa proteiner känner specifikt igen patogenens effektorer och i samband med detta triggas växtens försvarssystem snabbt med hjälp av signalsystem och effektiva försvarsmekanismer kan sättas igång. När odlade sorter anges vara resistenta innebär det ofta att dessa sorter har en resistens(R)-gen som kodar för ett sådant protein.

En av de mest effektiva försvarsmekanismerna är hypersensitivetsreaktionen (HR). Det innebär att när växtens R-protein känner igen en effektor hos patogenen initieras snabbt en celldödsprocess i en eller flera celler i närheten av angreppspunkten. Cellerna dör inom någon minut och patogenen som ofta behöver en levande växtcell för att tillgodogöra sig näring får svårt att fortsätta växa utan dör också. Angreppet avstannar och sprids inte till intilliggande celler. Detta skulle kunna kallas en typ av "brända jordens taktik" från växtens sida. Men den snabba celldöden gör också att membraner kring vesiklar i växtcellen löses upp snabbt och olika antimikrobiella ämnen som finns lagrade där frigörs och kan verka mot patogenen.

HR är verksamt främst mot s.k. biotrofa patogener, som behöver levande växtceller medan rent nekrotrofa patogener (som tillgodogör sig näring från redan döda växtceller) inte stoppas av HR. Många patogener, t.ex. potatisbladmögel, är s.k. hemibiotrofer, d.v.s. de är biotrofer i det initiala infektionsskedet, men övergår till att bli nekrotrofer när de väl penetrerat växten och etablerat sig i och mellan växtcellerna. För dessa patogener har också HR en stor betydelse för växtens försvar.

Sedan kan det bli en lång evolutionär kapprustning mellan växt och patogen där man genom genetiska förändringar försöker undvika varandras mekanismer för angrepp och försvar. Många patogener har utvecklat många olika effektorer och när ett R-protein i växten upptäcker ett av dem så kan patogenens angreppsförmåga återställas om den lyckas avstå från att producera just den effektorn. Patogenen försöker helt enkelt dumpa de effektorer som växten känner igen eller förändra strukturen av effektorproteinerna. På så sätt kan patogenen undvika upptäckt och behålla angreppsförmågan. Växten i sin tur utvecklar nya R-proteiner och kapprustningen fortgår. Förbrukade R-gener kan komma att utgöra en del i det grundläggande försvaret som också utvecklas med tiden.

OLIKA TYPER AV RESISTENS HOS VÄXTER

Icke värdväxtresistens

De flesta växter är resistenta mot de flesta patogener, det är egentligen mottaglighet som är undantaget i naturen. Med icke-värdväxtresistens menar man just detta, t.ex. vete blir inte angripen av potatisbladmögel och vete är därmed resistent mot denna patogen. Och potatis blir inte angripen av vetets bladfläcksjuka. Mekanismerna för icke-värdväxtresistens vet man ofta inte så mycket om. Men det kan vara så att det basala försvaret beskrivet ovan fungerar och att patogenen inte har några effektorer som kan störa försvaret och därmed blir det inget angrepp. Organismen har helt enkelt inte

de egenskaper som krävs för att kunna angripa just den växten. Det vanliga är att en viss mikroorganism bara kan angripa en eller ett fåtal värdväxter. Det kan också vara så att det i "icke-värdväxten" finns R-gener som fungerar eller att det finns ett särskilt strukturellt försvar, cellväggar, vaxskikt, korklager som patogenen inte har egenskaper nog för att penetrera.

Ras-specifik resistens

(synonyma begrepp: vertikal resistens, specifik resistens)

En växtsort som har rasspecifik resistens är bara resistent mot vissa raser av en patogen-art. Om växten har en R-gen är den resistent mot de raser som har den effektor som R-genen känner igen, men växten är inte resistent mot de raser som saknar denna effektor. Denna typ av resistens har använts mycket i växtförädlingsarbete genom åren och har den fördelen att det räcker med att korsa in en gen (R-genen) för att växten vanligen skall bli helt resistent från att först varit helt mottaglig. Därför är ras-specifik resistens relativt lätt att hantera i växtförädlingsprogram. Med modern växtbioteknik kan man också transformera växten med bara en gen och få den att bli resistent. Nackdelen är att resistensen ofta "bryts" efter ett tag med evolution i patogenpopulationen. Detta kan ibland ske så snabbt som något år efter att en ny resistent sort släppts på marknaden. Individer som saknar effektorproteinet selekteras fram och dessa återfår därmed förmågan att angripa. Resultatet blir att sorten plötsligt är helt mottaglig igen.

Icke ras-specifik resistens

(synonyma begrepp: horisonell resistens, ospecifik resistens)

Icke ras-specifik resistens innebär att en växtsort är resistent mot alla förekommande raser av patogenen, även om vissa raser kan vara mer aggressiva än andra. Denna typ av resistens innebär ofta också att växten inte är helt resistent men att angreppen blir betydligt mindre än hos mottagliga sorter. Oftast styrs denna resistens av många gener (polygen nedärvning) men enskilda gener kan ändå ha stor betydelse. Eftersom många gener är inblandade är denna typ av resistens mer arbetsam att hantera i traditionell växtförädling men har den fördelen att resistensen inte bryts så lätt och inte heller snabbt. Många komponenter i det basala försvaret har förstärkts genom selektion. Det kan också vara så att enskilda gener ger förbättrad resistens mot alla raser, resistensgenen kan vara en "transkriptionsfaktor" som aktiverar gener i det basala försvaret.

Skenresistens

Med skenresistens menas att växten egentligen är mottaglig men att den ändå inte angrips eftersom den t.ex. odlas vid en tidpunkt då patogenen inte kan uppföras och spridas. Färsipotatis angrips sällan av bladmögel, trots att sorterna som odlas är mottagliga, eftersom den skördas innan bladmöglet vanligen hunnit spridas.

Förädling för resistens i odlade grödor

Resistensförädling är en mycket viktig biologisk metod för sjukdomsbekämpning. Kanske den viktigaste. Eftersom patogenpopulationerna ständigt förändras sig

måste man, för att behålla och förbättra de odlade växternas motståndskraft, ständigt förädla för resistens. I traditionell växtförädling gör man urval för resistens och om inte tillräcklig variation finns korsar man en mottaglig förädlingslinje eller sort med någon exotisk sort som har god resistens, men som oftast har väldigt dåliga agronomiska egenskaper. Det innebär att avkomman blir resistent men har alldeles för dåliga andra egenskaper för odling, t.ex. avkastning. För att kombinera goda agronomiska egenskaper med resistens måste man då återkorsa avkomman med den ursprungligt mottagliga sorten upprepade gånger. Detta kan ta flera år att genomföra. Den moderna gentekniken har gjort det möjligt att överföra enskilda gener som resistensgener direkt i en för övrigt bra sort på betydligt kortare tid. Men detta kräver kunskaper om resistensmekanismer och att man har identifierat gener för resistens.

Tolerans

Med tolerans mot sjukdomsangrepp menar man att växten kan växa och reproducera sig någorlunda bra trots att den blivit angripen av en patogen. Toleranta växter är egentligen mottagliga men visar bara svaga symptom och får bara en begränsad skada som följd av infektionen. Mekanismerna bakom tolerans är inte särskilt väl kända. Fenomenet tolerans är vanligast bland virussjukdomar.

LITTERATUR OCH HEMSIDOR I URVAL

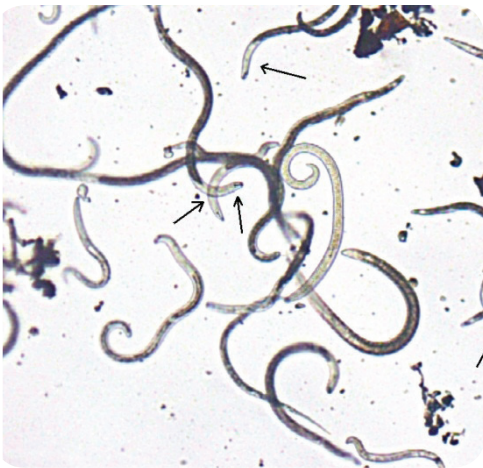
Agrios G.N. 2005. Plant Pathology. Elsevier.

Walters D.R. 2011. Plant defense – warding off attack by pathogens, herbivores and parasitic plants. Wiley-Blackwell.

11

Nematoder

CHRISTER MAGNUSSON



Växtnematoder från jord och plantor artbestäms med hjälp av mikroskop och tätheterna relateras till observerade skador. Denna information utgör grunden för valet av bekämpningsåtgärder.
Foto: Christer Magnusson.

Nematoder är på många sätt ”det stora i det lilla”. Dessa mikroskopiskt små rundmaskar är på frammarsch världen över och orsakar allt större skador i lantbruket. Den mängd biomassa som växtnematoderna konsumerar står inte alls i proportion till de stora skador som uppkommer. Symptom på nematodangrepp kan vara diffusa och svåra att upptäcka för ett otränat öga. Att upptäcka nematodskador i tid är nyckeln till framtida stabilitet i produktioner av många olika växtkulturer. Nematodinfektioner är ofta kroniska tillstånd. För att kunna skydda sig mot nematoder, och kunna leva med dem, krävs kunskap om symptom, populationstätheter och möjliga åtgärder. Korrekt rådgivning till odlare i nematodfrågor kommer att bli en allt viktigare uppgift i framtiden.

VAD ÄR EN NEMATOD?

Nematoderna (rundmaskarna), Phylum Nematoda, är en gammal djurgrupp som uppstod för nästan 600 miljoner år sedan (Precambrium/Cambrium), sannolikt var nematoderna näringsekologiskt väl utvecklade redan på ”superkontinenten” Pangea, dvs för mer än 250 miljoner år sedan. Nematoderna är de vanligaste flercelliga djuren på vår planet, och det är faktiskt så att 8 av 10 flercelliga djur vi möter om dagen är nematoder. De förekommer i alla miljöer från glaciär till havsbotten. Vanliga nematodtätheter är 2-10 miljoner/m². Tog man bort all materia utom nematoder skulle man fortfarande kunna skönja landskap och havsbotten som en grå hinna av nematoder.

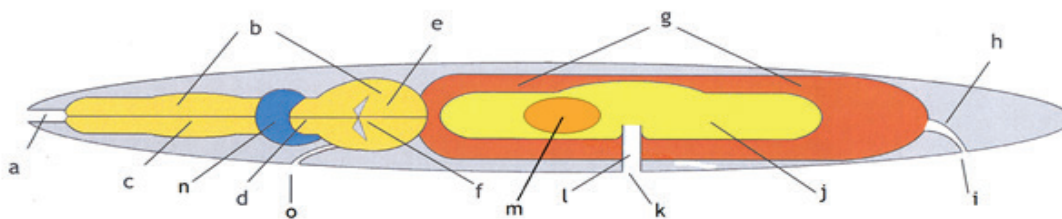
HUR LEVER NEMATODERNA?

Nematoderna lever fritt i jord och sediment, och vissa arter är parasiter på växter och djur. Nematoder som lever i jord är små gråaktiga och genomskinliga maskar som är omkring 1 millimeter långa. De kan därför inte ses endast med ögat, utan måste först separeras från jorden innan de kan studeras närmare i mikroskop. Nematoderna är för små att kunna påverka jordstrukturen. De är helt bundna till jordens porsystem där de slingrar sig fram i vattenfilmerna runt jordpartiklarna (fig. 11-1).

Nematodernas framända visar den största variationen i byggnad. Utformningen av läppar, munhåla och svalg kan relateras till födovalet, och används för att dela in nematoderna

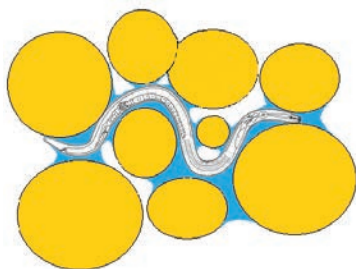
Nematodernas anatomi

Faktaruta 1.



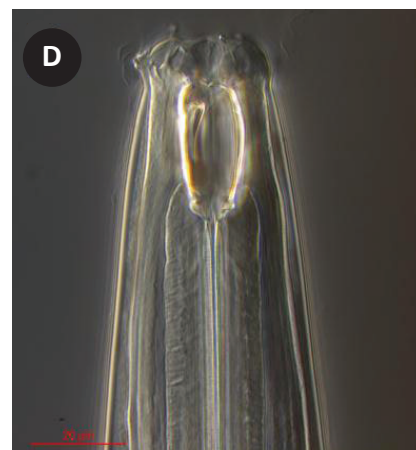
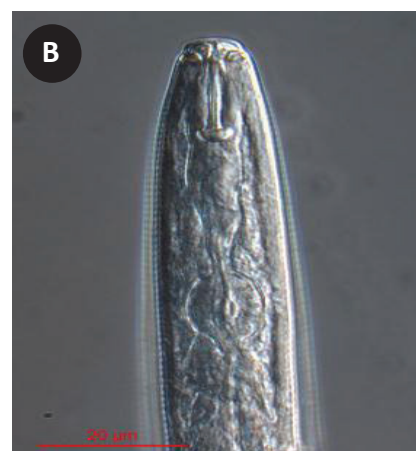
Anatomin hos en bakterieätande nematod. Illustration Christer Magnusson.

Nematoderna har en enkel byggnad som kan beskrivas som "en slang i en slang". Matsmältningskanalen går som en slang genom den spolformade kroppen. Kroppshålan har ett inre tryck som spänner ut kroppsväggen (s.k. "turgorskelett"). Munhålan (a) är rörformad och ansluter till svalget (b) som här består av tre delar: corpus (c), isthmus (d) och basalbulb (d). Basalbulben kan ha ett klaffsystem (f) som gör att födan pressas in i tarmen (g). Tarmen töms genom ändtarmen (h) och anus (i). Nematoderna har inget cirkulations- eller andningssystem. De flesta nematodarter är skildkönade, och könen är oftast lika till utseendet. Honan har en eller två gonader (j) som öppnar genom vagina (l) och vulva (k). Nematoderna lägger ägg (m). En speciell cell öppnar via en kanal i exkretionsporen (o). Nematodens störste ganglion, nervringen (n), omsluter svalgets tunnaste del isthmus.



11-1. En rotsårnematod (*Pratylenchus penetrans*) kryper fram i vattenfilmen mellan jordpartiklarna. Illustration: Christer Magnusson.

i olika näringsekologiska grupper. Jordlevande nematoder kan indelas i bakterieätare, svampätare, växtnematoder (herbivorer och parasiter på växter), allätare och rovdjur. Exempel på munhålets utformning hos olika näringsekologiska grupper visas i figur 11-2 och exempel på vanliga nematodsläkter och arter grupperade näringsekologiskt finns i tabell 1.



11-2. Munhålets utformning hos olika näringsekologiska grupper av jordlevande nematoder. A) Bakterieätare (*Plectus*) med trattformad munhåla och känselborst bakom huvudet B) Växtparasitär nematod (*Pratylenchus*) med muntagg (stilett) C) Allätare (*Dorylaimidae*) med muntagg som en sprutspets D) Rovnematod (*Mononchidae*) med "öppen" munhåla och kraftig tand. Foto: Christer Magnusson.

Tabell 1. Några vanliga nematoder indelade efter näringsbiologi och levnadssätt.

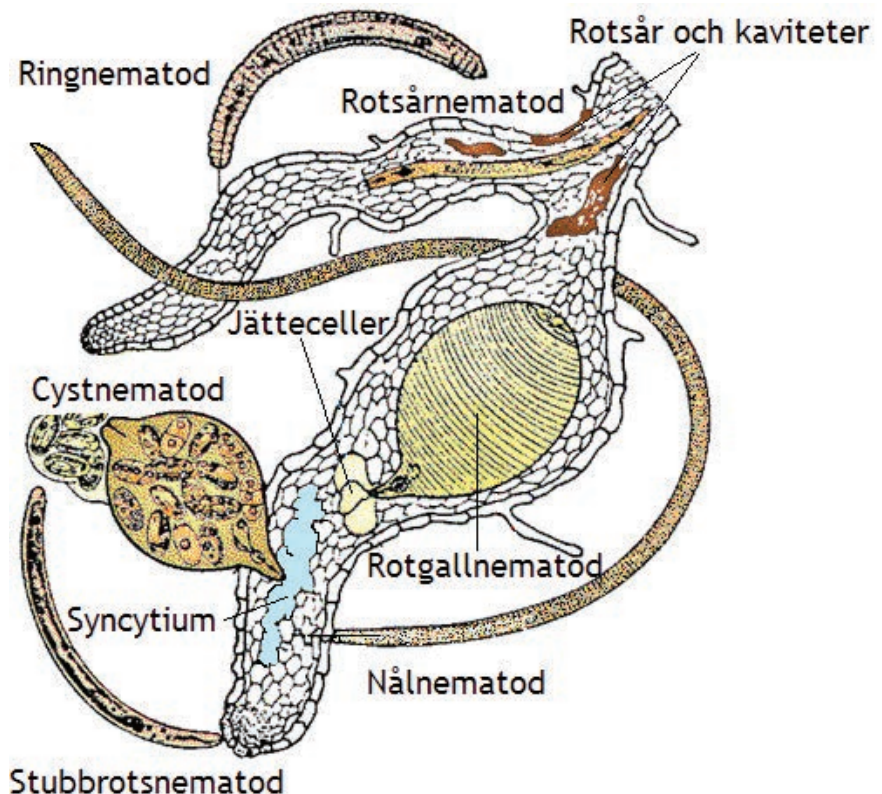
MIKROBKONSUMENTER		VÄXTNEMATODER			ALLÄTARE	ROVDJUR
Bakterieätare	Svampätare	Ektoparasiter	Endoparasiter			
			Migrerande	Sedentära		
<i>Rhabditis</i>	<i>Aphelenchus</i>	<i>Cephalenchus</i>	<i>Aphelenchoides</i> spp.	<i>Subanguina radicola</i>	<i>Diplogaster</i> spp.-	<i>Monchoides</i> spp.
<i>Acrobeloides</i>	<i>Aphelenchoides</i>	<i>Paratylenchus</i>	<i>Ditylenchus dipsaci</i>	<i>Heterodera carotae</i>	<i>Dorylaimus</i> spp.	<i>Seinura</i> spp.
<i>Pelodera</i>	<i>Ditylenchus</i>	<i>Paratrichodorus</i>	<i>Ditylenchus destructor</i>	<i>Globodera rostochiensis</i>	<i>Eudorylaimus</i> spp.	<i>Aporcelaimus</i> spp.
<i>Plectus</i>	<i>Filenchus</i>	<i>Longidorus</i>	<i>Pratylenchus</i> spp.	<i>Meloidogyne hapla</i>		<i>Mononchus</i> spp.



11-3. Nematoder i vattensuspension. Lägg märke till den ljusa framändan hos nematoderna. Pilarna visar nematoder med muntagg.
Foto: Christer Magnusson.

VÄXTNEMATODER

För att kunna se på nematoder behövs mikroskop med genomfallande ljus. Nematodernas tarmceller har upplagsnäring i form av lipider och glykogen som gör att tarmen i genomfallande ljus blir mörk. Den främre delen av nematoden framstår därför som ljusare. Hos växtnematoderna finner man längst fram i den ljusa delen en liten svart muntagg (eller stilett), som är utmärkande för dessa nematoder. Det är därför lätt att upptäcka växtnematoderna i ett stereomikroskop med genomfallande ljus (fig. 11-3). Nematoder kan angripa många delar av växterna. Vilka delar som drabbas av nematodinfektioner och de symptom som angreppen ger upphov till varierar med växt- och nematodart. Figur 11-4 visar några exempel på nematoder som lever på rötter.



11-4. Några typer av rotnematoder. Illustration modifierad från Esser, R.P. 1958. Florida department of agriculture.

Växtnematodernas utveckling

Det övervägande antalet nematoder är skildkönade och fortplantar sig genom korsbefruktning (amphimixis), men självbefruktning (automixis) och partenogenes förekommer också. Nematoder lägger ägg. I ägget utvecklas det första juvenilstadiet (J1), som redan i ägget hudömsar till det andra stadiet (J2) och detta är det stadium som kläcker ur ägget. Den vidare utvecklingen är att J2 hudömsar till J3 som hudömsar till J4. J4 är det sista juvenilstadiet som hudömsar till adulta nematoder. Nematoderna tillväxer i storlek under denna utveckling. Växtnematoder har tre livscykelstrategier. Den enklaste livscykeln har ektoparasiterna som hela tiden uppehåller sig i jorden och angriper rötterna från utsidan. Äggen läggs i jorden och ungstadier och aduler angriper rötter och adulterna lägger då åter ägg i jorden. Generationstiden varierar från 6 dagar upp till 1 år. Mer komplicerade livscykler finns hos migrerande endoparasiter som t.ex. rotsårnematoder (fig. 11-5) och sedentära endoparasiter som rotgallnematoden (fig. 11-6).

11-5. Rotsårnematodens (*Pratylenchus* spp.) livscykel. J1-J4=ungstadier; m1-m4= hudömsningar. Modifierad från Agrios (1978) *Plant Pathology*, Academic press. Med tillstånd från Elsevier.

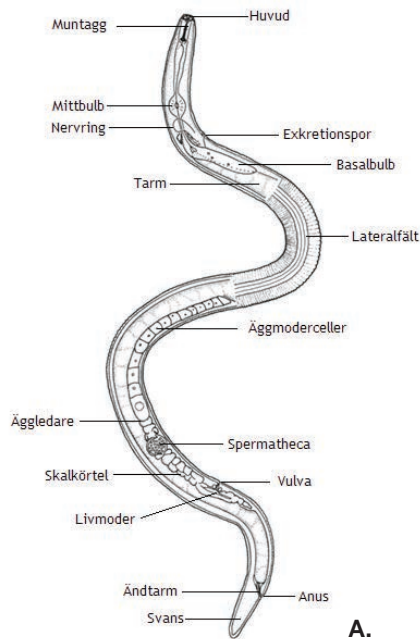
Bildrättigheter saknas för webbpublicering

Bildrättigheter saknas för webbpublicering

11-6. Rotgallnematodens (*Meloidogyne spp.*) livscykel. J1-J4=ungstadier; m1-m4=hudömsningar. Modifierad från Agrios (1978) *Plant Pathology*, Academic press. Med tillstånd från Elsevier.

Morfologi

Nematoden är en ganska komplicerad organism med tanke på att den är under 1 mm lång. Figur 11-7A visar en rotsårnematod (*Pratylenchus*), med ett brett och lågt huvud, en kort och kraftig stilett, 4-delad pharynx, längsgående lateralfält med fyra linjer, framåtriktad gonad med äggmoderceller, äggledare, spermatheca (spermiebehållare), skalkörtel (producerar äggskal), livmoder, vulva, tarm, ändtarm och anus. De flesta sensoriska funktioner finns i framänden där man också finner nervringen som är nematodens största nervknut (ganglion). Figur 11-7B visar huvudregionen hos en växtnematod med huvudskelett (en korgliknande förstärkning i huvudet) och muntagg (stilett). Stilettens rörelse framåt och bakåt styrs av de muskler som löper mellan huvudskelettet och stilettens basalknappar.



Bildrättigheter saknas för
webbpublicering

A.

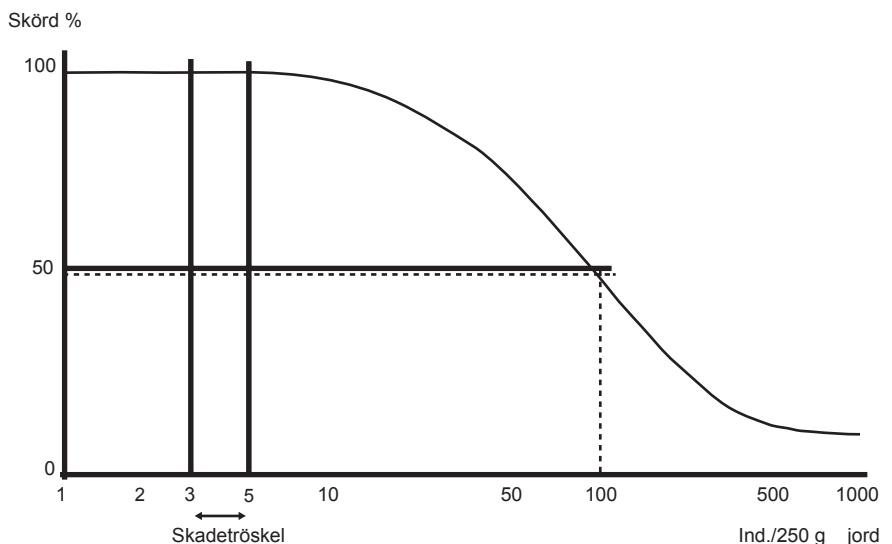
B.

11-7. Morfologi och anatomi hos en växtnematod. A) Morfologin hos rotsårnematoden *Pratylenchus penetrans*. B) Anatomin i huvud och övre svalgregion. Illustrationer: A) Christer Magnusson B) modifierad från Maggenti 1981. *General nematology*. Med tillstånd från Springer-Verlag New York.

VÄXTNEMATODER SOM SKADEDJUR

Alla trädgårdskulturer kan angripas av växtnematoder. De olika nematodarerna utnyttjar olika vävnader av växten, och inducerar specifika förändringar i dessa. Den typ av skada man ser blir därför beroende av kombinationen av nematodart och värdväxt. Nematodskador utvecklas vanligtvis gradvis och visar sig som fläckar av dålig växtlighet utdragna i körriktningen på fältet. Hur lång tid som krävs för att skador skall bli synliga varierar med nematod/växt-kombination, infektionsnivå och årsmån. Skador av potatiscystnematod kanske uppdagas först 20 år efter det första angreppet.

För varje kombination av nematodart, värdväxt och jordtyp finns ett samband mellan nematodtäthet och skörd. Förhållandet mellan populationsstorleken av nålnematoden *Longidorus elongatus* och den relativa skörden av jordgubbar visas i figur 11-8.



11-8. Relativ skörd (%) av jordgubbar som funktion av tätheten av nålnematoden *Longidorus elongatus*. Illustration: Bioforsk.

Tabell 2. Skadetrösklar för några vanliga växtnematoder.

Nematod	Gröda	Skadetröskel	
		ind./gram jord	ind./ 250 gram jord
<i>Tylenchorhynchus</i> spp.	Stråsåd		400
<i>Pratylenchus penetrans</i>	Äpple		25-75
	Körsbär		25-250
	Päron		75-175
	Potatis		100
<i>P. neglectus</i>	Äpple		75-350
	Körsbär		75-350
<i>P. crenatus</i>	Äpple		125-350
	Körsbär		125-350
<i>Paratylenchus bukowinensis</i>	Selleri/Morot		175
<i>Heterodera carotae</i>	Morot	0,2	
<i>H. cruciferae</i>	Kålväxter	25	
<i>Globodera rostochiensis</i> / <i>G. pallida</i>	Potatis	2-3	
<i>Meloidogyne hapla</i>	Morot		8
<i>Trichodorus</i> / <i>Paratrachodorus</i>	Potatis		20-100, 1 vid virusöverföring
<i>Longidorus elongatus</i>	Jordgubbar		3-5, 1 vid virusöverföring



11-9. Skador orsakade av nålnematoden *Longidorus elongatus*. A) Totalskada i jordgubbar (600 individer/250 g jord). Fältet ligger i en varm sydsluttning med sandjord. B) Jordgubbsplanta angripen av nålnematoden. Frisk planta till vänster. Foto: B. Hamneraas (A), Anita Banck (B).

Med högre nematodtätthet vid planteringen minskar skörden allt mer. Minskningen inträffar vid en populationstäthet på 3-5 individ per 250 gram jord, och vid en täthet på 100 nematoder per 250 gram jord är skörden halverad. Vid nivåer över 500 nematoder per 250 gram jord når skörden en minimumnivå på ca 10 %, vilket är total missväxt. Om man har 7-9 nålnematoder per 250 gram jord när ett fält anläggs är det stor risk att tredjeårsskörden reduceras allvarligt eller går helt förlorad. Ett jordgubbsfält med en populationstäthet på 600 *L. elongatus* per 250 gram jord visas i figur 11-9.

Tillförlitlig information om växtnematoders skadetrösklar på grönsaker, frukt och bär finns inte, men några riktvärden visas i tabell 2. Tröskeln för virusbärande nematoder är i praktiken en individ. Man kan förvänta att skadorna ökar när dessa nivåer har överskridits, och att bekämpningsåtgärder bör övervägas. Den ekonomiska skadetröskeln är högre än värdena i tabell 2, och beror på driftskostnader och marknadspriser.

Symptom på nematodangrepp

Angrepp av växtnematoder på rötter leder till reducerade ofta mörka rotsystem och små plantor (fig. 11-9 B) som inte kan ta upp tillräckligt med vatten och lätt vissnar vid torka. Angrepp i ovanjordiska växtdelar leder till olika typer av missbildningar (fig. 11-10). Skadorna drabbar apikala meristem och vävnadsskikt från epidermis till ledningsvävnadens parenkymceller.

Rotskador av ektoparasiter

Ektoparasiter angriper rötterna utifrån. Typen av skada beror på vilka delar av rotsystemet som angrips och vilka vävnadsskikt i roten som drabbas,



11-10. Bladnematod (*Aphelenchoides* sp.) på revsmörblomma (*Ranunculus repens*). Notera de missformade bladskäften med reducerade blad. Foto: B. Hammeraas.

samt de kemiska substanser som nematoden injicerar i växten. Ektoparasiter som angriper rötterna ytligt, som t.ex. *Cephalenchus*, *Tylenchorhynchus*, *Merlinius*, *Rotylenchus*, *Helicotylenchus* m.fl., ger oftast upphov till allmänt försvagade och reducerade rotsystem med få finrötter (fig. 11-11A).

Vissa ektoparasiter ger specifika, och ibland dramatiska effekter på växtrötter. Stubbrottsnematoderna (*Trichodorus* och *Paratrichodorus*) angriper upprepade gånger rötternas apikala meristem och ger ett delvis "stubb" rotsystem (fig. 11-11B). Nålnematoder (*L. elongatus*) och dolknematoden (*Xiphinema diversicaudatum*) har långa stiletter som når djupt in i rotvävnaden och orsakar onormal och lokal celltillväxt som gör att rotspetsarna sväller upp och att lateralrötternas utveckling och sträckning hämmas (fig. 11-11C). Nematoden *Paratylenchus bukowinensis* ger kraftiga skador på rotfrukter (fig. 11-11D). Den bakomliggande mekanismen är inte känd.

Rotskador av migrerande endoparasiter

Rotsårnematoder (*Pratylenchus* spp.) är migrerande endoparasiter som i huvudsak parasiterar cortexskiktet i rötterna (fig. 11-12A). Nematoderna ger upphov till håligheter i cortex och avlånga brunaktiga sår på rotytan (fig. 11-12 B). Rotsåren bildar inkörsportar för olika mikroorganismer som gör att rotsårnematoderna är viktiga faktorer i rotbundna växtsjukdomar.

Rotskador av sedentära endoparasiter

Kroknematoden (*Subanguina radicicola*) är den första växtnematod som rapporterades från Norden. Nematoden skadar korn och blev uppmärksam i slutet av 1800-talet i nordliga områden av Norge, Sverige och Finland. Problemen i korn, som blev lösta genom växtföljd och växtförädling, kvarstår idag i grönytor t.ex. på fotbollsplaner. Nematoden är mycket vanlig på gräs. Kroknematoden angriper cortexvävnaden och

11-11. Skador orsakade av ektoparasiter
 A) Rötter av rosor kraftigt skadade av torvnematoden *Cephalenchus hexalineatus*. B) Angrepp av stubbrottsnematoder (*Trichodorus/Paratrichodorus*) i morot. C) Rötter av jordgubbar angripna av nålnematoder (friska rötter till vänster). Notera de uppsvällda bandyklubbslika lateralrötterna. D) *Paratylenchus bukowinensis* på morot.
 Foto: B. Hammeraas.

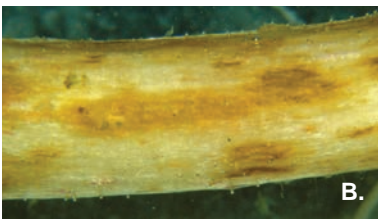
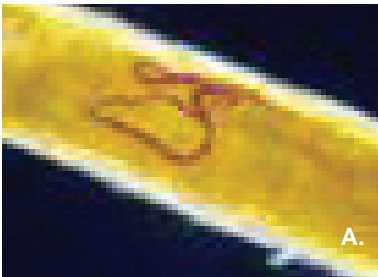
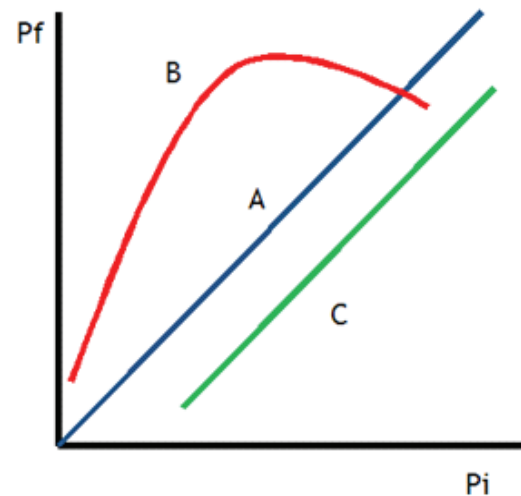


Värd-parasit relationen hos växtnematoder

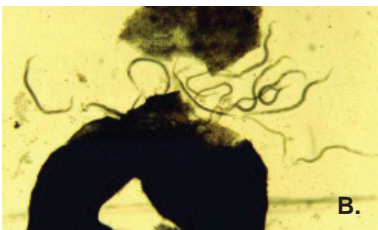
Faktaruta 2.

De grundläggande förhållandena i växtnematodernas värd-parasit relation visas här. Olika växter ger olika uppförökning hos nematodpopulationer. Graden av uppförökning uttrycks som kvoten mellan slutpopulationen (Pf) och startpopulationen (Pi). På en neutral värdväxt tillväxer inte nematodpopulationen och $Pf/Pi=1$ (kurva A). På en mottaglig värdväxt tillväxer nematodpopulationen och $Pf/Pi > 1$ (kurva B)

Ju större Pi blir desto mer skadas värdväxten och vid högre Pi-nivåer minskar därför kvoten Pf/Pi för att till slut bli lägre än 1 (kurva B). På icke-värdväxter (som på resistent sorter) är alltid Pf mindre än Pi och $Pf/Pi < 1$ (kurva C). I växtföljder försöker man alltid inkludera mellanväxter som ger $Pf/Pi < 1$.



11-12. Rotsårsnematoden *Pratylenchus*
A) I jordgubbsrot (infärgad). B) Rotsår på potatisstolon. Foto: B. Hammeraas.



11-13. Krokneematoden (*Subanguina radiculicola*). A) Galler av krokneematoden i färdiggräsmatta. B) Nematoder och ägg utpetade från en gall på ängsgröe. Foto: B. Hammeraas.

försakar kraftig gallbildning (fig. 11-13A). Gallerna innehåller ägg, juveniler och vuxna nematoder (fig. 11-13B). Gräsplanter som är angripna av krokneematod får dåligt fäste i marken och tål inte slitage, varför skadorna oftast märks genom öppna sår i gräsmattan.

Skador av sedentära endoparasiter

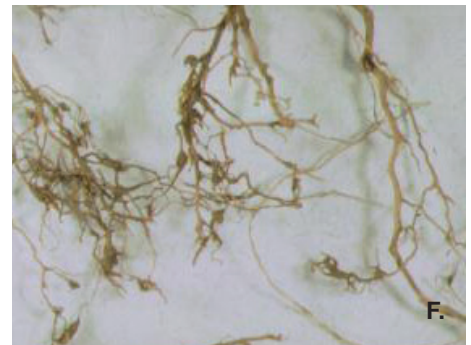
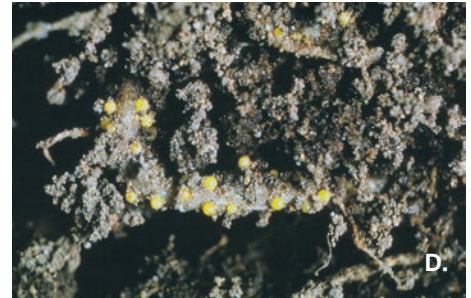
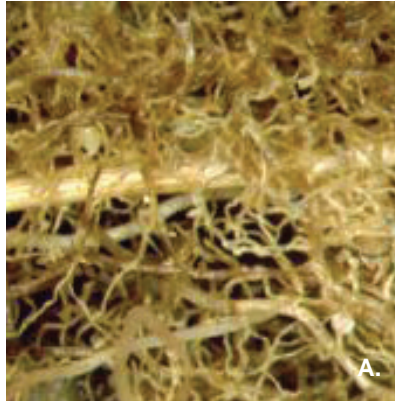
I släktena *Punctodera* (gräscystnematod), *Globodera* (potatiscystnematod), *Heterodera carotae* (morotscystnematod) och *Meloidogyne* (rotgallnematod) finns viktiga skadegörare på gräs och kulturplanter. Arter i *Punctodera* kan förorsaka «filtbildning» i gräsytor (fig. 11-14A), medan morotscystnematoder ger «skäggiga» morötter (fig. 11-14B). Angrepp av potatiscystnematoderna (*Globodera rostochiensis* och *G. pallida*) ger dåliga och klorotiska potatisplanter (fig. 11-14C), och efter midsommar blir honorna synliga på rotytan (fig. 11-14D). Rotgallnematoder förorsakar gallbildningar av varierande utseende (fig. 11-14 E,F). Särskilt morrötter blir missbildade och «fingrade» (fig. 11-14 G). Varje gall kan innehålla flera honor, som kan infärgas och dissekeras från gallerna (fig. 11-15).

Skador av bladnematoder

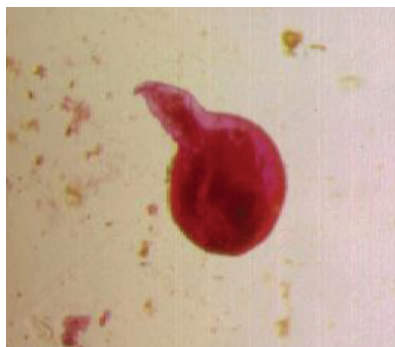
Infektion av krysanthemumbladnematod (*Aphelenchoides rhizemabosi*) kan ge svår vissning på krysanthemum och på bladen uppstår nekrotiska fläckar som begränsas av bladnerverna (fig. 11-16 A). Bladnematoden *Aphelenchoides fragariae* har många värdväxter bland prydnadsväxter (Fig. 16B), men är kanske mer känd som skadegörare på jordgubbar (fig. 11-16C, D). Plantorna får liten täckningsgrad med sina blad så att fläckar uppstår i fältet.

Skador av stjälnematod

Stjälnematoden *Ditylenchus dipsaci* orsakar skador på blomsterlök som narciss (fig. 11-17) och tulpan, men också på prydnadsväxter som nejlika, hortensia, *Oenothera*, *Helenium* m.fl. På grönsaker är stjälnematoden mest betydelsefull som skadegörare på lök. Det är vanligt att flera typer av växtnematoder samtidigt kan angripa en gröda. I några fall kan detta resultera i dramatiska reduktioner i utbyte och kvalitet (fig. 11-18A, B).



11-14. Skadesymptom orsakade av sedentära endoparasiter. A) Rotfält orsakad av gräscystnematod (*Punctodera* sp.) på fotbollsfält. B) "Skäggiga" rötter orsakade av morotcystnematod (*Heterodera carotae*). C) Potatisplantor som angrips av gul potatiscystnematod *Globodera rostochiensis* och vit potatiscystnematod *G. pallida* blir små och ofta klorotiska. D) Potatisrötter med honor av gul potatiscystnematod (*G. rostochiensis*). E) Angrepp av rotgallnematod (*Meloidogyne*) på *Clematis* ger stora galler. F) Angrepp av rotgallnematod (*M. hapla*) på rosor ger små galler. G) Angrepp av rotgallnematod (*M. hapla*) på morot ger stora kvalitetskador. Foto: B. Hammeraas (A,C,E-G). Med tillstånd från INRA, Frankrike (B), Stig Andersson (D).



11-15. Hona (som infärgats) av rotgallnematod (*Meloidogyne hapla*) från rot av lök. Foto: B. Hammeraas.



Virusvektorer

Arter av *Trichodorus*, *Paratrichodorus*, *Longidorus* och *Xiphinema* kan överföra växtvirus. Tobra-virus (*Tobacco rattle* och *Pea early browning*) överförs av *Trichodorus* och *Paratrichodorus*. Nepo-Virus (*Arabid mosaic*, *Bromgrass mosaic*, *Cherry leaf roll* och *Strawberry latent ringspot*) överförs av *Xiphinema diversicaudatum*, medan *Tomato black ring* och *Raspberry ringspot* överförs av *Longidorus elongatus*.

Bekämpning av växtnematoder

Den viktigaste principen för att undvika problem med växtnematoder är att förhindra att bli smittad, dvs. att iakttä en god hygien. När smitta föreligger kan man i första hand använda odlingstekniska och fysiska bekämpningsåtgärder. Bekämpning med kemiska preparat, sk. nematicider, var vanlig tidigare men är i dag i stort sett förbjuden.



Hygien

Spridningshämmande åtgärder är viktiga. Man bör vara uppmärksam på att föröknings- och växtmaterial för vidare odling är smittfria. Detta gäller t.ex. frö, sättlök, sticklingar och småplantor liksom utlöpare av jordgubbar, samt plantskolematerial. Nematodspredning med jord som häftar vid maskiner, redskap, emballage, och skor är mycket viktiga spridningsvägar. I öppna landskap kan vindspredning vara av betydelse. Växtskyddslagen innehåller bestämmelser för att hindra spridning av växtnematoder. Det är ett krav att plantor för vidare odling (t.ex. småplantor av jordgubbar, utsädespotatis, sättlök, plantskoleväxter) skall vara fria från potatiscystnematod.



Odlingstekniska åtgärder

Växtföljd

Växtföljd som bekämpningsåtgärd är mest effektivt mot nematoder som har en liten värdväxtkrets. Grundprincipen för växtföljdens sammansättning är att välja mellanväxter som inte uppförökar nematoden som man vill bekämpa, d.v.s. att kvoten $Pf/Pi < 1,0$, och omvänt att undvika växter som uppförökar nematoderna som förfrukt till huvudkulturen (se faktaruta 2). Många av de nematodarter som angriper grönsaker, frukt och bär är polyfaga, och detta komplicerar valet av mellangrödor. I många fall är det nödvändigt att använda ogräsfri träda för att kunna reducera nematodtätheterna till en nivå som ligger under den ekonomiska skadetröskeln före en huvudkultur. Detta varierar beroende av vilken nematod man vill bekämpa (tab. 2).



Fångstplantor, aktiva mellanväxter och bioångning

Fångstplantor för nematoder är växter som nematoderna infekterar och som sedan tas upp innan nematoderna har fullbordat sin livscykel. Tidig potatis kan vara en fångstgröda för potatiscystnematoder. Denna kontrollstrategi kräver dock god kunskap om de lokala odlingsförhållandena. Generellt kan man säga att potatisen bör skördas inom en period av 5-7 veckor efter sådd. Om man tar upp för tidigt har allt för få nematoder fångats, och vid sent upptag kan nematoderna ha lyckats genomföra sin livscykel. Andra problem med denna teknik är att nematoderna kan utvecklas på rötter som blir kvar i jorden och/eller på arvsäd i fältet.

Vissa typer av mellanväxter kan förutom att fånga nematoder ha negativa

11-16. Skadesymptom av bladnematoder. A) Angrepp av krysantemumbladnematod (*Aphelenchoides rhizemabosi*) på blad. B) Bladfläckar på *St. Paulia* orsakade av bladnematoden *Aphelenchoides fragariae*. C) Jordgubbsplanta angripen av *A. fragariae*. Plantans centrum är tomt p.g.a. dålig utveckling av bladskaft och missformade blad. D) *A. fragariae* lever i jordgubbsplantans krona och ger dålig utveckling av bladskaft som reduceras till pigglignande utskott. Foto: B. Hammeraas.



11-17. Stjälknematod *Ditylenchus dipsaci* på narciss. Foto: SLU bildarkiv.

effekter på nematoderna vid nedbrukning. Bioångning eller biofumigering för bekämpning av jordlevande växtskadegörare har blivit mycket omtalat i senare år. Flera växtarter i familjen Brassicaceae (kålväxter) har varit speciellt uppmärksammade i detta sammanhang. Vissa arter i släktet *Brassica* producerar olika typer av glukosinolat, som när de bryts ned i jorden kan ha direkta toxiska effekter på nematoder eller hämma nematodernas reproduktion och uppförökning. Bioångning utrotar inte nematoderna men kan bidra till att hålla nematodpopulationen på en så låg nivå att huvudgrödan inte skadas.

Flera sorter av oljerättika (*Raphanus sativus*) och vitsenap (*Sinapis alba*) har använts som fånggrödor för nematoder. Fånggrödorna brukas ned när de står i full blomning. För att få mest nytta av fånggrödor bör man känna till grödornas status som värdväxter för de nematoder man vill bekämpa, och deras populationssänkande effekter efter nedbrukning. Oljerättika (cv. Terranova) har visat sig kunna minska populationstätheten av rotgallnematoden *M. hapla*. Både oljerättika och vitsenap har rapporterats reducera populationsnivåerna av rotsårnematoden *P. penetrans*. Mot stubbrotsnematoderna *Trichodorus* och *Paratrichodorus* har sorter med hög glykosinolathalt som Architect vitsenap eller Doublet oljerättika haft gynnsamma effekter. Biomassan finhackas och fräses ned i jorden. Jorden packas, vattnas och täcks med plast i 14 dagar. För god verkan bör jordtemperaturen vara minst 20° C.

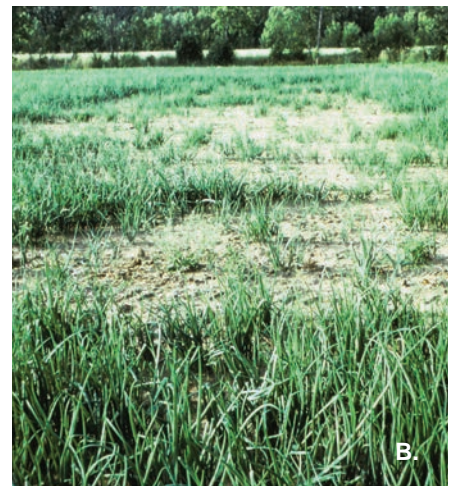
Resistent och tolerant sorter

Att det finns skillnader i mottaglighet hos olika sorter av kulturväxterplanter för växtnematoder är känt sedan länge. Skillnader i tolerans är kända för krysanthemum –bladnematod, jordgubbar-bladnematod, och vitlök/floxstjälknematod.

Resistent sorter fungerar också som fångstplanter genom att locka nematoderna till kläckning och infektion samtidigt som nematoderna inte kan utvecklas. Att en sort är resistent mot nematoder betyder inte att sorten inte kan skadas av nematodangreppet, men snarare att nematoderna uppföras dåligt eller inte alls på sorten ifråga. I jordbruksgrödor används nematodresistent sorter rutinmässigt i stråsäd och potatis. För trädgårdsväxter är resistens bäst känd hos tomat, där den sk. Migenen ger resistens mot flera arter av rotgallnematoder. Förädlingen av resistent rotstockar av fruktträd pågår både mot rotgallnematoder och rotsårnematoder.



11-18. Nälnematoder (*Longidorus elongatus*) och/eller stubbrotsnematoder (*Trichodorus spp.*) på gul matlök. A) Angripna lökplantor. Frisk planta till vänster. B) Angripet lökfält. Foto: A. Banck.



11-19. Sallat angripen av rotsårnematod. A) Före ångning. B) Efter ångning. Foto: B. Hammeraas.



Naturliga fiender

Naturliga fiender finns bland svampar, bakterier och markdjur. Bland svamparna finns ospecifika "nematodfångare" (*Arthrobotrys oligospora*), och mer specialiserade parasiter på ägg och honor av cystnematoder (*Paecilomyces lilacinus*, *Pochonia chlamydosporia* och *Dactylella oviparasitica*), samt parasiter på honor (*Nematophthora gynophila* och *Catenaria auxillaris*). Bakterien *Pasteuria penetrans* är en välkänd parasit på rotgallnematoder och rotsårnematoder. Bra kommersiella preparat av dessa organismer saknas. Markdjur som naturliga fiender till nematoder finns bland protozoer, nematoder (monochider), björndjur (tardigrader), hoppstjärter (collemboler) och kvalster.

Jordförbättring

Växtnematoderna missgynnas av hög bakterieaktivitet, sk. saproba miljöer. Jordförbättringsåtgärder som stimulerar den mikrobiella aktiviteten är därför negativa för växtnematoderna. Tillförsel av kompost, grönbiomassa, stall- och flytgödsel kan minska nematodproblemen, bl.a. genom att stimulera aktiviteten hos naturliga fiender, och genom den ökade näringstillgången för grödan.

Fysikaliska metoder

Varmvattenbehandling

Att sänka ned plantor och växtdelar i varmt vatten utnyttjar skillnaden som finns mellan växtmaterialets och nematodernas letaltemperatur. Eftersom det här rör sig om några få graders skillnad i temperatur krävs hög noggrannhet i behandlingen. Metoden är gammal och har använts speciellt för lökar av påskliljor, matlök, Iris-knölar och äppelgrundstammar. Metoden ligger på gränsen för vad växterna tål och är arbetskrävande.

Ångning

Ångning har ofta blivit använd i lager och växthus för att desinfektera bänkar och odlingssubstrat. För att få ett bra resultat skall jorden vara lös och väl genomarbetad. Behandlingen får större effekt om jorden täcks med plast. Effekten av ångning i en växthuskultur av sallat infekterad av rotsårnematoden *P. penetrans* visas i figur 11-19. Behandlingen utfördes här från ett fast installerat rörsystem nedgrävt i växtbädden.



11-20. Djupångning i grönsaksfält i Vestfold, Norge. Foto: H. Sjursen.

Ångning i frilandskulturer ställer stora krav på jordtypen och lyckas bäst på genomarbetade luckra jordar. I norska försök (fig. 11-20) har man noterat sänkta tätheter av rotsårnematoder (*Pratylenchus* spp.) efter ångning med behandlingstider på 6 och 9 minuter. Problem med ångning i fält är att det inte passar på alla jordtyper, att värmen inte når de djupt levande nematoderna och att metoden är mycket energikrävande och dessutom kostsamt.

Ingen enskild bekämpningsåtgärd kan lösa problemen med växtnematoder. Goda växtföljder med aktiva mellanväxter, bioångning och resistent sorter i kombination med andra åtgärder som svartträda och jordförbättring är nödvändiga för en framgångsrik bekämpning. I tabell 3 finns en sammanställning av några typer av bekämpningsåtgärder som kan vara aktuella.

Visste du detta om nematoderna?

Faktaruta 3.

Nematoder som ekologiska indikatorer

Nematodfaunans sammansättning av näringsekologiska grupper kan avspegla markekologiska processer bättre än direkta populationsbestämningar av mikroorganismer. Särskilt bakterier fluktuerar starkt, och vissa typer kan inte odlas fram för detektion. Bakterieätande nematoder däremot speglar med sin populationsstorlek den bakteriella aktiviteten över längre tid. Sapropa miljöer kännetecknas av höga populationer av bakterieätande nematoder. När i ett senare skede svampar blir mer aktiva i nedbrytningsförloppet kommer svampätande nematoder att bli mer dominerande. Toppar av mikrobkonsumerande nematoder följs av ökande förekomst av predatorer. Biotoper med god gräsväxt domineras ofta av växtnematoder som lever på rötter. Nematodsammansättningen i ett jordprov kan därför ge viss information om biotop och markbiologi vilket har utnyttjats i ekologiska undersökningar.

Nyttiga nematoder

Nematoder bidrar till omsättningen av näringsämnen i jord. Sextio procent av markens nematoder är bakterieätare. En nematod kan äta 5000 bakterier per minut motsvarande 600 % av nematodens egenvikt. Nematoder har en lägre "kol-kväve kvot" än bakterier. D.v.s. nematodernas vävnader innehåller mindre mängd kväve i förhållande till innehållet av kol än vad som är fallet med bakterieceller. För att nematoderna skall få det kol de behöver från bakterier måste de ta in mer kväve än vad de själva har behov av. Detta kväveöverskott utsöndras och kan tas upp av växtrötterna. Denna "grundgödsling" motsvarar 20-130 kg per ha och år. När mikroorganismerna utsätts för betetryck från nematoder blir populationerna mer aktiva och nedbrytningshastigheten ökar.

Tabell 3. Exempel på nematoder, värdväxter och åtgärder i trädgårdsgrödor.

NEMATOD	VÄRDVÄXT		ÅTGÄRDER
	God	Dålig	
<i>Paratylenchus bukowinensis</i>	Morot, Selleri, Kål	Lök, Vete	Stråsäd eller lök före huvudkultur
Stubbrottnematoder <i>Trichodorus/ Paratrichodorus</i>	Stråsäd, Potatis, Bönor, Spenat, <i>Tagetes</i>		Humustillsats. Nedfräsning av vitsenap och oljerättika före huvudkultur. Undvik stråsäd och potatis som förfrukt.
Nålnematoder <i>Longidorus elongatus</i>	Ängssvingel, Ängsgröe, Vitgröe, Rödklöver, Vete, Korn, Rybs, Kपालök, Purjolök, Rödbeta	Gul lupin, Råg, Vitkål	Tre år med träda eller icke-värdplantor. Undvik rödklöver som förfrukt. Ta nematodprov för bestämning av nematodtätheten. Använd nematodfria småplantor.
Rotsårnematod <i>Pratylenchus penetrans</i>	Korn, Sockerbeta, Rödbeta, Spenat, Ärtor, Bönor	<i>Tagetes patula</i>	Svartträda i minst ett år. Använd aktiva mellanväxter som oljerättika och vitsenap före huvudkultur. Ogräsbekämpning. Ängning av såbädden.
Rotgallnematod <i>Meloidogyne hapla</i>	Morot, Sallat, Ärtor, Tomat, Gurka, Svinmålla, Korsört, Åkerviol, Tistel m.fl	Gräs, Stråsäd	Svartträda i minst fem månader. Använd stråsäd som förfrukt om möjligt kompletterad med lämplig sort av oljerättika. Ogräsbekämpning.
Bladnematod <i>Aphelenchoides fragariae</i>	Många ogräs		Använd nematodfria småplantor. Undvik plantering direkt efter äng. Svartträda minst tre månader före plantering. Bekämpa ogräs.

LITTERATUR OCH HEMSIDOR I URVAL

Nordiska jordbruksforskarens förening (Arbetsgruppen för nematologi). 1971. Nematoder på växter. LT förlag

Ferraz L.C.C.B & Brown D.J.F. 2002. An introduction to Nematodes- Plant nematology. A student 's textbook. Pensoft Publishers.

12

Skadedjur

ELISABETH KÄRNESTAM



*Skadedjursangrepp behöver inte vara varken fula eller förödande för växten. Här ett exempel på en vacker gallbildning på ros orsakad av sömntornstekeln.
Foto: Boel Sandskär.*

Olika djur, främst insekter och kvalster, men även andra djur som sniglar, sorkar m.fl. kan orsaka svåra skador på våra odlade växter. För att förstå hur olika typer av skador uppkommer och för att kunna sätta in lämpliga åtgärder måste man veta vilken skadegöraren är. För att kunna identifiera de djur man eventuellt hittar beskrivs här de viktigaste karaktärerna för några vanliga skadedjursgrupper. Det är viktigt att känna till de olika skadedjurens biologi för att kunna sätta in förebyggande åtgärder eller bekämpa vid rätt tidpunkt. Det är främst kvalster och insekter som beskrivs här och båda dessa grupper hittar vi inom stammen leddjur. Eventuell förekomst av nyttodjur inom de olika grupperna nämns också.

Det finns över en miljon kända leddjursarter, vilket är cirka 80 % av alla beskrivna djurarter, och de flesta av dessa är insekter. Leddjur förekommer över hela världen och i många olika miljöer. Insekterna dominerar på land, medan kräftdjuren dominerar i haven. Bland leddjuren finns rovdjur, växtätare, sådana som lever på dött organiskt material och de som är filtrerare. De spelar alla en mycket viktig roll i ekosystemen, t.ex. som nedbrytare av dött organiskt material och som pollinatörer.

Namnet Leddjur kommer av att kroppen är ledad och indelad i segment. Hos leddjuren är huden (kutikulan) ofta mer eller mindre förhårdnad. Den utgör ett yttre skelett, som tjänar som skydd, men också är ett fäste för musklerna. Hudskelettet begränsar tillväxten och måste bytas när djuren växer. Därför ömsar leddjuren hud mellan varje utvecklingsstadium.

För cirkulationen finns ett hjärta, men blodkärssystemet är öppet och kroppsvätskan (hemolymfan) cirkulerar fritt i kroppshålan. Andning sker genom gälar, boklungor eller ett trakésystem. Boklungor består av tätliggande tunnhudade lameller (blad) med en gemensam öppning utåt. De kan liknas vid en typ av inre gälar, men finns hos landlevande organismer. Trakéer är förgrenade luftrör, vars yttre öppningar kallas spirakler. Dessa öppningar kan man tydligt se hos större larver.

Nervsystemet består av flera parvisa ganglier som hålls samman av två långa nervtrådar förbundna med hjärnan. Detta kallas bukgangliokedja och den kan liknas vid en repstege. Hjärnan är en

Tabell 1. Systematisk indelning av leddjuren..

Rike	Stam	Klasser
Djurriket (Animalia)	Leddjur (Arthropoda)	Kräftdjur (Crustacea) Palpkäkar (Chelicerata) Sexfotingar (Hexapoda) Mångfotingar (Myriapoda)
		Spindeldjur - Arachnida m.fl. Urinsekter (Entognatha ordn. Collembola), Äkta insekter (Insecta). Dubbel­fotingar, Enkelfotingar m.fl.

Tabell 2. Viktiga ordningar och exempel på familjer inom Spindeldjuren.

Ordning (urval)	Exempel på familjer
Spindlar (Aranae)	
Kvalster (Acari)	Spinnkvalster Dvärgkvalster Gallkvalster
Skorpioner	
Lockespindlar	
Fästingar	

sammansmältning av tre ganglie-par. Hjärnan är störst hos samhällsbildande insekter, såsom bin och myror. Receptorer för känsel sitter vanligen i känselhår på ben och antenner. Luksinnetts mottagningsorgan (kemoreceptorerna) sitter också på antennerna. Smak­sinnet är främst beläget på mundelarnas utskott, de s.k. palp­erna, men hos vissa insekter kan det också sitta under fötterna.

De flesta leddjur lägger ägg, men några få uppvisar vivipari (föder levande ungar), t.ex. bladlöss och skorpioner. Många insekter kan också fortplanta sig utan föregående befruktning (partenogenetiskt). Inom många arter finns både sexuell och partenogenetisk förökning. Förekomsten av hanar varierar mycket mellan olika arter.

SPINDELDJUR, ARACHNIDA

Spindeldjur har normalt fyra benpar. Liksom insekter andas de genom trakéer (luftrör) eller s.k. boklungor. Spindeldjur har 2-12 punktögon, men fasettögon saknas. De har inga antenner, utan istället känselhår på benen. Även luktorganen sitter på benen.

Spindlar, Aranae

Det finns över 42.000 kända spindelarter i världen och de lever i de mest skiftande miljöer. Spindlar är rovdjur och huvudfödan är insekter. De spelar en stor roll som rovdjur (predatorer) både i naturen och på odlad mark. Efter deras sätt att fånga sina byten kan de indelas i nätbyggare och jaktspindlar. Det finns även andra arter av passiva jägare som inte bygger nät. De flesta arterna injicerar gift för att förlama, döda och bryta ner bytesdjuren eller för att skydda sig själva. Att matspjälkningen delvis är extern är viktigt, eftersom spindlar endast kan inta flytande föda. De suger i sig bytesdjurens innanmäte.

Spindlarnas kropp är tvådelad: framkropp (huvudet är sammanvuxet med mellankroppen) och bakkropp (abdomen), se figur 12-1. Spindlarna har åtta ben och vanligen åtta punktögon. Jagande arter har två ögon som är större än de andra och centralt placerade på främre delen av huvudet. Spindlar saknar luktsinne och hörsel, men är känsliga för vibrationer. Kroppen kan vara mer eller mindre täckt av hår.

Alla spindlar kan bilda en tunn och stark proteintråd från spinnvärtorna,



12-1. Spindel. Foto: SLU bildarkiv.

som finns på undersidan av bakkroppen. Tråden kan användas till nät, men också som material för bon, äggsäckar, spinna in byten eller till hjälp för att klättra. Små spindlar kan använda tråden för att sprida sig längre sträckor. De spinner en lång tråd, låter den fångas av vinden och ”flyger” iväg (s.k. ballongflykt).

Spindlar har sexuell förökning och de lägger ägg. Äggen läggs i s.k. äggsäckar, spunna av spindeltråd, och fyllda med många ägg. Ur äggen kläcks små spindlar, som alltmedan de växer byter hud ett antal gånger innan de blir vuxna.

Kvalster, Acari

Det finns ca 40.000 beskrivna kvalsterarter, men man tror att det finns mångdubbelt fler. Kvalster tillhör spindeldjuren, men har en oledad klumpig kropp. Om punktögon finns är de högst fem till antalet. Kvalstren har en framåtriktad snabellik sug- eller bitapparat. De har trakéer eller andas direkt genom huden.

Kvalster kan föröka sig både sexuellt och partenogenetiskt (utan befruktning). De har följande utvecklingsstadier: ägg, larv, två nymfstadier och vuxen. Larverna skiljer sig från nymferna genom att de endast har tre benpar. De flesta kvalster har en kort generationstid, ca två till fyra veckor beroende på temperatur.

Kvalster livnär sig på många olika sätt. Bland växtskadegörarna kan nämnas spinnkvalster och gallkvalster. De suger växtsaft och gallkvalster orsakar dessutom olika typer av gallbildningar på växterna. Andra kvalster är

Spinnkvalster

Faktaruta 1.

Spinnkvalster lever av att suga växtsaft och därigenom försvagas plantorna. I svåra fall kan angreppen leda till nedvissning. Spinnkvalster trivs när det är torrt och varmt. Den vanligaste arten är växthusspinnkvalstret, *Tetranychus urticae*, som trots sitt namn angriper växter både på friland och i växthus. Växthusspinnkvalstret är ca 0,5 mm stort och har en mycket stor värdväxtkrets, alltifrån örter till vedartade växter. Skadebilden är mycket små gula prickar på bladen, som mister sin lyster och får ett dammigt utseende. Växthusspinnkvalstret spinner trådar speciellt i skottopparna. Växtvävnaden gulnar så småningom och vissnar.

Ett annat vanligt spinnkvalster är fruktträds-spinnkvalster, *Panonychus ulmi*, som kallas rött spinn på grund av sin röda kroppsfärg. Fruktträdspinnkvalstret övervintrar i äggstadiet, medan växthusspinnkvalstret övervintrar som vuxna honor, s.k. dvalhonor.

Foto ovan: Vuxet växthusspinnkvalster och ägg. Foto: SLU bildarkiv.

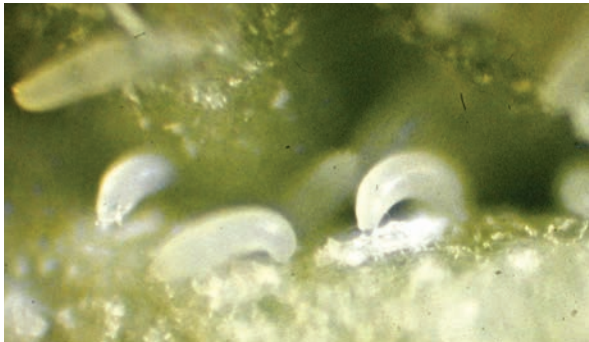
Foto nedan: Angripen skottopp. Foto: SLU bildarkiv.



Gallkvalster

Faktaruta 2.

Gallkvalster har en avlång, larvliknande kropp och endast två par ben, som sitter i framändan av kroppen, se figur nedan. De är endast 0,1-0,2 mm långa och kan inte ses för blotta ögat. Dessa kvalster är mycket värdväxtspecifika och en art angriper bara en eller ett fåtal växtarter. De orsakar gallbildningar av många olika typer. Det kan vara hornlika utväxter, knottror, uppsvällda knoppar m.m. I gallerna kan det finnas hundratals, ibland tusentals gallkvalster. Vid vissa arters angrepp bildas en filtliknande beläggning (sk. erineum), se figur nedan. Denna kan variera i färg och vara vit, ljusgrön, brun eller röd. En del gallkvalsterarter orsakar inga galler utan är fritt levande. Gallkvalsterna övervintrar i knoppar och därför är spridning genom vegetativ förökning av växtmaterial vanlig och av stor betydelse. De kan också spridas med insekter och fåglar eller med vinden under den korta tid de finns fritt på bladen.



Gallkvalster med larvliknande kropp. Foto: SLU bildarkiv.



Hornlika utskott på lind orsakad av gallkvalster. Foto: SLU bildarkiv.



Svarta vinbärsknoppar som är angripna av vinbärsgallkvalster svullnar upp och blir runda. Foto: Elisabeth Kärnstam.



Filtliknande beläggning på bok orsakad av gallkvalster. Foto: Elisabeth Kärnstam.

svampätare eller lever av dött organiskt material, s.k. förmultningskvalster. Det finns också många arter rovlevande kvalster (s.k. rovkvalster). Bland dem finns arter som används för biologisk bekämpning av spinnkvalster, dvärgkvalster, och trips, men även för bekämpning av lite större djur som sorgmygglarver. Rovkvalster är viktiga naturliga fiender.

KRÄFTDJUREN, CRUSTACEA

De flesta kräftdjur lever i vatten, men även de som lever på land föredrar fuktiga miljöer. Det finns både arter som simmar, som kryper på botten eller som är fastsittande. Kräftdjuren är vanligen predatorer, asätare eller filtrerare. De flesta kräftdjur är skildkönade, har sexuell förökning och lägger ägg.

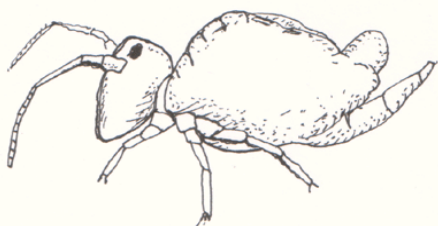
Kräftdjuren har en komplicerad systematik, men oftast indelas understammen i sex klasser. Av dessa är klassen Storkräfter den artrikaste och hit hör bl.a. gråsuggor, räkor, kräftor och krabbor.

12-2. Gråsugga. Foto: Elisabeth Kärnstam.



Ordning Gråsuggor, Isopoda

Bland gråsuggorna finns både landlevande och vattenlevande arter. Totalt är ca 10.000 arter beskrivna. Gråsuggor är vanligen 3-12 mm långa, med tillplattad kropp och tydliga bakkroppssegment (fig. 12-2). De har antenner och sju par ben, av vilka det sista paret hålls rakt bakåt. Gråsuggor andas huvudsakligen med gälar och är därför beroende av fuktiga miljöer. Landlevande gråsuggor livnär sig vanligen på dött växtmaterial, men kan ibland angripa levande växtvävnad.



Sminthuridae sp. (Collembola)

12-3. Klotkollembol. Illustration: Halvar from Norway.



12-4. Ledkollembol. Foto: Elisabeth Kärnstam.

URINSEKTER, ENTOGNATHA

Urinsekterna är små vinglösa djur som skiljer sig från insekter genom att de saknar fasettögon och har andra typer av käkar. De indelas i ordningarna Trevfotingar (Protura), Larvborstsvansar (Diplura) och hoppstjärtar (Collembola).

Hoppstjärtar, ordning Collembola

Hoppstjärtar finns över hela jorden. Cirka 9.000 arter är beskrivna, varav 300 finns i Sverige. De blir maximalt 6 mm långa, har tre par ben och antenner med högst sex leder, men vingar saknas. Om ögon finns är det samlingar av punktögon. Mundelarna brukar vara bitande, men en del arter har stickande-sugande mundelar. Ungstadierna och de vuxna liknar varandra.

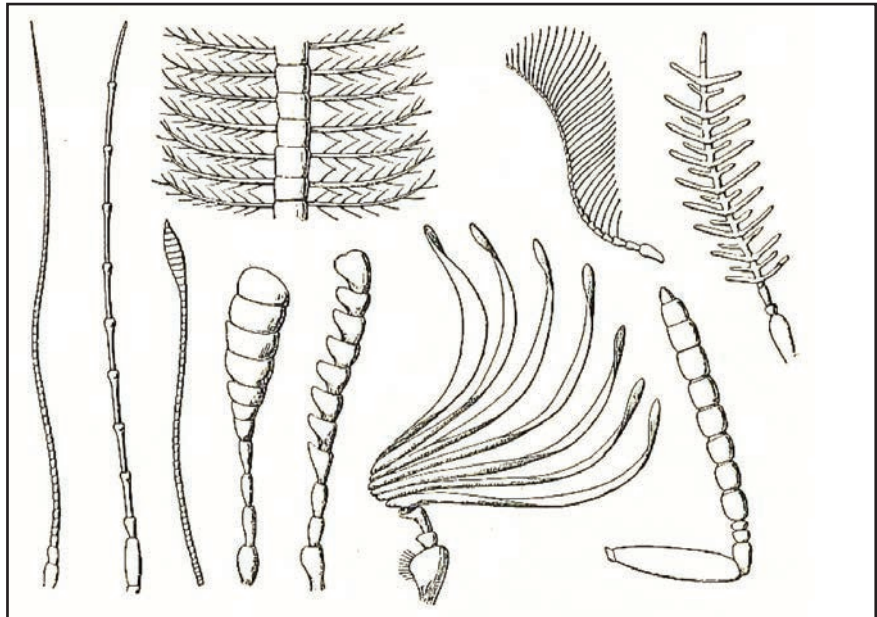
Karaktäristiskt för hoppstjärtarna och det som givit dem deras namn är hoppgaffeln (furca), som sitter på undersidan av bakkroppen.

Hoppstjärtarna indelas efter sin kroppsbyggnad i två underordningar.

Klotkollemboler, som har en nästan klotformig bakkropp utan tydliga gränser mellan segmenten (fig. 12-3). De lever ofta i markvegetationen där de gnager på levande växter.

Ledkollemboler, som har en långsträckt bakkropp med tydliga segmentgränser (fig. 12-4). De lever främst av dött organiskt material och svamphyfer. De finns ofta i stora mängder i förnan.

12-5. Olika antenntyper hos insekter.
Illustration: Tullgren (1920) Svenska insekter.



EGENTLIGA INSEKTER, INSECTA

Insekterna är djurrikets artrikaste grupp. Det finns ungefär en miljon kända insektsarter i världen och de utgör ca 80% av totala antalet kända djurarter. I Sverige har man beräknat att det finns 25.000 olika arter och det upptäcks ständigt fler. Namnet Insecta betyder ”insnörd”.

Insekternas anatomi

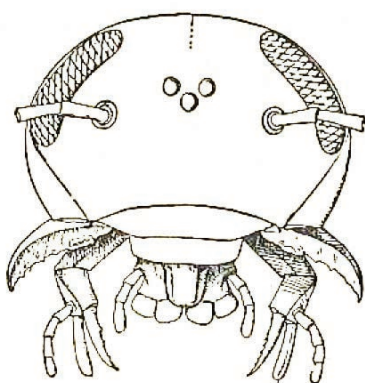
Hos insekterna har kroppen tre grundläggande delar: huvud, mellankropp (thorax) och bakkropp (abdomen). Varje kroppsdel är i sin tur indelad i ett antal segment, som brukar synas tydligast på bakkroppen. Insekterna har ett yttre hudskelett. Huden kallas kutikula och består av kitin och proteiner. Hos vissa insekter blir huden hård, sklerotiserad. Insekterna andas främst genom ett trakésystem, vars öppningar i huden kallas spirakler.

Huvudet

På huvudet finns ögon, antenner och mundelar. Insekterna har ett par sammansatta s.k. fasettögon. De kan vara mycket stora, främst hos jagande arter. Vanligen har en insekt också tre punktögon (oceller) på hjässan.

Antennerna, som kan ha mycket varierande utseende, är en viktig karaktär i artbestämningen. Hos varje art har de sin speciella utformning och antal segment, se figur 12-5. Antennerna kallas ibland känselspröt och här sitter sinnesorgan för känsel, men även doftreceptorer. Dofter är mycket viktiga för insekter. Genom doften kan de identifiera värdväxter och artfränder. Hanar har ofta mer utvecklade antenner, med plats för fler doftreceptorer, för att på långt avstånd kunna lokalisera honorna.

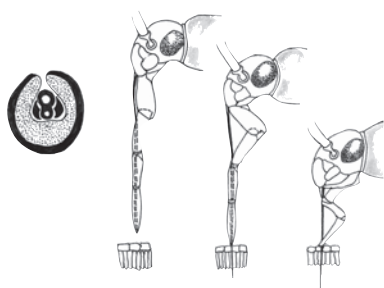
Mundelarna består av överläpp (labrum), underläpp (labium), ett par överkäkar (mandibler) och ett par underkäkar (maxiller), se figur 12-6. På underläppen sitter ett par ledade utskott (palper), som är säte för smaken. Överkäkarna är kompakta och hårda och används för att bita och tugga med. Insekterna med denna utformning på mundelarna har bitande mundelar. Rovdjur har kraftiga överkäkar för att fånga, hålla fast och sönderdela bytet. Även bitande mundelar kan vara modifierade. Hos fluglarver till exempel hittar vi en speciell typ av bitande mundelar, som kallas munhakar.



12-6. Bitande mundelar hos skalbagge.
Illustration: Tullgren (1920) Svenska insekter.

Tabell 3. Systematisk indelning av egentliga insekter..

Överordning	Ordning
Exopterygota (ofullständig förvandling)	Silverborstsvansar (Zygentoma)
	Dagsländor (Ephemeropter)
	Trollsländor (Odonata)
	Bäcksländor (Plecoptera)
	Tvestjärtar (Dermaptera)
	Hopprätvingar (Orthoptera)
	Kackerlackor (Blattodea)
	Stövsländor (Psocoptera)
	Djurlöss (Phthiraptera)
	Halvvingar (Hemiptera)
Tripsar (Thysanoptera)	
Endopterygota (fullständig förvandling)	Nätvingar (Neuroptera)
	Skalbaggar (Coleoptera)
	Tvåvingar (Diptera)
	Näbbländor (Mecoptera)
	Loppor (Siphonaptera)
	Nattsländor (Trichoptera)
	Fjärilar (Lepidoptera)
	Steklar (Hymenoptera)

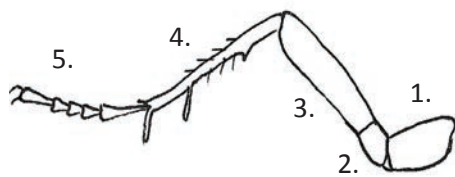


12-7. Stickande-sugande mundelar.
Illustration: Carlos C. Sandskär efter (Poisson (1951)).

Många insekter kan endast inta flytande föda och hos dem har mundelarna ombildats till stickande-sugande eller slickande-sugande mundelar. De stickande-sugande mundelarna kännetecknas av att över- och underkäkarna omvandlats till ett tunt och hårt stickborst, som innehåller en saliv- och en näringskanal. Stickborstet omges av ett mjukt, ledat hölje, den s.k. snabelskidan, bildat av underläppen (fig. 12-7). Stickborstet kan stickas djupt in i växtvävnaden av insekter som äter svåråtkomlig flytande näring.

Slickande-sugande mundelar finns t.ex. hos vuxna fjärilar, bin och de flesta flugor. Fjärilar saknar i regel mandibler och maxillerna har ombildats till en sugsnabel (sugrör). I vila håller de sugsnabeln hoprullad under huvudet. Flugorna har en annan typ av sugsnabel som bildats av underläppen (labium). Den avslutas av en bred tjock platta med fina kanaler där födan sugas upp.

Mellankroppen



12-8. Insektens ben. 1-höft, 2-lårring, 3-lår, 4-skenben, 5-fot.
Illustration: Elisabeth Kärnestam.

Mellankroppen består av tre kroppssegment. På vart och ett av dessa tre segment finns ett par ben. Insektens ben består av fem delar och de är från kroppen räknat höft (coxa), lårring (trochanter), lår (femur), skenben (tibia) och fot (tars), se figur 12-8. På skenbenen kan det finnas borst, taggar och/eller sporrar. Foten består av flera leder med klor längst ut.

De flesta insekter har i vuxet stadium två par vingar på vardera av de två bakre mellankroppssegmenten. Vingarna är ofta tunna, genomskinliga och har ett varierande mönster av vingribbor. Vingmärket är en förtjockning i membranet mellan en ribba och vingens framkant. Vissa arter kan ha fläckiga

vingar och hos fjärilarna är vingarna klädda med fjäll. Hos vissa insekter, framförallt hos skalbaggar, är det främre vingparet förtjockat och färgat och fungerar som täckvingar. Hos de lägst stående insekterna och hos vissa parasitära former saknas vingar.

Bakkroppen

Hos de äkta insekterna består bakkroppen (abdomen) vanligen av 11 segment. Varje segment har en ryggplåt och en bukplåt förenade av tunn hud. Detta gör att bakkroppen kan utvidgas, t.ex. vid intag av mycket föda eller vid utveckling av ägg. Bakkroppen innehåller matsmältnings-, utsöndrings- och parningsorgan. På bakkroppsspetsen kan finnas olika former av utskott.

Utvecklingsstadier

Insekter har olika utvecklingsstadier. Till överordning Exopterygota hör insekter med ofullständig förvandling (hemimetabol metamorfos) och till överordning Endopterygota hör insekter med fullständig förvandling (holometabol metamorfos).

Ofullständig förvandling har alla insekter i början av systemet fram till och med ordningen tripsar, se tabell 3. Dessa insekter är aktiva och intar föda i alla sina utvecklingsstadier. Vid fullständig förvandling genomgår insekten ett puppstadium. I detta stadium intas ingen föda och puppan är mer eller mindre orörlig. Ur puppan kläcks en vuxen insekt som är helt olik sitt larvstadium.

Övervintring

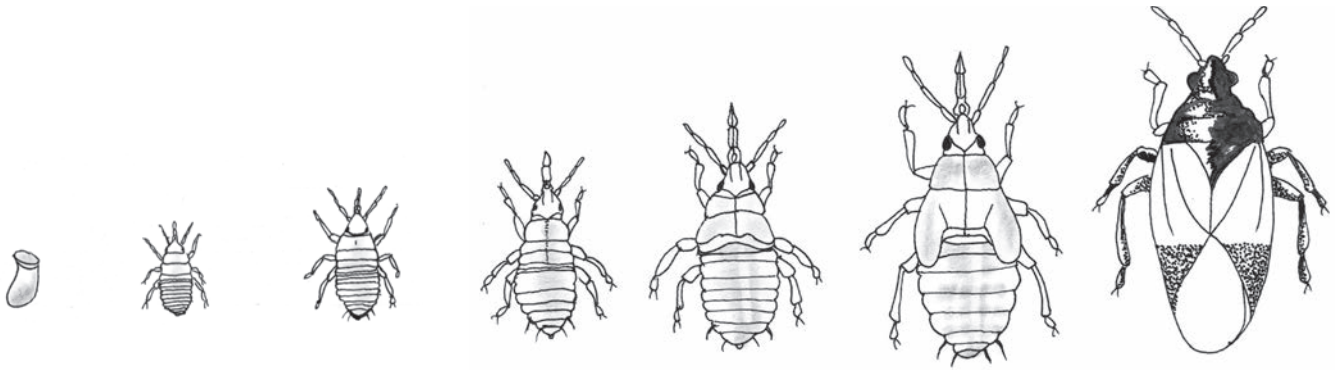
Olika insekter övervintrar i olika utvecklingsstadier. Ett vilstadium där ingen föda intas och även andra livsprocesser är nedsatta kallas diapaus. Äggstadium och puppa är sådana diapauser och många insekter övervintrar just som ägg eller puppa. Men hos vissa insekter kan larver eller vuxna gå i diapaus. Både ljus och temperatur påverkar via hormoner när diapaus inträder.

Insekternas försvar

Insekter har utvecklat olika strategier för att försvara sig mot naturliga fiender. De kan smälta in i omgivningen genom att vara kamouflerade till färg och eller form. En fjäril kan t.ex. likna barken på den trädstam den sitter på, larver kan likna kvistar, se fig. 12-9. Mimicry innebär att en insekt till utseendet liknar eller beter sig som en annan farlig organism. Många insekter, t.ex. blomflugor och vissa skalbaggar, liknar getingar. Insekter kan



12-9. Fjärilslarv (mätare) som liknar en pinne. Foto: Peter Chew, c-entomart.



12-10. Ofullständig förvandling. Skinnbaggarnas livscykel med ägg, 5 nymfstadier och vuxen skinnbagge. Illustration: Carlos C. Sandskär efter förlaga av Rik Slinger i *Knowing and recognizing* (1992). Med tillstånd från Koppert Biological Systems.

skrämmas genom ögonfläckar på vingarna eller en hotfull kroppsställning. De kan utsöndra gift eller illaluktande ämnen som gör dem oaptitliga, t.ex. nyckelpigor, skinnbaggar, håriga fjärilslarver. Giftiga insekter har ofta skarpa färger. Vissa insekter har ett passivt försvar, de låter sig falla till marken och undkommer därmed en annalkande fara.

EXOPTERYGOTA – INSEKTER MED OFULLSTÄNDIG FÖRVANDLING

Utvecklingsstadierna hos insekter med ofullständig förvandling är ägg, ett antal nymfstadier och vuxen insekt, se figur 12-10. Nymferna liknar de vuxna, de har samma typ av mundelar och livnär sig på samma sätt. Mellan varje stadium ömsar nymferna hud. I det sista nymfstadiet syns vinganlagen tydligt på sidorna på kroppen.

Tvestjärtar, Dermaptera

Totalt har ungefär 1.800 arter beskrivits. Tvestjärtar finns framför allt i tropiska områden. Endast fyra arter finns representerade i Sverige, däribland vanlig tvestjärt, *Forficula auricularia*.

Tvestjärtar utmärks av sin långsträckt, platta kroppsform, sina korta täckvingar samt av sin ”tång” på bakkroppens spets. Tången används till försvar. Hane och hona kan skiljas åt genom formen på tången. Hos honan är skänklarna relativt raka, medan de hos hanen är starkt böjda. Flygvingar finns hos en del arter, men saknas hos andra. Vingarna ligger hopvikta och dolda under de små täckvingarna.

Tvestjärtar är mest aktiva på natten och på dagen döljer de sig under stenar eller andra mörka och fuktiga platser. De kryper gärna in i trånga utrymmen.

Hopprätvingarnas ljudvärld

Faktaruta 3.

Hopprätvingarna kommunicerar med varandra med hjälp av ljud, och har därför både ljudorgan och ”öron”. Denna ljudalstring kallas för stridulation. Vanligen är det endast hanarna som spelar. Syrsor och vårtbitare gnider främre delen av täckvingarna mot varandra. Gräshoppor däremot stridulerar genom att stryka baklåren mot täckvingarna. Hörselorganen sitter på framskenbenen hos syrsor och vårtbitare, medan gräshoppor har sina ”öron” på främre delen av bakkroppen.



12-11. Gräshoppa. Foto: SLU bildarkiv.

Tvestjärtar har bitande mundelar och är allätare. De äter ofta vegetabilisk föda som mjuka, saftiga frukter och växtdelar som är skadade, till exempel maskättna äpplen och päron. Honan utför en sorts yngelvård genom att hon med sin kropp skyddar inte bara äggen, utan även de nykläckta ungarna, som ganska länge under uppväxten håller ihop i familjer.

Hopprätvingar, Orthoptera

Ordningen omfattar cirka 20.000 arter, varav 38 arter finns i Sverige. Hit hör bl.a. vårtbitare, syrsor och gräshoppor. Hopprätvingar är landlevande och förekommer i olika klimat, allt ifrån tropiska regnskogar till torra öknar och saknas bara i de allra kallaste områdena på jorden.

Hopprätvingar är medelstora till ganska stora insekter med en kraftig kroppsbyggnad. De svenska arterna är 10 - 60 mm långa. Bakbenen är särskilt långa och har hos många arter omvandlats till hoppredskap med starkt förtjockade lår, se figur 12-11. De har till skillnad från andra insekter en stor sadelformad halssköld. Hopprätvingarna har oftast fullt utvecklade vingar, men det finns också vinglösa arter. Det främre vingparet är förhårdnade täckvingar och det bakre paret är tunna, mjuka flygvingar. Antennerna är smala och kan vara mycket långa. Mundelarna är kraftiga och bitande. Vårtbitarna är huvudsakligen predatorer, medan övriga hopprätvingar är växtätare.

Hopprätvingar har ofullständig förvandling. Efter äggets kläckning utvecklas de genom ett antal nymfstadier till vuxna. Nymfen påminner redan från början om den fullbildade insekten, med undantag för att den är mindre och saknar vingar. För varje utvecklingsstadium blir nymfen mer lik den vuxna insekten och i de senare stadierna börjar även vinganlagen synas.

I vårt land gör hopprätvingarna inte någon nämnvärd skada på växtligheten. I sydligare trakter uppträder vandringsgräshoppor (sträckgräshoppor) ofta i stora svärmar och kan då kaläta det mesta som kommer i deras väg.

Halvvingar, Hemiptera

Halvvingarna omfattar många både vanliga och allvarliga växtskadegörare. Av den anledningen beskrivs här även de ingående familjerna, se tabell 4.

Inom Växtsugarna finns ca 1.150 arter i Sverige. De utgör en mångformig

Tabell 4. Exempel på överfamilj/familj som tillhör ordningarna Växtsugare och Skinnbaggar.

Ordning	Underordning	Överfamilj/familj
Växtsugare (Homoptera)	Stritar	Cikdor och stritar
	Växtlöss	Bladloppor
		Bladlöss
		Mjöllöss ('vita flygare')
		Sköldlöss
		Ullöss
Skinnbaggar (Heteroptera)	Bärfisar	
	Ängsskinnbaggar	
	Näbbskinnbaggar	
	Nätstinkflyn	



12-12. Strit vuxen och nymf.
Foto: SLU bildarkiv.

grupp och tillbakabildningar av olika organ är vanliga. Sködlössens honor saknar både antenner, ögon och synliga ben. Växtsugarna är små insekter med en kroppslängd som sällan överstiger fem mm. De har två par vingar som i vila hålls taklagda över kroppen. Vinglösa former förekommer.

Ordningen omfattar många allvarliga växtskadegörare. De suger växtsaft och har en stick- och sugsnabel med en ledad snabelskida. De flesta växtsugare suger direkt i växtens ledningsbanor. Växterna försvagas genom avtappning av vätska, vilket leder till tillväxthämning och ibland vissnande. I saliven har många växtsugare toxiska ämnen, som leder till att växten får deformationer, färgförändringar eller gallbildningar. Flera växtsugare, främst bland bladlössen men även stritar och mjöllöss, kan vara vektorer för virussjukdomar.

Ordningen Växtsugare delas i två underordningar: Stritar (Auchenorrhyncha) och Växtlöss (Stenorrhyncha).

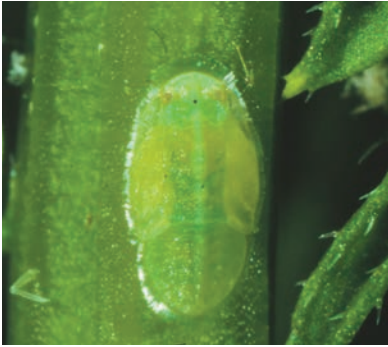
Stritar, underordning Auchenorrhyncha

I Sverige finns knappt 400 stritararter och storleken är vanligen 2 - 9 mm. Stritarna skiljer sig från övriga växtsugare främst genom huvudets trekantiga form och antennernas byggnad, se figur 12-12. Antennerna är oftast mycket korta och består av två basala leder och avslutas med ett tunt borst. De flesta stritar har färgade, ibland läderartade, framvingar som i vila hålls taklagda över kroppen. Både vuxna och nymfer har hoppförmåga. Övervintringen sker oftast i äggstadiet.

Stritar har ofullständig förvandling. Både nymfer och vuxna suger växtsaft. Skadorna på värdväxterna utgörs av tillväxthämning, gula prickar och ibland krusighet. Exempel på allmänna växtskadegörare bland stritarna i vårt land är rosenstrit och spottstrit.

Växtlöss, underordning Stenorrhyncha

Växtlössen suger sin näring direkt i växtens ledningsbanor och de enskilda cellerna skadas därför inte. De utsöndrar sitt överskott av kolhydrater som sockerhaltig s.k. honungsdagg. Häri utvecklas sotdaggsvampar, vilket förfular plantorna och medför minskad fotosyntes. Bladloppor, vissa



12-13. Bladlappsnymf.
Foto: SLU bildarkiv.



12-14. Bladlus, adult och nymf. Pilar indikerar bladlusens sifoner. Foto: Elisabeth Kärnestam.



12-15. Skott kraftigt angripet av bladlöss.
Foto: SLU bildarkiv.



12-16. Vinbärsblad angripna av vinbärsbladlusen (*Cryptomyzus ribis*). Typiska symptom är röd-lila buckligheter på bladen. Foto: Elisabeth Kärnestam.

bladlöss, mjölldöss, sköldlöss och ullöss utsöndrar också vax, vilket bl.a. skyddar mot naturliga fiender och uttorkning, men även mot besprutning med bekämpningsmedel. Vaxet syns som en grå eller vit beläggning på kroppen eller som ett vitt ludd. Hos sköldlössen bildar vaxet sköldarna.

Bladloppor

Det finns ca 90 arter bladloppor i Sverige. Vuxna bladloppor är 2 - 3 mm långa, har taklagda genomskinliga vingar och långa, flerledade antenner. De hoppar bra, men flyger dåligt. Nymferna är platta, breda (fig. 12-13) och relativt stillasittande. Nymferna utsöndrar mycket vax från körtlar på bakkroppen.

Bladloppor är oftast mycket värdväxtspecifika. Både nymfer och vuxna suger växtsaft i ledningsbanorna. Detta leder till tillväxthämning och bucklighet hos växtvävnaden. Bladlopporna utsöndrar mycket honungsdagg, vilket utgör en bra grogrund för sotdaggsvampar. Exempel på allmänna skadegörare är buxbombbladloppa, morotsbladloppa och päronbladloppa.

Bladlöss

Vuxna bladlöss är 1,5 - 4 mm långa och vingade eller ovingade. Bladlöss har en komplicerad livscykel med värdväxling och födsel av levande ungar (vivipari). Förökningen sker huvudsakligen partenogenetiskt (utan befruktning). I Sverige finns ca 560 olika bladlusarter.

Kroppen är mjuk och päronformad med en kort "svans" (cauda) i bakänden. En del arter utsöndrar vax, som ett vitt puder eller vita trådar. De egentliga bladlössen har ett par mer eller mindre välutvecklade ryggrör (sifoner, se figur 12-14) på bakkroppen, där de utsöndrar alarmferomoner. Hos barrbladlöss och pungbladlöss saknas sifoner. Arterna i båda dessa familjer orsakar gallbildningar på barr- respektive lövträd.

Förökningen är mycket snabb och bladlöss kan på kort tid bilda stora kolonier (fig. 12-15). Livscykeln är endast 8-10 dagar vid optimal temperatur. En vuxen bladlus kan föda flera ungar per dag. Den snabba utvecklingen medför att de byter hud ofta. Ofta upptäcker man ett angrepp genom att det finns mycket vita hudömsningsrester på bladen.

Vingade bladlöss bildas på försommaren och höst, men även under sommaren när kolonierna blivit stora och näringsinnehållet i värdväxten försämras. På friland övervintrar bladlössen som ägg. Ägg läggs endast efter sexuell förökning. I växthus och i varmt klimat kan den sexuella generationen saknas helt. Bladlössen måste då ha ständig tillgång till värdväxt för att överleva.

Bladlöss suger näring direkt i växtens ledningsbanor. Det orsakar tillväxthämning, deformationer, färgförändringar, bucklighet och ibland nedvissning av plantan, se figur 12-16. En del arter ger upphov till gallbildningar. Bladlössen utsöndrar sitt överskott av kolhydrater som en söt vätska, s.k. honungsdagg. Detta är alltså bladlössens ekskrementer. Myror dras till sockret och kan också hålla bladlössen som "husdjur" och försvara dem mot fiender. Många bladlusarter är dessutom effektiva virusvektorer och detta ökar ytterligare deras betydelse som växtskadegörare. Exempel på allmänna skadegörare är kålbladlus, plommonbladlus och rosenbladlus.

Bladlöss har många naturliga fiender. Det är parasitsteklar (parasitoider) av olika slag men också många olika rovdjur (predatorer). Nyckelpigor äter

Bladlössens livscykel

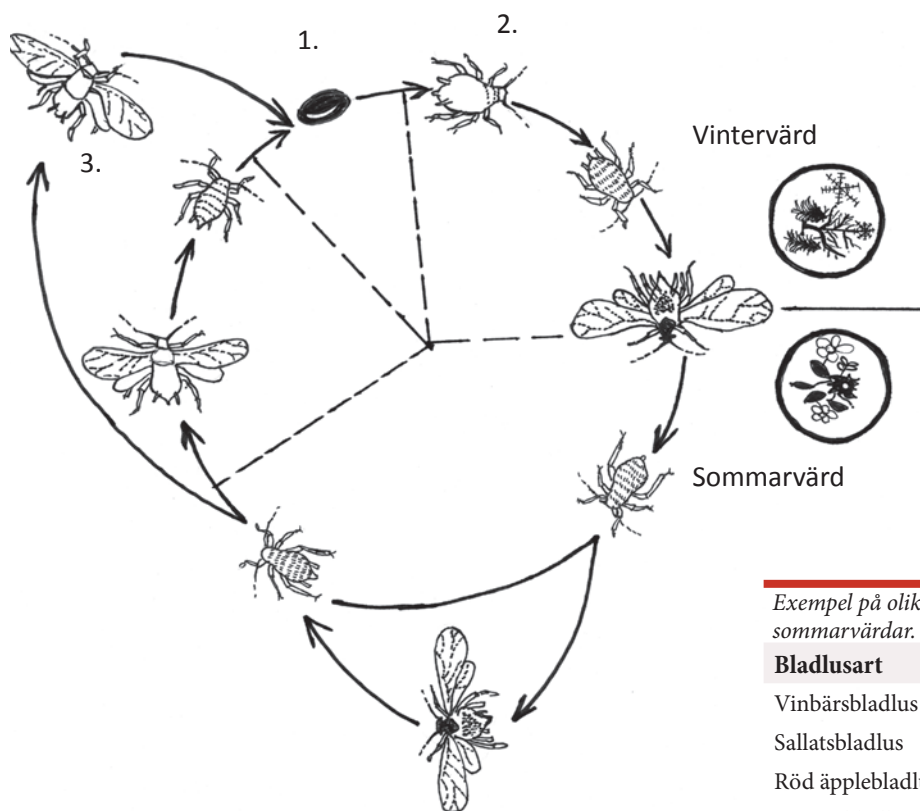
Faktaruta 4.

Bladlöss övervintrar som ägg på grenar av främst vedartade växter. På våren i samband med knoppsprickningen kläcks äggen. Det är enbart honor som kläcks ur äggen och dessa honor kallas stammödrar (fundatrix). De suger växtsaft ur knoppar och nyutslagna blad och börjar föröka sig. Förökningen sker utan befruktning, dvs partenogenetiskt. Speciellt för bladlössen är också att de föder levande ungar (vivipari). Vid bra klimat och näringstillgång kan en bladlöss föda flera ungar per dag. Detta gör att det snart bildas en koloni av bladlöss som alla härstammar från samma hona.

De flesta bladlusarter är värdväxlande med en vinter- (primär-) och en sommarvärd (sekundärvärd). Vintervärdet är vanligen vedartad och sommarvärdet örtartad. En dryg månad efter att den första bladlusen kläcks börjar vingade individer bildas. Fortfarande är alla honor. Dessa vingade bladlöss lämnar sin vintervärd och flyger till sin sommarvärd. Detta kallas migration. När bladlössen kommer till sin sommarvärd, som kan vara en kulturväxt eller olika ogräs, fortsätter de att föröka sig partenogenetiskt och föda levande ungar. När bladlössen har behov av att flytta till en ny planta, beroende på trängsel och sämre näringstillgång, bildas vingade bladlöss även under sommaren.

På sensommaren sker en höstmigration tillbaka till vintervärdet. På sommarvärdet föds då både vingade hanar och vingade honor. Detta är enda gången på året som hanar bildas. De vingade honorna och hanarna flyger tillbaka till vintervärdet. Honorna föder ytterligare en generation ovingade honor på vintervärdet. Dessa ovingade honor blir befruktade av de vingade hanarna. Detta är enda gången under året som bladlöss har sexuell förökning. De befruktade honorna lägger ägg på grenarna och dessa ägg övervintrar.

Det finns även bladlusarter som inte värdväxlar. Ett exempel är kålbladlusen som lever på kålväxter hela året. Äggen läggs på övervintrande kål (t.ex. höstraps) eller kvarblivna stjälkar. Ett annat exempel är grön äpplebladlus, som är mycket allmän. Denna art lever på äpple under hela säsongen. Främst skadas skotten under våren och orsakar tillväxthämning, men även frukterna kan bli förfulade av honungsdagg och sotdaggsvampar. Plommonbladlusen är ett mellanting. Den värdväxlar med bladvass, men många bladlöss stannar också kvar på plommon under hela säsongen. Bladlöss kan överleva året runt utan sexuell förökning om de har tillgång till värdväxt. Det sker i våra växthus men även i länder med ett mildare klimat. I sådana fall sker ingen värdväxling och honorna förökar sig genom jungfrufödelse året om. Det finns bladlusarter där man inte har kunnat påvisa förekomsten av hanar.

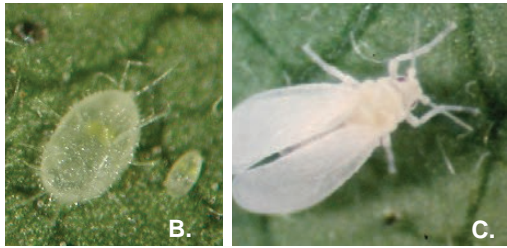
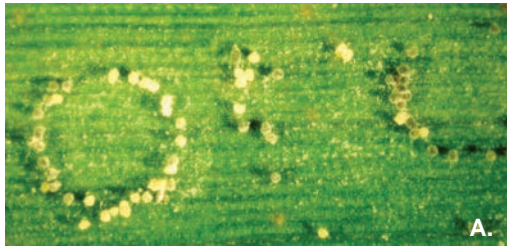


Förklaringsnyckel:
 1-övervintrande
 ägg, 2-stammödrar,
 3-bladlöss, alla övriga
 är honor

Illustration: Carlos C. Sandskär

Exempel på olika bladlusarters vinter- och sommarvärdar.

Bladlusart	Vintervärd	Sommarvärd
Vinbärsbladlus	Vinbär	Olika ogräs
Sallatsbladlus	Svarta vinbär	Sallat
Röd äpplebladlus	Äpple	Groblad
Morotsbladlus	Hagtorn	Morot
Salltsrotlus	Poppel	Sallat



12-17. Mjöllöss. A) Ägg. B) "Puppa". C) Vuxen.

Foto: SLU bildarkiv (A,B), Elisabeth Kärnstam (C).

bladlöss både som larver och vuxna. Larver av blomflugor, guldögonslända och bladlusgallmygga är också viktiga naturliga fiender. Under fuktiga förhållanden kan även svampinfektioner ha betydelse. Bladlöss har en förmåga att relativt snabbt utveckla resistens mot kemiska bekämpningsmedel.

Mjöllöss

Av de ca 15 mjöllusarter som finns i Sverige förekommer ett par arter främst som skadegörare i växthuskulturer. Sitt namn har de fått av att vingarna är täckta av ett vitt vaxpuder. De kallas i dagligt tal "vita flygare". Mjöllössen är 1 - 2 mm långa. De lägger samlingar av skaftade ägg, ofta i halvcirkelform. Ur ägget kläcks en larv med endast två par ben. Den kryper iväg och börjar suga växtsaft. Övriga nymfstadier är benlösa och fastsittande, till en början platta och genomskinliga. Senare nymfstadier blir tjockare och vax börjar produceras. Sista larvstadiet är puppliknande, se figur 12-17. Mjöllössen har sexuell förökning.

Både nymfer och vuxna mjöllöss utsöndrar mycket honungsdagg, som gör bladen blanka och klibbiga. I denna beläggning växer sotdaggsvampar, som ytterligare förfular och försvagar plantorna. Allmänna skadegörare är bl.a. rhododendronmjöllus och växthusmjöllus. Bomullsmjöllusen, som ibland förekommer i växthus, är vektor för flera olika virus.

Sköldlöss

I Sverige finns ca 90 sköldlusarter, varav hälften endast på inomhusväxter eller i växthus. Honorna är vinglösa och sitter orörligt fast på växten utan synliga ben och antenner och täckta av en vaxsköld. De har en kort sugsnabel, men mycket långa stickborst. Många arter förökar sig utan föregående befruktning (partenogenes). Om hanar finns är de oftast mycket små, högst två mm långa, med endast ett fullt utvecklat vingpar och de saknar sugsnabel.

Honan lägger en samling ägg under skölden, och därefter dör hon. Äggen ligger kvar i skydd av skölden tills de kläcks. Nymferna kryper iväg. När de börjar suga växtsaft blir de fastsittande, börjar producera vax och en ny sköld bildas. Olika arter har olika utseende på skölden. Den kan vara platt eller kullrig, rund eller avlång, och ha olika färg, ofta brun eller gulaktig, se figur 12-18. Sköldlössen suger näring direkt i ledningsbanorna. De utsöndrar mycket honungsdagg, som gör växterna klibbiga. I detta utvecklas sotdaggsvampar som ytterligare förfular och försvagar växterna. Sköldlöss är mycket svårbekämpade eftersom de skyddas av skölden.

Exempel på sköldlöss som angriper vedartade växter är kommasköldlus på fruktträd och pilsköldlus. Inomhus angrips ofta gröna växter av växthussköldlus eller gul palmsköldlus.

Ullöss

Ullössen är en familj inom sköldlössen, men skiljer sig från dessa genom att de är frilevande i alla stadier och saknar sköld. Honorna blir 3 - 4 mm långa, medan hanarna endast blir ca en mm. De har en tydligt segmenterad kropp, som är täckt av ett vaxpuder, se figur 12-19. Längs kroppssidorna och i bakkroppsspetsen sitter långa vaxstrålar. Äggsamlingar och nymfer är ofta täckta av vita vaxtussar.

Äppleullusen angriper fruktträd av olika slag. Den kan överföra ett virus som orsakar dvärgsjuka hos körsbär. I övrigt är ullöss vanligast på inomhusväxter.



12-18. Sköldlöss. Foto: SLU bildarkiv.



12-19. Ullöss, vuxen. Foto: Elisabeth Kärnstam.



12-20. A) Skador på jordgubbar orsakade av skinnbaggar. B) Ängsskinnbagge (*Lygus pratensis*)
Foto: SLU bildarkiv (A), C-entomart (B).



Skinnbaggar, Heteroptera

I Sverige finns knappt 600 arter skinnbaggar och de varierar i storlek från endast 0,5 till ca 20 mm. Skinnbaggar kallas ofta stinkflyn beroende på att de har körtlar på mellankroppen som avger ett illaluktande sekret. Utvecklingen är ofullständig och de har följande stadier: ägg, fem nymfstadier, vuxen skinnbagge (fig. 12-10). Nymferna liknar de vuxna och livnar sig på samma sätt, men saknar vingar. I de sista nymfstadierna syns de yttre vinganlagen.

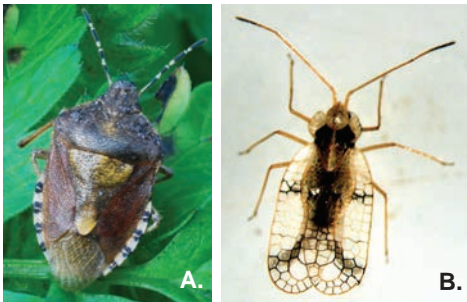
Skinnbaggar har hård kropp, stor halssköld och en trekantig skutell (fig. 12-20), vilket gör att en del arter liknar skalbaggar. Framvingarnas byggnad skiljer sig markant från skalbaggararnas täckvingar. Hos skinnbaggarna är den inre halvan av täckvingarna mer eller mindre förhårdnad (sklerotiserad), medan den yttre delen är genomskinlig och har vingribbor. Skinnbaggarna har en kraftig sugsnabel, som i vila ligger infälld under kroppen.

De flesta skinnbaggar lever av växtsaft, men det finns arter som är blodsugare på däggdjur. Det finns även vattenlevande arter och arter som är rovdjur. Växtskadegörarna angriper ofta skottspetsar, knoppar och annan ung växtvävnad. Sticken med den kraftiga sugsnabeln orsakar cellernas död och det leder till deformationer när vävnaden växer vidare, se figur 12-20A. Exempel på växtslag som ofta angrips av skinnbaggar är olika grönsaker, jordgubbar, äpple, päron och rhododendron.

De fyra familjer som har störst betydelse ur växtskyddssynpunkt är:

- familjen Miridae – ängsskinnbaggar (fig. 12-20B)
- familjen Pentatomidae – bärfisar (fig. 12-21A)
- familjen Anthocoridae – näbbskinnbaggar
- familjen Tingidae – nätstinkfly (fig. 12-21B)

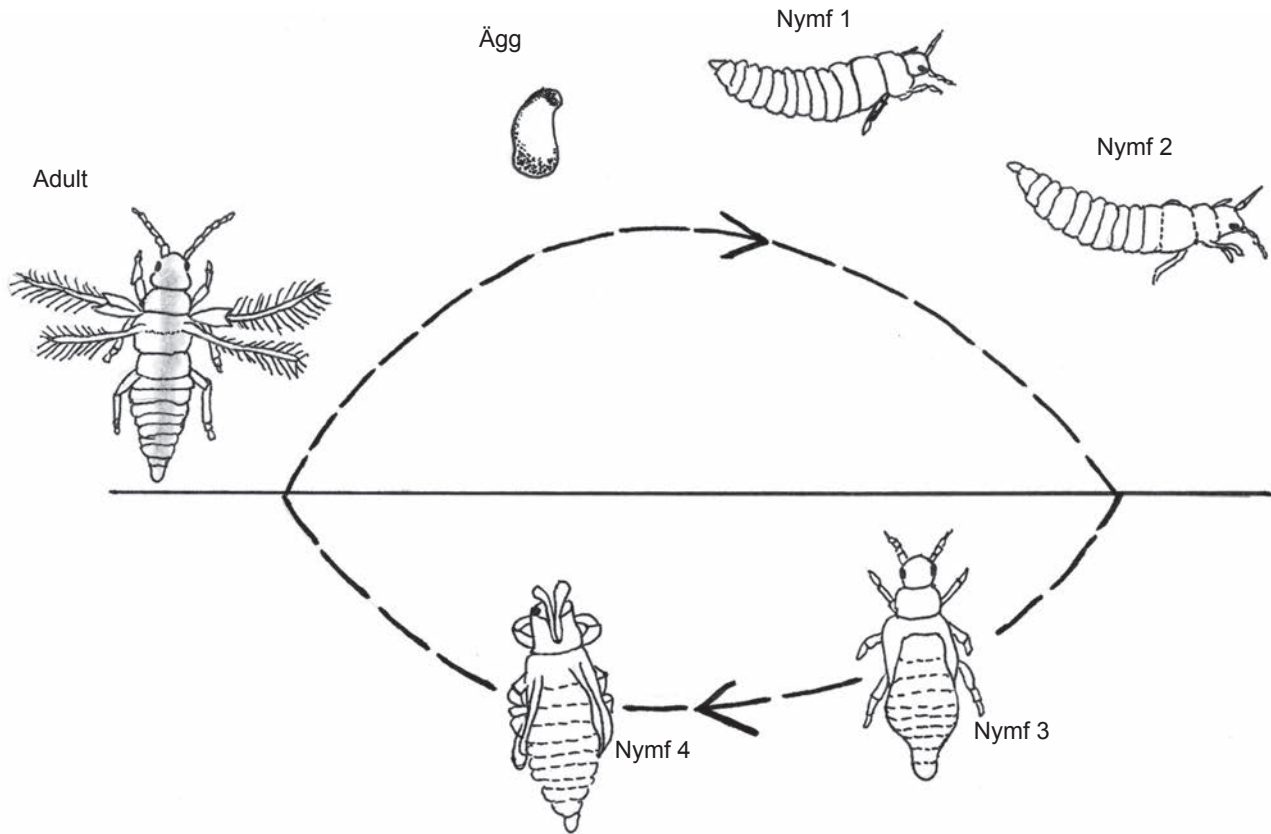
I dessa fyra familjer hittar vi flera viktiga växtskadegörare. Inom familjerna ängs- och näbbskinnbaggar hittar vi även många rovdjur som är viktiga naturliga fiender och används i biologisk bekämpning.



12-21. A) Bärfis (*Dolycoris baccara*). B) Nätstinkfly.
Foto: Tristan Bantock (A), Elisabeth Kärenstam (B).



12-22. Vuxen trips. Foto: SLU bildarkiv.



12-23. Livscykel för trips.

Illustration: Carlos C. Sandskär efter Reinhard Albert från *Biologisk bekämpning av skadedjur*, Boel Sandskär (1999).

Tripsar, ordning Thysanoptera

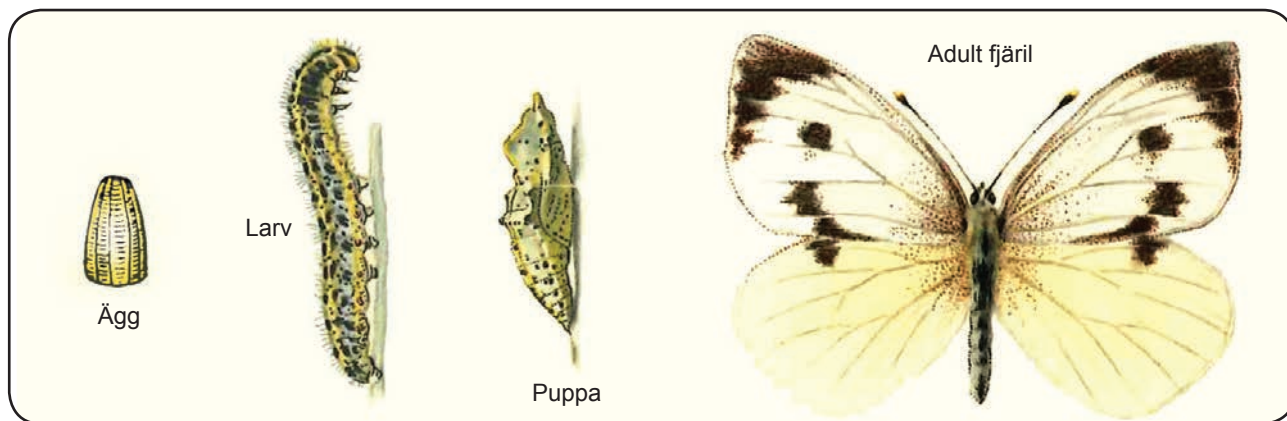
Tripsar kallades tidigare blåsfotingar på grund av att de har blåsliga vidhäftningsorgan på fötterna. Cirka 100 arter finns representerade i vårt land. Tripsar är endast 1 - 3 mm långa och har två par mycket smala fransiga vingar, se figur 12-22. Namnet Thysanoptera betyder just fransiga vingar. Tripsar har stickande-sugande mundelar. De lever gärna inuti blommor, knoppar och andra trånga utrymmen.

Tripsens utvecklingsstadier är: ägg – fyra nymfstadier – vuxen trips, se figur 12-23. De första två nymfstadierna liknar de vuxna, men är vitaktiga i färgen. De suger växtsaft och skadar växterna på samma sätt som vuxna trips. De två sista nymfstadierna är pupplika. De intar ingen föda, men har ben och rörelseförmåga. Detta kallas ibland ”intermediär förvandling”. De pupplika stadierna lever oftast i jorden. Övervintring sker i de pupplika stadierna eller som fullbildade.

De flesta tripsarter lever på växtsaft. De suger ut celler i förband, vilket leder till strimmor eller kantiga fläckar, se figur 12-24. Cellerna blir luftfyllda och silverglänsande med svarta exkrementprickar. Sugskador i knoppar eller annan ung växtvävnad kan leda till deformationer. Angrepp förekommer ofta på örtartade växter och stråsåd. Några tripsarter kan vara vektorer för virussjukdomar. Det finns även tripsar som äter svamp eller som är rovlevande och naturliga fiender till andra tripsarter eller till bladlöss.



12-24. Tripsskada på citrusfrukt. Foto: HeberM, Wikimedia commons.



12-25. Utvecklingsstadier vid fullständig förvandling, exemplifierat av fjäril.

Illustration: Modifierad från Nordström et al. (1940) Svenska fjärilar.

Tabell 5. Förekomst av bröst- och bukfötter samt huvudkapsel hos larver i olika insektsordningar.

Ordning	Bröstfötter, 3 par	Bukfötter	Huvudkapsel
Skalbaggar	Ja	Nej	Ja
-": vivlar och minerare	Nej	Nej	Ja
Fjärilar	Ja	Ja, 2-5 par	Ja
Tvåvingar: myggor	Nej	Nej	Ja/Nej
-": flugor	Nej	Nej	Nej
Steklar: växtsteklar	Ja	Ja, 6 par el. fler	Ja
-": midjesteklar	Nej	Nej	Nej

Endopterygota – insekter med fullständig förvandling

Vid fullständig förvandling är utvecklingsstadierna följande: ägg, ett antal larvstadier, puppa, vuxen insekt (imago), se figur 12-25. Vinganlagen syns inte utanpå larven. Larv och vuxen har helt olika utseende, ofta även olika mundelar och helt olika levnadssätt. I puppstadiet intas ingen föda och puppan är mer eller mindre orörlig. Dessa insekter är oftast växtskadegörare enbart i larvstadiet, undantaget är skalbagarna.

Larverna har någon typ av bitande mundelar, som medför att de orsakar yttre eller inre gnagskador på växter. Några grupper, t.ex. gallmyggor och gallsteklar, kan orsaka gallbildningar på växter. Andra kan vara rovlevande eller leva på dött organiskt material.

Eftersom larverna är skadegörarna är det dem man hittar och behöver kunna skilja åt. Det är mycket svårare att bestämma en insekt i larvstadiet än i vuxet stadium. De första karaktärer man tittar på hos larverna är om de har bröstfötter respektive bukfötter och i så fall hur många par bukfötter, se tabell 5. En annan karaktär är förekomsten av huvudkapsel.

Nätvingar, ordning Neuroptera

Det finns 63 arter nätvingar i Sverige. Det är långsträckta insekter, som varierar i storlek från 5 till 30 mm. De har stora, rundade fram- och bakvingar med rikt förgrenat ribbnät. Antennerna är mestadels långa och tunna. Nätvingarna har bitande mundelar och som larver är de rovdjur. De vuxna är ibland pollenätare.

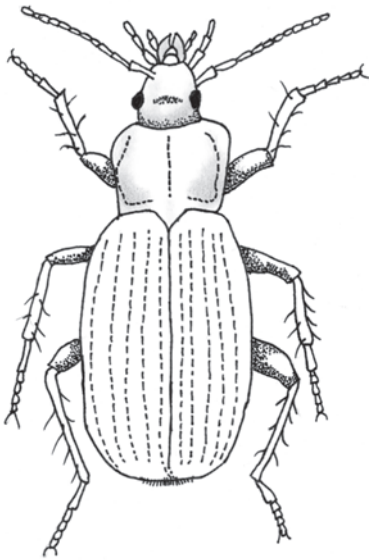


12-26. Gulldögonslända, larvstadiet. Foto: SLU bildarkiv.

Gulldögonsländor är viktiga naturliga fiender och används för bekämpning av växtlöss. Gulldögonsländans, *Chrysoperla carnea*, larv har kraftiga käkar och kallas ”bladluslejon”, se figur 12-26.

Skalbaggar, ordning Coleoptera

Skalbaggarna är den största insektsordningen med 350.000 - 400.000 beskrivna arter, vilket utgör närmare 40% av alla insektsarter. Nya arter beskrivs ständigt. I Sverige har man funnit ca 4.400 arter. Namnet Coleoptera betyder ”skal-vingar”, vilket beskriver deras hårda sklerotiserade täckvingar. Skalbaggar finns över hela världen utom i haven och polartrakterna. Skalbaggar livnär sig på växter, på dött organiskt material från både växt och djurriket, men de kan också äta andra levande insekter.



12-27. Skalbagge.
Illustration: Carlos C. Sandskär efter Britton (1942).

Storleken på svenska arter varierar från 0,5 till ca 60 mm. Skalbaggar karaktäriseras av att de har en hård kropp och hårda främre vingar, s.k. täckvingar (fig. 12-27), som skyddar de bakre tunna flygvingarna. En del arter har förlorat flygförmågan, t.ex. jordlöpare och öronvivlar. Hos dessa kan täckvingarna vara sammanväxta.

Främre delen av mellankroppen täcks av en halsköld. Mellan halskölden och täckvingarna syns ofta ett litet trekantigt parti, den s.k. skutellen. Antennerna kan variera mycket i utseende mellan olika arter. Både vuxna och larver har bitande mundelar, ofta med kraftigt utvecklade käkar (mandibler) och ett par långa maxillarpalper (fig. 12-6A).

Skalbaggar har fullständig förvandling och vanligen sexuell förökning. Inom familjen vivlar dominerar partenogenes. Utvecklingsstadierna är ägg, ett antal larvstadier med hudömsningar mellan varje, puppstadium och slutligen vuxen insekt. Larverna kännetecknas av att de har en hård huvudkapsel (”hjälm”) och tre par bröstfötter. Bröstfötterna sitter på de tre segment som kommer att utgöra mellankroppen (thorax) hos den vuxna insekten. Vissa skalbaggs-larver, såsom vivel- och barkborrelarver, saknar bröstfötter och är helt fotlösa. Larverna har ofta välutvecklade käkar. En del skalbaggsarter har fleråriga larvstadier.

Skalbaggarna indelas i ca 165 familjer, av vilka ca 110 finns representerade i Sverige.

Exempel på familjer

- Knäppare Elateridae
- Bladhorningar Scarabidae
- Glansbaggar Nitidulidae
- Bladbaggar Chrysomelidae
- Vivlar Curculionidae
- Långhorningar Cerambycidae
- Barkborrar Scolytidae
- Jordlöpare Carabidae
- Kortvingar Staphylinidae
- Nyckelpigor Coccinellidae



12-28. Knäpparlarv. Foto: SLU bildarkiv.



12-29. Jordgubbsvivel med tydligt snyte.
Foto: SLU bildarkiv.



12-30. Konduktörsklipp på syren orsakade av öronvivel. Foto: Elisabeth Kärnestam.

Växtskadegörare

Omkring tre fjärdedelar av skalbaggsarterna är växtätare eller äter svamp eller lagrade växtprodukter. Både larver och vuxna skalbaggar orsakar gnagskador på olika delar av växterna, både ovan och under jord. Vissa arter har minerande larver, som t.ex. gör gångar i ved. En del skalbaggar har ett brett värdväxtregister, de är generalister, medan andra är specialiserade på några få växtarter. Det är i allmänhet larverna som gör den största skadan.

Ett fåtal arter kan fungera som vektorer för sjukdomar. Ett exempel i vårt land är almsplintborren som sprider den svamp som orsakar almsjuka.

Knäppare och bladhorningar har jordlevande larver som äter växtrötter. Hos många arter är larvstadiet flerårigt. Knäpparlarverna är gulbruna, smala och hårda, se figur 12-28. Bladhorningslarverna däremot är mjuka och mjölkvita med brun huvudkapsel och långa bröstfötter. Namnet bladhorningar syftar på antennernas byggnad.

Vivellarver är också ofta jordlevande och skadar växternas underjordiska delar. Utmärkande för vivlarna är deras huvudform med ett mer eller mindre långt utdraget snyte, se figur 12-29. Några arters larver kan minera i blad. Många vuxna vivlar gör typiska gnag, s.k. konduktörsklipp, i bladkanterna, se figur 12-30.

Barkborrars och långhorningars larver minerar oftast i ved. Barkborrarna är vanligen 2 – 6 mm långa och har en cylindrisk kroppsform. Varje art har sitt speciella gångsystem, oftast på gränsen mellan bark och ved. Det består av en modergång, där äggen läggs, och därifrån utstrålade larvgångar. Långhorningarna däremot är 3,5 – 50 mm stora, långsträckt skalbaggar med långa, tunna antenner. En fruktad skadegörare i bjälkar och takkonstruktioner är timmermannen, var larvstadium kan vara 10 år långt.

Glansbaggar och bladbaggar gör ofta stor skada på växter även i vuxet stadium. De är relativt små skalbaggar, 1 - 14 mm långa. Glansbaggar lever på blomknoppar och pollen, men även på dött organiskt material och svamp. En mycket svår skadegörare bland glansbaggarna är rapsbaggen. Bladbaggarna har ofta klara färger och är ibland metallglänsande. De gnager i regel på bladverket både som larver och vuxna. Exempel skadegörare bland bladbaggarna är liljebagge, aspglansbagge och koloradoskalbagge.

Naturliga fiender

Bland skalbaggarna hittar vi även många viktiga rovdjur (predatorer), t.ex. jordlöpare, kortvingar och nyckelpigor. Jordlöpare och kortvingar är generalister och äter många olika insekter i olika utvecklingsstadier. Både vuxna nyckelpigor och deras larver lever av bladlöss och andra växtlöss.

Fjärilar, ordning Lepidoptera

Fjärilarna är en av de artrikaste ordningarna med omkring 175.000 kända arter, varav ca 2.700 i Sverige. Namnet Lepidoptera betyder ”fjällklädda vingar”. Fjällen är tillplattade hår som på vingarna är breda och ligger taktelligt över hela vingytan. Det finns ett fåtal fjärilar med genomskinliga vingar och även ett fåtal arter som saknar eller har förkortade vingar. Den häriga och fjällklädda kroppen är också karaktäristisk. Fjärilar finns i alla landområden utom Antarktis. I allt från öken till regnskog, från lågland till Himalaya.



12-31. Blåsmå på hästkastanjblad orsakad av kastanjmalens larv. Foto: Elisabeth Kärnestam.



12-32. Larv av fjärilen blåhuva (*Diloba caeruleocephala*). Foto: SLU bildarkiv.

Ordningen omfattar många olika familjer med olika storlek och vingformer och även skillnader i larvernas utseende. Som ett mått på storleken brukar man använda framvingens bredd (från kroppsfastet till spetsen) istället för kroppslängden. Vingbredden hos svenska fjärilsarter varierar från 1,5 mm till över 50 mm. De flesta arterna flyger endast i skymning eller mörker. Ibland indelas fjärilarna efter sin storlek i *Macrolepidoptera* och *Microlepidoptera*, av vilka de sistnämnda dominerar.

Fjärilar har helt andra mundelar än andra insekter. Käkar saknas och maxillerna är omvandlade till en lång sugsnabel (proboscis), som i vila hålls hoprullad under huvudet. Vuxna fjärilar lever av flytande föda, främst nektar, men ibland även av sav, honungsdagg, fruktsaft m.m. Fjärilar är också viktiga som pollinatörer.

Fjärilar har fullständig förvandling (fig. 12-25) och normalt sexuell förökning. Många fjärilsarter är endast vuxna några få dagar för att hinna para sig och lägga ägg. Andra arter lever som vuxna några veckor eller kan till och med övervintra i vuxet stadium.

Larverna har bitande mundelar, huvudkapsel och tre par bröstfötter, men på bakkroppssegmenten har de också korta, mjuka s.k. bukfötter. Dessa liknar sugproppar och finns på 3:e - 6:e + sista bakkroppssegmentet, se figur 12-32. Det sistnämnda paret kallas ibland analfötter. Detta innebär att fjärilar vanligen har fem par bukfötter (inklusive analfötterna). Inom familjen mätarfjärilar har larverna endast två par bukfötter. Hos minerande fjärilsarver är bukfötterna oftast mycket små och kan ibland saknas. På kroppssidorna kan man se trakéernas öppningar, de s.k. spiraklerna.

Fjärilar har vanligen 5 - 7 larvstadier. Larverna kan vara väldigt färggranna och kala eller håriga beroende på familj. Håren är hos en del larver ett försvarsmedel, de är mycket sköra och innehåller gift. Många fjärilsarver kan spinna fina trådar, silke. Detta organ sitter vid mundelarna. Hos många arter spinner larven in sig i en kokong före förpuppningen. En del larver tar sig ner i jorden och förpuppas där.

Hos fjärilarna är det endast larverna som är skadegörare och många har stor ekonomisk betydelse. Larverna har bitande mundelar och de allra flesta



12-33. Kastanjemal (*Cameraria ohridella*). Foto: Elisabeth Kärnestam.

orsakar gnagskador på levande växter. Många små fjärilsarters larver orsakar minor i blad eller gångar i frukt. Bladminorna som bildas kan antingen ha formen av gångminor eller blåsminor. I blåsminorna kan det finnas en eller flera larver, se figur 12-31. Större fjärilsarters larver orsakar främst yttre gnagskador eller lever av underjordiska växtdelar. Det finns även fjärilsarver som uppträder som förrådsskadegörare.



12-34. Spinnmalspuppor
Foto: Boel Sandskär.

Exempel på familjer med viktiga växtskadegörare:

- Malfjärilar – fam. Gracillaridae, fam. Yponomeutidae, m.fl.
- Vecklare – fam. Tortricidae
- Dagfjärilar – fam. Pieridae, fam. Nymphalidae, m.fl.
- Mätare – fam. Geometridae
- Nattflyn – fam. Noctuidae



12-35. Vecklarfjäril. Foto: SLU bildarkiv.

Malfjärilarna är relativt små fjärilar med en framvingebreidd på 2,5 – 15 mm. Vingarnas bakkanter är fransiga (fig. 12-33). Malfjärilarna omfattar flera olika familjer, varav här ska nämnas två: styltmalar och spinnmalar. Inom familjen Gracillaridae, styltmalar, hittar vi flera arter vars larver gör stor skada genom att minera i blad. Hit hör t.ex. syrenmal och kastanjemal. Spinnmalarnas, familjen Yponomeutidae, larver spinner stora spånader som en hel koloni larver lever inuti. Exempel på arter är häggspinnmal och äpplespinnmal (fig. 12-34).

Vecklarfjärilarna är också relativt små. Framvingen är 5 - 15 mm bred och de är ofta oansenligt brunspräckliga i färgen (fig.12-35). Vecklarlarver spinner ihop angripen växtvävnad (vecklar ihop blad och knoppar) och lever gömda inuti. Om man öppnar de hopvikta bladen hittar man en larv som blixtnabbt backar med ormlika rörelser. Andra arters larver gör gångar i frukt, såsom äpple- och plommonvecklare (fig. 12-36).



12-36. Äpplevecklarlarv.
Foto: Elisabeth Kärnestam.

Dagfjärilarna flyger, som namnet anger, om dagen och det är dessa fjärilar vi oftast lägger märke till. De är ganska stora, framvingarnas bredd är ca 15 – 50 mm, och har ofta vackra färger och teckningar. Till dagfjärilarna hör flera familjer, varav här ska nämnas två. Till vitfjärilarna, fam. Pieridae, hör



12-37. Kålfjärilslarver. Foto: SLU bildarkiv.

kålfjäril (fig. 12-37) och rovfjäril, vars larver orsakar svåra gnagskador på kålväxter. Även citronfjärilen tillhör denna familj. Till ädelfjärilarna, fam. Nymphalidae, hör några av våra mest praktfulla fjärilar, såsom näselfjäril, påfågelläga, sorgmantel och amiral. Deras larver gör dock ingen nämnvärd skada på våra kulturväxter.

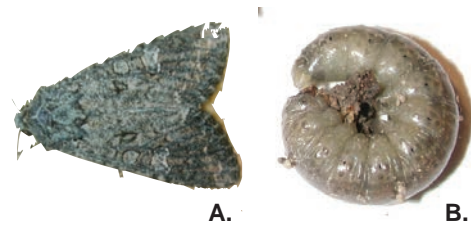
Mätarfjärilarna, familjen Geometridae, har fått sitt namn av larvernas sätt att krypa. Larverna har endast två par bukfötter på bakre delen av bakkroppen (fig. 12-38) och de "mäter" sig fram. Bland betydande skadegörare kan nämnas frostfjäril och krusbärsmätare. Framvingarnas storlek varierar från 6 till 32 mm. Hos frostfjärilarna har honan förkrympta vingar och kan inte flyga.



12-38. Mätarlav. Foto: Thegreenj, Wikimedia commons.

Nattflyna, familjen Noctuidae, är som namnet anger nattaktiva. Fjärilarna varierar mycket i storlek med en vingbredd på 6 - 52 mm. Framvingarna är oftast mönstrade i grått och brunt, se figur 12-39A. Larverna är i regel kala (fig. 12-39B) och liksom de vuxna ljusskygga. Många arters larver lever i jorden och gnager på växternas underjordiska delar. Här kan speciellt nämnas jordflylarver (sädesbroddfly m.fl. arter) som gör betydande skador på potatis, rödbetor, morötter, sallat, jordgubbar m.fl. växtslag.

Fjärilsorter kan betraktas som naturliga fiender till sina värdväxter. Några arter har faktiskt använts för att bekämpa oönskad växtlighet.



12-39. A) Nattfly. B) Jordflylarv. Foto: SLU bildarkiv (A), Elisabeth Kärnestam (B).

Tvåvingar, ordning Diptera

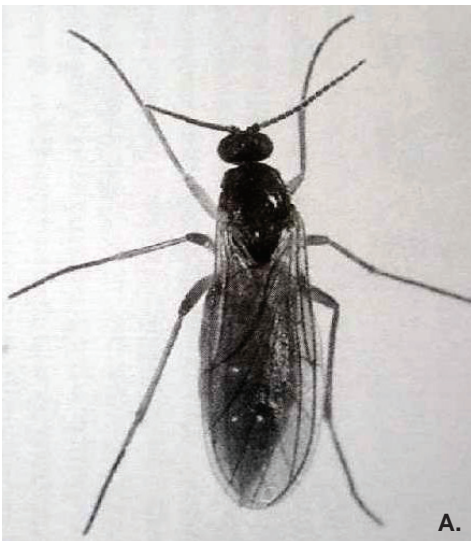
Ordningen tvåvingar omfattar ca 120.000 arter, varav ca 5.900 arter i Sverige. Storleken varierar från 0,5 – ca 30 mm. Bland tvåvingarna hittar vi flera arter som sprider sjukdomar till människor. Det är t.ex. olika arter av myggor som är vektorer för malaria och andra feber- och virussjukdomar. Andra tvåvingar är ekonomiskt viktiga som växtskadegörare, medan ytterligare andra lever på dött organiskt material eller är predatorer eller parasiter. Ytterligare andra är pollinatörer.

Som namnet anger har dessa insekter endast ett par vingar. Det bakre vingparet är reducerat till ett par klubblika svängkolvar (halterer). Tvåvingar har fullständig förvandling.

Vanligen livnär sig vuxna tvåvingar och deras larver på olika sätt. De vuxna lever endast av flytande föda, de har slickande-sugande eller stickande-sugande mundelar. Hos en del stickmyggor och bromsar måste honan få i sig ett mål blod från något ryggradsdjur för att äggen ska kunna utvecklas. Larverna har någon typ av bitande mundelar och det är i detta utvecklingsstadium de är växtskadegörare. Larverna är alltid fotlösa.

Ordningen Tvåvingar delas i två underordningar: Myggor och Flugor.

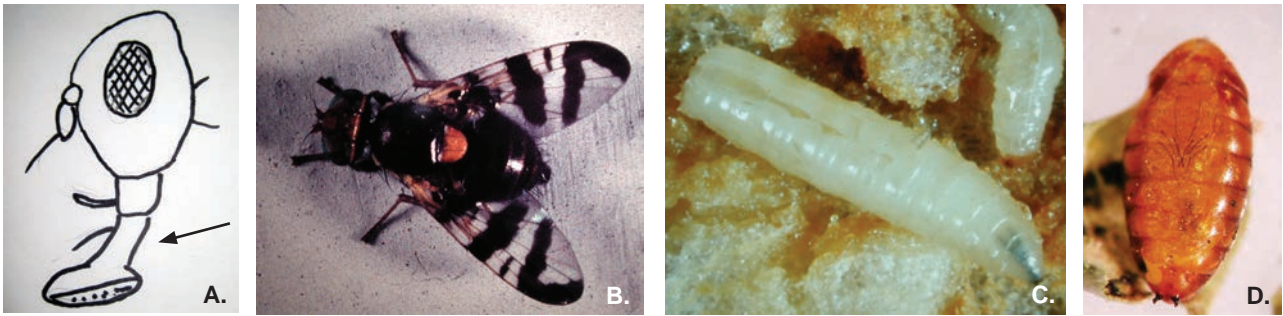
Myggor, Nematocera



12-40. A) Sorgmygga B) Sorgmygglarv. Foto: SLU bildarkiv.

Vuxna myggor är spensligt byggda och har trådlika, flerledade antenner, se figur 12-40A. Hos en del arter kan antennerna vara plymlika. Mygglarverna är fotlösa och en del arter har en mer eller mindre tydlig huvudkapsel. Många arter har vattenlevande larver och deras mundelar är modifierade till filtreringsorgan. Växtskadegörande larver har bitande mundelar och det är endast i detta utvecklingsstadium de är skadedjur.

Till myggorna hör bl.a. stickmyggor, knott, och fjädermyggor. Bland växtskadegörarna kan särskilt nämnas sorgmyggor, harkrankar och



12-41. *Fluga*. A) *Flugans* sugande
mundel, haustellum (se pil). B) Vuxen
fluga. C) Larver. D) Puparium.
Illustration: Elisabeth Kärnstam. Foto:
SLU bildarkiv (B), Elisabeth Kärnstam
(C-D).

gallmyggor. De två förstnämndas larver lever i odlingssubstratet och äter på växternas rötter. Sorgmygglarver har en halvt genomskinlig kropp och svart huvudkapsel, se figur 12-40B. De äter även dött organiskt material och svamp. Harkrankens larv är gråbrun, saknar huvudkapsel och blir ca 40 mm lång.

Gallmyggornas larver lever i regel inuti växtvävnad och orsakar gallbildningar. Här kan nämnas pärongallmygga, hallonbarkgallmygga, kålgallmygga och aklejagallmygga.

Vissa gallmyggors larver är predatorer och viktiga naturliga fiender. Kommersiellt produceras gallmyggor som livnär sig på bladlöss och spinnkvalster.

Flugor, Brachycera

Vuxna flugor är robust byggda och har mycket korta, vanligen 3-ledade antenner med ett borst (arista), se figur 12-41. De har också ett antal borst på huvudet och mellankroppen. De flesta vuxna flugor har en typ av slickande-sugande mundelar som kallas haustellum (fig. 12-41A). Det är en sugsnabel med en mjuk sugplatta, genom vilken de suger upp vätska. Det finns även några flugarter som har stickande-sugande mundelar.

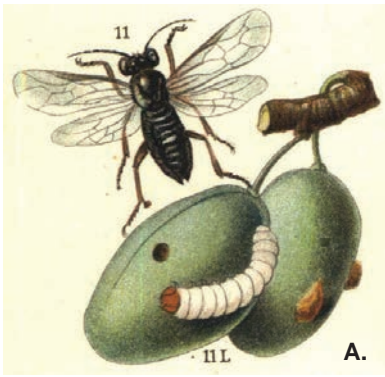
Fluglarver är fotlösa, de saknar huvudkapsel och har en speciell form av bitande mundelar, som kallas munhakar (fig. 12-41C). Flugornas puppa är ett s.k. puparium, vilket innebär att puppan är innesluten i sista larvstadiets hud. Pupariet är cigarrformat och segmenterat (fig. 12-41D). När flugan kläcks sprängs pupariet genom att en blåsa i pannan pumpas full av kroppsvätska.

Fluglarver lever i regel inuti växtvävnad, såsom rötter, lökar, stammar och blad. Köttiga växtdelar blir ofta sekundärt infekterade av bakterier. Minerarflugornas larver gör blås- eller gångminor i bladen.

Exempel på växtskadegörare bland flugorna är:

- Borr- eller fruktflugor – t.ex. körsbärsflugan, selleriflugan
- Rotflugor – t.ex. morotsflugan
- Minerarflugor – t.ex. tomatminerarflugan
- Egentliga flugor – t.ex. lökfluga, kålfluga

Några flugarters larver lever som predatorer, t.ex. blomflugelarver som äter bladlöss. Det finns också flugor vars larver lever som parasitoider på andra insekter.



12-42. Växtstekel. A) Adult plommonstekel och larv. B) Larver (*Croesus* sp.). Illustration: Nordisk familjebok (1876). Foto: Elisabeth Kärnestam.

Steklar, ordning Hymenoptera

Steklarna utgör en av de större insektordningarna med totalt ca 130.000 beskrivna arter. I Sverige är det den artrikaste ordningen med ca 7.500 kända arter. Många återstår sannolikt att bli beskrivna. Hymenoptera betyder ”hinnlika vingar”. Steklarna varierar mycket i storlek. Inom denna ordning hittar vi de samhällsbyggande insekterna.

Steklar karakteriseras av att de har två par tunna, genomskinliga vingar, relativt långa antenner och ofta ett stort huvud. Vuxna steklar har vanligen bitande mundelar och larverna har det alltid. Steklar livnar sig på de mest skiftande sätt: de kan vara växtätare, asätare, parasiter, allätare eller nektar-pollen-samlare. Inom ordningen förekommer både sexuell och asexuell (partenogenetisk) förökning. Steklar har fullständig förvandling.

Ordningen Hymenoptera indelas i två underordningar: Växtsteklar och Midjesteklar.

Växtsteklar, underordning Symphyta

Växtsteklar saknar den för steklar så typiska midjan. De är lite fluglika i kroppen, men har längre antenner. Se figur 12-42A. Vingarna har ett välutvecklat ribbnät. Ägglägningsröret är utformat som en såg eller borr för att sticka in äggen i växtvävnad och ved.

Larverna är växtätare och i regel frilevande. De liknar fjärilslarver med huvudkapsel och tre par bröstfötter, men har minst sex, ofta sju par bukfötter, se figur 12-42B. Många arter lever på vedartade växter och kan göra betydande skador, hela träd kan kalätas. Växtsteklarna indelas ibland efter sina värdväxter i blad- respektive barrsteklar. Vissa arters larver kan orsaka gallar eller minor. Larverna av flera växtstekelarter räknas som svåra skadegörare, t.ex. pilbladstekel, rosenbladstekel, fruktbladstekel, äpplestekel och röd tallstekel.

Midjesteklar, underordning Apocrita

Midjesteklarna har som namnet anger en mycket smal midja och dessutom har vingarna relativt få, ibland mycket få, vingribbor. Larverna är fotlösa, saknar huvudkapsel och ögon och de är inte frilevande.

Midjesteklarna indelas i sin tur i två grupper:

I. Parasit- och gallsteklar

Parasitsteklar är parasitoider som vanligen utvecklas på eller i larver/nymfer av andra insekter. Några arter kan även parasitera ägg, puppor eller vuxna. De spelar en stor roll som naturliga fiender. En del parasitsteklar har ett mycket långt ägglägningsrör (ovipositor) som kan vara betydligt längre än kroppen. Ägglägningsröret kan vara förbundet med giftkörtlar, som utsöndrar ett gift med vilket parasitstekelhonan förlamar sitt värddjur innan hon lägger ägg. Läs mer om parasitsteklar i kapitel 16.

Gallsteklarna orsakar gallbildningar, främst på vedartade växter. Larverna lever och äter inuti dessa gallbildningar och förpuppar sig där. Gallsteklarna är mycket värdväxtspecifika. Växter som ofta angrips är ek och rosor (fig. 12-43).



12-43. Gallbildningar på ekblad sk. galläpplen orsakad av gallstekeln (*Diplolepis longiventris*). Foto: SLU bildarkiv.

II. Gaddsteklar

Hos gaddsteklarna är ägglägningsröret ombildat till en gadd för att paralysera sina byten eller för att försvara sig med. Hit hör de samhällsbildande, sociala steklarna: bin, humlor, getingar och myror. Gaddsteklar är predatorer, parasitoider eller pollen- och nektarätare. Denna grupp betraktas normalt inte som växtskadegörare, även om myror kan beskydda och även sprida bladlöss.

ÖVRIGA SKADEDJUR

Alla växtskadegörare är inte småkryp. Stora däggdjur som rådjur och älgar kan göra betydande skador på planteringar, i trädgårdar och i plantskolor. Harar kan genom ringbarkning av träd och buskar, särskilt under snörika vintrar, orsaka stora skador. Dessa djur kräver ingen närmre presentation här. Det finns dock några som förtjänar att nämnas.

Sniglar och snäckor

Sniglar och snäckor tillhör stammen Blötdjur, Mollusca. Som namnet antyder trivs de bäst i fuktiga miljöer eller i områden med mycket nederbörd. Kroppens undersida är en platt krypsula, som kallas foten. På huvudet har de ett par antennlika utskott, s.k. tentakler, som kan dras in. På spetsen av tentaklerna sitter ögonen (fig. 12-44). De har en raspande tunga (radula), som orsakar skador liknande de gnagskador som t.ex. fjärilslarver åstadkommer. Det som avslöjar dem är de slemspår de lämnar efter sig. Sniglar och snäckor angriper främst örtartade växter, men kan också livnära sig på dött organiskt material.



12-44. Snigel. Foto: SLU bildarkiv.

Sniglar och snäckor är hermafroditer, vilket betyder att de är tvåkönade. Vanligen parar sig två individer med varandra (korsbefruktning) och de lägger sina ägg klumpvis. Vissa arter, t.ex. spansk skogssnigel, kan dock befrukta sig själva. Parning och äggläggning sker under sensommaren och sedan dör de vuxna sniglarna. De övervintrar som unga sniglar, gärna i komposten eller på andra frostfria ställen. Till skillnad från sniglar kan snäckor leva i flera år.

Mest känd som växtskadegörare är den spanska skogssnigeln, *Arion lusitanicus*. Genom att den är självbefruktande kan den föröka sig mycket snabbt. Som fullvuxen kan den bli 15 cm lång. Färgen varierar från beige-orange-mörkt brun. Den spanska skogssnigeln har mycket segt slem. Förväxling kan lätt ske med den röda skogssnigeln. Sniglar bör bekämpas på våren/försommaren innan de parar sig och lägger ägg.

Sorkar

Sorkar kan vara ett stort problem i fruktodlingar och plantskolor. De skadar träd och buskar svårt genom sina gnag på rötter och bark. Särskilt under snörika vintrar kan stora skador uppstå. Här ska de två allvarligaste skadegörarna bland sorkarna nämnas.

Vattensork, *Arvicola terrestris*, orsakar gnagskador under jord. Rötterna på ganska stora träd kan gnagas av. De angriper gärna fruktträd, men även rotfrukter och blomsterlök kan skadas. Vid grävandet av sina underjordiska gångsystem buffar de upp jorden i flata jordhögar. Vattensorken har även förrådsutrymmen i sina gångar, där de lagrar mat för vintern. – Jordhögarna kan lätt förväxlas med mullvadshögar, som är mera toppiga. Mullvadar är till skillnad från sorkar inte växtätare utan lever på insekter och maskar.

Åkersork, *Microtus agrestis*, trivs bäst i högt tätt gräs, där de har sina gångar i vegetationen (fig. 12-45). Under sommarmånaderna äter de gräs och örter. Åkersorken gör skada framförallt under vintern, då de har tunnlar under snön. De ringbarkar då fruktträd och andra vedartade växter strax ovan jordytan.



12-45. Åkersork. Foto: Anne Burgess, Wikimedia commons.

LITTERATUR OCH HEMSIDOR I URVAL

Douwes P, Hall R, Hansson C. & Sandhall Å. 1998. Insekter: en fälthandbok. 2:a uppl. Interpublishing, Stockholm.

Freytag-Loringhoven B. von. 1993. Sorkar. Faktablad om Växtskydd – Trädgård, nr 89 T, SLU.

Gullan P.J. & Cranston P.S. 2008. The Insects, an outline of entomology. 3e uppl. Blackwell Publishing, Malden, USA.

Hanström B. (red.) 1965. Djurens Värld. Band 2-4. Förlagshuset Norden AB, Malmö.

Lindroth C.H. 1967. Biologi 7: Entomologi. Almqvist & Wiksell, Stockholm.

Pettersson M.-L. & Åkesson I. 2011. Trädgårdens växtskydd. Natur och Kultur/LTs Förlag.

Åkerberg C. 2005. Sniglar och snäckor. Faktablad om Växtskydd – Trädgård, nr 81T, SLU.

13

Växt-insekt interaktioner

PETER ANDERSON



När en larv äter på en växt induceras kemiska förändringar i växten som ökar växtens motståndskraft.
Foto: Peter Anderson.

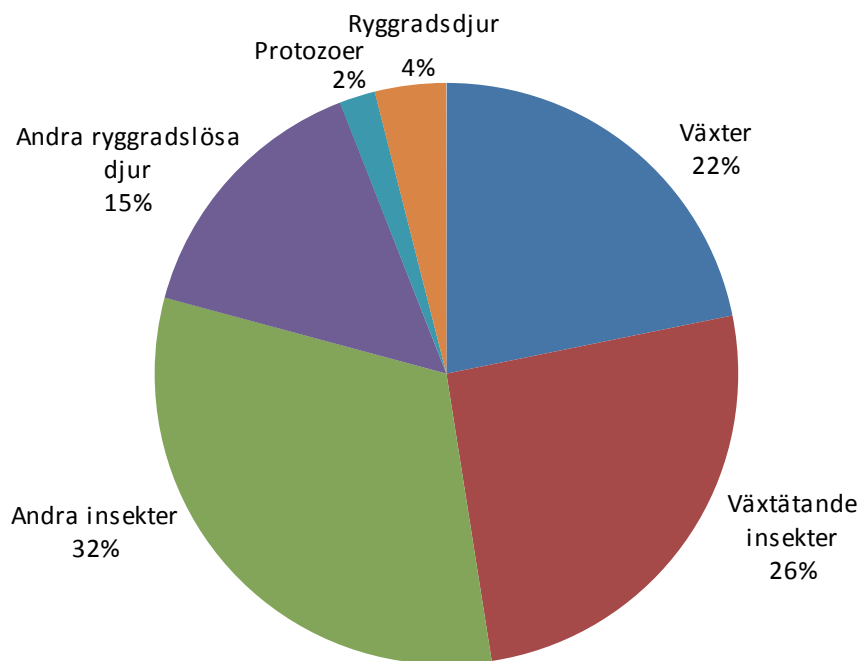
Växter täcker stora delar av landytan på jorden och de är mycket betydelsefulla som primära producenter i alla habitat på jorden. Bland djuren dominerar insekterna och de uppvisar en stor artrikedom i de allra flesta växtsamhällen.

Det uppskattas att av alla arter av växter och djur som finns på jorden är över hälften insekter och cirka en fjärdedel växter. Av insekterna är knappt hälften växtätande (herbivorer), medan övriga är främst naturliga fiender (predatorer och parasitoider) och nedbrytare (fig. 13-1).

Växter och insekter utgör tillsammans också en stor del av biomassan på jorden. Som ett exempel på hur dominerande insekter kan vara har man i vissa brasilianska djungelområden funnit att biomassan enbart av myror är större än den av alla ryggradsdjur som finns inom samma område. Den stora artrikedom och att det utgör en betydande del av biomassan gör att interaktioner mellan växter och insekter har stor påverkan på det ekologiska samspelet inom alla typer av habitat.

INTERAKTIONER

Interaktioner mellan växter och insekter är mycket betydelsefulla och de påverkar strukturen av och dynamiken i alla typer av växtsamhällen, från tundra till djungel och från urskog till åker och växthus. Herbivorer är beroende av växterna som födokälla och måste hitta växter som är lämpliga för sig själva och/eller för sin avkomma. För att undvika att bli uppätta har växterna utvecklat olika typer av försvar. Under evolutionens gång har dessa interaktioner gett upphov till många spännande anpassningar hos både växter och insekter för att öka deras respektive överlevnadsmöjligheter. Växterna har utvecklat nya försvarsmekanismer när de blivit angripna, vilket har tvingat herbivorer att hitta vägar att undgå försvaret för att kunna äta och överleva på sina värdväxter. Vidare kan beteendet hos de naturliga fienderna ha stor indirekt påverkan på samspelet mellan växter och växtätande insekter. Genom att leta upp och äta herbivorer påverkar de deras antal och därmed också växters överlevnad och produktionsförmåga. De naturliga



13-1. Fördelning av alla kända arter av växter och djur indelat i större grupper (svampar, alger och mikro-organismer ej medräknade). Modifierad från Strong et al. 1984.

fienderna kan utnyttja signaler från växterna för att hitta sina byten och därmed bli en aktiv del av växters försvar mot herbivorer.

Herbivorer finns i alla större insektsordningar (tabell 1). Alla dessa (utom vandrande pinnar) innehåller arter som är betydelsefulla skadegörare på hortikulturella grödor. De olika insektsordningarna innehåller, i varierande grad, arter som livnär sig på levande växter. Vissa ordningar innehåller bara växtätande arter, såsom fjärilar och gräshoppor, medan andra ordningar har en lägre andel växtätare.

Tabell 1. Andel växtätare i olika insektsordningar.

Ordning		% växtätare
Fjärilar	Lepidoptera	100%
Tvåvingar	Diptera	30%
Gräshoppor	Ortoptera	100%
Halvvingar	Hemiptera	90%*
Skalbaggar	Coleoptera	35%
Steklar	Hymenoptera	10%
Tripsar	Thysanoptera	80%
Vandrande pinnar	Phasmida	100%

* Växtsugare t.ex. bladlöss och stinkflyn.

Insekters val av värdväxt

Insekter har olika grad av specialisering när det gäller vilka växter de utnyttjar och kan utvecklas på. Helt dominerande är specialisterna, även kallade monofaga arter, som bara utnyttjar en eller fåtal växtarter från samma släkte av växter som föda. Tillsammans med de oligofaga arterna, som utnyttjar ett antal växtarter inom samma växtfamilj, utgör de 80-90 % av alla insektsarter. Övriga insektsarter är generalister, polyfaga arter, som kan äta och utvecklas på ett flertal växtarter från olika familjer. Dock kan de inte överleva på alla arter.

Växtätande insekter är inte bara specialiserade på vilka växtarter som de födosöker på, de äter oftast också bara från specifika delar av växten. Många fjärilslarver äter bara på bladen, medan bladlöss sticker in sin sugsnabel mellan cellerna och tar sin näring direkt från växtens ledningsvävnad, floemet. Det finns insekter som specialiserat sig på i stort sett varje del av växterna. En ökad grad av specialisering hjälper dem att bättre kunna konkurrera med andra arter om födan, men också att bli bättre på att klara av växtens försvar.

Eftersom de flesta insekter bara kan utnyttja en eller ett fåtal av de växter som finns i deras omgivning måste de kunna hitta sina specifika värdväxter och skilja dem från övriga växter i omgivningen. Felbeslut som leder till att de äter eller lägger ägg på fel växt medför att de själva eller deras avkomma inte får rätt föda och därmed inte överlever.

Beteende

Beteendet för att hitta fram till rätt värdväxt består av olika steg (fig. 13-2). För vissa insekter gäller det att först ta sig till rätt område, habitat, där värdväxten finns. De kan t.ex. ha övervintrat på ett skyddat ställe som finns i ett annat habitat som värdväxten och behöver på våren ta sig till det område där värdväxterna finns. Exempel på detta är bladlöss ha olika värdväxter under vintern och sommaren. Väl i rätt habitat måste de hitta rätt växtart bland övriga arter. När de valt en växt och landat på den gör de ett slutligt avgörande om det är en lämplig växt att äta eller att lägga sina ägg på. Om inte ger de sig av och söker upp en ny växt.

Insekterna utnyttjar olika sinnen för att hitta den eller de värdväxter som de är beroende av. På avstånd, innan de har landat på växten, använder de doft- och synintryck, medan när de landat använder de sig även smakintryck och ytstrukturen (t.ex. om den är hårig eller inte) hos växten. Oftast använder insekten kombinationer av olika sinnesintryck för att skilja sina värdväxter från andra växter.

Växternas kemiska sammansättning är betydelsefull för insekterna när de väljer värdväxt. De olika ämnena som finns i växter delas in i primära och sekundära metaboliter. Primära metaboliter är kolhydrater, aminosyror och fetter som är nödvändiga för växtens metabolism. Eftersom de finns

Bladlöss som specialister och generalister

Faktaruta 1.

Det finns ca 400 arter bladlöss och de förekommer främst i tempererade områden på norra halvklotet. Alla arter är inte skadegörare, men många odlade grödor och prydnadsväxter angrips av bladlöss. Bland dessa finns det extrema specialister som bara angriper en växtart, medan andra kan utnyttja flera olika växter. Det finns också de arter som är extrema generalister.

Den röda äppelbladlusen är ett exempel på en specialist. Den har äpple som vintervärd och förekommer nästan uteslutande dessa träd. Under våren födosöker den på olika delar av trädet och orsakar bl.a. att trädet aborterar kart och att de kvarvarande äpplena blir små och oregelbundna i formen. Under första halvan av sommaren flyttar de till framför allt svartkämpar (*Plantago lanceolata*). På hösten flyttar den över till äpple igen och övervintrar där som ägg.

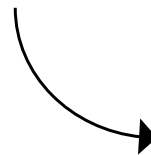
Ett exempel på en extrem generalist är persikbladlusen som har hittats på flera hundra växtarter från 40 olika släkten under sommaren. Här ingår de flesta grönsaker, och många fruktträd och prydnadsväxter. Under vintern har persikbladlusen inte lika många värdväxter och där mer specialiserad. Den övervintrar främst på persika och andra Prunusarter. I Sverige är det inte fastställt var den övervintrar.



Habitatval



Landning



Utvärdering

13-2. Val av värdväxt hos insekter delas ofta in i tre olika beteendesteg. Val av område där värdväxten finns (habitatval), val av specifik växt (landning) och slutliga avgörande om de ska äta och/eller lägga ägg på växten (utvärdering).

Modifierad efter Renwick 1988.

i alla växter är de inte specifika nog för att kunna användas av insekterna för att skilja olika växter åt. Sekundära metaboliterna är ämnen som inte är nödvändiga för metabolismen och anses bland annat vara ämnen som är en del av växtens försvar. De individuella sekundära metaboliterna finns bara i ett fåtal, ofta närbesläktade, arter. Exempel på sekundära ämnen är solanin i potatis, nikotin i tobak eller olika glucosinolater i kålväxter. Efter som de är mer specifika kan de utnyttjas av insekter för att hitta och identifiera sin värdväxt och skilja den från andra växter.

Pollinering

Två tredjedelar av alla växtarter är beroende av insekter för korspollinering. Under sitt födosök får de aktivt eller passivt pollen på kroppen och fraktar det till andra individer av samma växtart. Bland insekterna är bin är de absolut viktigaste pollinatörerna och de är mycket betydelsefulla för trädgårdsodlingen över hela världen. Den sexuella fortplantning som pollenöverföringen möjliggör medför många fördelar för växten. Bland annat förhindrar det inavel.

Som belöning för överföringen av pollen får insekterna näring i form av nektar och pollen. Nektar innehåller mycket socker och är en viktig energikälla för många insekter. Den gör att insekten kan överleva längre och får bränsle till att förflytta sig. Pollen ger proteiner för tillväxt eller till att producera ägg.

Växter och insekter har i många fall utvecklat en ömsesidig anpassning där båda parter gynnas av denna evolutionära utveckling, en mutualism. Samspelet mellan växter och insekter är ett av de bästa exemplen på mutualism. Det finns många fascinerande exempel på långtgående anpassningar där växter är beroende av endast en insektsart för pollinering. Växter har utvecklat sätt att skydda nektar och pollen från insekter som inte pollinerar utan endast

tar nektar utan att överföra pollen. Vissa växter producerar nektar långt in i blommorna och där det krävs att insekten har speciellt utformade mundelar för att komma åt denna. Till exempel, finns det nattfjärilar som har många centimeter långa sugsnablar som de kan sticka djupt ner i blommans krönrör och nå nektar där andra insekter inte når ner. När det suger nektar får fjärilen pollen på sig som sedan överförs till nästa blomma som den födosöker på.

För att locka till sig och vägleda pollinatörer har växter utvecklat blommor av olika former och med starka färger. Blommor med enkla blommor pollineras av många olika insekter. Flockblommiga blommor (Apiaceae), t.ex. hundkex eller dill, har små öppna blommor med nektar som är lätt att nå. På dessa blomställningar kan man hitta många olika arter av födosökande insekter och även insekter med små mundelar som skalbaggar, parasitsteklar och flugor, kan komma åt nektar på denna typ av blommor. Komplexare blommor pollineras oftast av endast en eller ett fåtal insekter. Här är det ofta fjärilar eller steklar som är pollinatörer. Förutom för oss synliga färger har många blommor också ultravioletterna mönster och fält som guidar insekterna till nektarn. Till skillnad från oss ser insekter ultraviolett ljus.

Blommor avger också dofter som insekterna använder för att finna blommor med nektar och pollen. Dofter är speciellt viktiga framför allt för nattaktiva pollinatörer. Till skillnad från andra delar av växten avger blommor ofta stora mängder av dofter, så pass mycket att även vi människor kan uppfatta och uppskatta dem. De flesta blommor avger behagliga dofter, men det finns också blommor som avger för oss obehagliga dofter som till exempel luktar som ruttnade kött.

Växters försvar mot herbivorer

Även om världen är full av växtätande insekter och andra organismer som har växter som föda är den fortfarande grön. För att förhindra eller mildra konsekvenserna av angrepp från växtätare har de utvecklat olika försvar. Växter måste försvara sig mot många olika angripare, allt från stora däggdjur till virus. För detta har de utvecklat olika typer av försvar. Växter kan ha rena strukturella försvar, såsom taggar eller klibbig hårighet. De kan också ha ett kemisk eller biokemisk försvar med ämnen som är giftiga eller som påverkar upptaget av näringsämnen från växtmaterialet. Ofta har växter flera typer

Lurade insekter- Växter som bedrar

Det finns flera blomarter, exempelvis blommor av släktet Arum och vissa arter orkidéer, som lockar till sig pollinatörer med bedrägliga dofter, dvs. insekten har inget utbyte av besöket till blomman. Blommorna kan lukta som jäsande frukt och lockar till sig bananflugor eller som feromon från fjärilshonor som lockar till sig hannar från samma fjärilsart. Insekten luras till blomman och får pollen på sig som den senare kan överföra till en annan blomma. Arten döda-häst-arum (*Helicodiceros muscivorus*) luktar, som det vackra namnet indikerar, som ett kadaver. Blomman lurar till sig spyflugor som tror att det har hittat ett kadaver som de kan lägga ägg i. Istället fångas de inne i blomman och pudras med pollen. Efter några timmar öppnar sig blomman igen och flugorna kan flyga ut och om de luras igen av en annan blomma pollineras denna. Förutom att blomman avger dofter som liknar de från kadaver höjer blomman temperaturen på pistillen så den liknar den hos ett dött djur.

*Blommande döda-häst-arum.
Foto: Marcus Stensmyr.*



av försvar som är anpassade till olika angripare. Växter kan ha ett försvar mot patogener medan de ett annat försvar mot insekter. Det finns dock ingen generell regel om hur olika försvar verkar, utan det varierar mellan olika växtarter och är beroende av vilka angriparna är. En typ av försvar kan vara specifikt för en speciell grupp angripare och inte påverka andra angripare, medan andra typer av försvar i växten påverkar resistensen mot flera olika angripare. Det finns också exempel på att försvaret mot en typ av skadegörare kan minska resistensen mot andra angripare, vilket innebär att olika försvarsreaktioner motverkar varandra.

Insekter anses ha haft stor betydelse för utvecklingen växternas försvar. Det har skett en gradvis utveckling av samspelet mellan växter och insekter under evolutionens gång vilket skapat det försvar vi finner hos växter idag. Växter och insekter har anpassat sig till varandra. Till exempel har ett nytt försvar hos växter har satt press på insekterna för att skapa resistens mot det nya försvaret. När väl en eller flera insektsarter brutit resistensen hos växten har det blivit ett selektionstryck på växten för ett nytt och bättre försvar mot dessa insekter. En annan effekt av detta är att insekter har utvecklat en förmåga att detoxifiera giftiga ämnen som en anpassning till växters försvar. De har byggt upp en resistens mot växtens gifter, men denna förmåga kan också ha effekt på resistens mot bekämpningsmedel. Detta gör att herbivorer kan vara mer resistenta mot bekämpningsmedel än vad de naturliga fienderna är, som t.ex. spindlar.

Växters försvar kan vara ständig närvarande, konstitutivt, eller sättas igång först när växten blivit angripen, inducerat. Det konstitutiva försvaret kan vara både strukturellt och kemiskt. Växter kan t.ex. ha taggar eller en hårig yta som gör det svårare för herbivorer att äta av växten. Vidare kan de innehålla giftiga ämnen för att skydda sig från angrepp. Det inducerade försvaret är främst kemiskt, men det finns exempel på att strukturella försvar kan induceras. När en insekt som äter på en växt sätts en reaktion igång där växten börjar producera specifika försvarsämnen. De inducerade ämnena kan flera olika effekter på insekter. De kan användas av herbivorer för att avgöra kvalitén på olika värdväxter. En växt med inducerat försvar är sämre som föda för både den vuxna insekten och för dess avkomma. De inducerade ämnena kan också utnyttjas av naturliga fiender för att hitta sina byten. Eftersom inducerade dofter bara avges efter skada av en herbivor, fungerar dessa dofter som en pålitlig signal att det finns byten på just den växten.

Samspelet mellan växter, växtätande insekter och deras naturliga fiender är mycket viktiga i både naturliga habitat och i odlade växtsystem. Kemiska signaler är viktiga i detta samspel och påverkar beteendet hos insekterna och är därmed viktiga för växters resistens. Att förstå hur dessa interaktioner fungerar är viktigt för att kunna utforma nya och mer specifika strategier för bekämpning av skadeinsekter.

LITTERATUR OCH HEMSIDOR I URVAL

Schoonhoven L.M et al. 2005. Insect-plant biology. Oxford university press.

14

Prognosmetodik

PATRICK SJÖBERG



Det är idag möjligt med olika prognosmetoder att följa skadegörarnas utveckling i fält och växthus för att kunna avgöra om en bekämpningsåtgärd ska utföras och när. Foto: Ulf Nilsson.

Att försöka se in i framtiden är något som fascinerat människor under århundraden. Dessa förutsägelser, eller med andra ord prognoser, bygger idag ofta på komplicerade matematiska algoritmer som kan hjälpa oss att förutspå väder, utvecklingspotential hos företag, placeringar av pengar samt för att beräkna nyttan av infrastrukturella satsningar.

Inom hortikultur används prognoser bland annat för att hjälpa till med bevattningsmängder och eventuella bekämpningsåtgärder. Det är vanligt att ta hjälp av visuella kontroller, klisterfällor eller feromoner/kairomoner för att bedöma om en bekämpningsåtgärd är nödvändig. Utvecklingen av automatiserade prognosystem har även blivit enklare med hjälp av ny och billigare teknik.

I växthus odlas växterna i en delvis kontrollerad miljö där temperatur, ljus och bevattning bestäms av odlaren. I utomhusmiljöer är däremot de abiotiska faktorerna mer föränderliga vilket skapar en större ovisshet om utvecklingen av gröda, skadegörare och nyttodjur. I dagens odlingssystem med alltmer avancerad teknik och hårdare restriktioner på bekämpningsmedel så kan mycket av besluten läggas till grund med hjälp av visuella kontroller, feromonfällor och väderbaserade datormodeller.

VÄXTHUS

Det finns två dominerande grupper av växthusodling i Sverige, grönsaker (tomat och gurka) samt prydnadsväxter. En vanligt förekommande strategi i växthus är att titta på grödorna i växthuset om det är möjligt att hitta skadegörare på plantorna (visuell kontroll). Det kan vara viktigt att bestämma om skadegöraren är mer eller mindre allvarlig för grödan. Det kan skilja mellan odling av gurka och prydnadsväxt då kvaliteten på ”hela” prydnadsväxten är mycket viktigare än kvaliteten på ”hela” gurkplantan. En gurkplanta kan ha skadade blad utan att tappa skörd eller kvalitet. Det kan vara svårt att hitta skadegörarna i tid innan ett kraftigt utbrott varför det är viktigt att noggrant följa utvecklingen och titta på tillräckligt många plantor för att täcka upp eventuella hot spots i växthuset. Vanligt förekommande skadegörare i växthus är bladlöss, trips och vita flygare. Det är även skillnad på skadegörare som fullbordar



14-1. Utsättning av färgade klisterskivor i växthus för att följa populationer av flygande skadeinsekter.

Foto: Mira Rur.

hela utvecklingen på samma planta (sedentära) eller skadegörare som flyger runt och angriper flera plantor.

För att kunna mäta populationer av framförallt mobila skadegörare används klisterfällor (fig. 14-1). De är oftast rektangulärt utformade med ett speciellt klister på ena sidan av pappret. De sätts ut i växthus i ett visst antal per ytenhet. Det som skiljer klisterskivorna åt är oftast vilken färg eller form de har. Beroende av färgen fastnar olika typer av insekter. Vita flygare och sorgmyggor har en tendens att dras mot gula färger och trips mot blått. Det är därför viktigt under osäkra förhållanden, att noga överväga vilka klisterskivor som sätts ut, med tanke på storlek, form och färg. Även antalet klisterskivor kan inverka på resultaten för övervakningen i växthuset.

UTOMHUSMILJÖER

Utvecklingen inom växtskydd har gått mycket framåt de senaste åren men det är fortfarande det mänskliga ögat som är viktigt i att bedöma risker och skadedjursproblematiken i odlingarna. I utomhusmiljöer finns det en rad olika odlingssystem. Det kan vara annuella eller perenna grödor samt odling i tunnelsystem eller på friland. Innan plantering är det viktigt att försäkra sig om att fälten där grödan planteras är fritt från skadegörare. Under växtsäsongen så kan inflygande insekter vara ett stort problem. Det gäller att veta vid vilken tidpunkt olika skadegörare är aktiva i fält och vilka skadegörare som är aktuella för den specifika grödan eller om skadegöraren t.ex. värdväxlar med ett annat växtslag utanför eller i närhet av fältet. Att veta på förhand vad som ska tas i beaktning under säsongen och under vilken tidpunkt förenklar ytterligare val av bekämpningsstrategi. När skadegöraren väl har fått fäste i odlingen så handlar det mer om att bedöma mängden skadegörare och uppskatta ifall en tillräckligt hög nivå har uppnåtts för att motivera bekämpning vilket vissa tillgängliga tröskelvärden kan ligga till grund för.

I perenna grödor så etableras flertalet svampsjukdomar och insekter i odlingarna och val av bekämpningsstrategi och användning av prognoser är än viktigare. I frukt övervintrar och lever skadegörare såsom skorv, fruktträdskräfta, vecklare, rött spinn och äpplestekel i och på fruktträden. Exempel på inflygande skadegörare är rönnbärsmal. Det är viktigt att skapa en plan i förhand under vilka tidpunkter eventuella skadegörare är aktiva och utifrån det övervaka knoppar, bladverk, stam och grenverk efter den aktuella skadegöraren. Vissa av skadegörarna är aktiva under samma tidpunkt och det finns då möjlighet att bekämpa flera skadegörare med en bekämpning istället för flera.

Svampsjukdomar som sporulerar efter regn, som t.ex. skorv, kräver goda prognoser angående aktuell och framtida väderlek för att kunna förutspå när eventuella förebyggande bekämpningar är nödvändiga. Det finns möjlighet att använda väderdata från SMHI för att se hur väderleken kommer att utvecklas under den närmaste framtiden. Vid eventuella regnskurar går det sedan att förlita sig på att de prognosystem som finns tillgängliga ger indikationer på eventuella sporkastningar, vid vilken tidpunkt det inträffar och när en eventuell bekämpning har störst effekt.

Hjälpmedel

Bankprover

Ett vanligt förekommande hjälpmedel för fruktodlare är den så kallade ”bankningen”. Systemet är mycket enkelt att utföra men relativt komplicerat att analysera. En madrasserad batong tas med ut i fält med tillhörande håv. Odlaren går diagonalt över odlingen och bankar ett antal gånger på grenar i slumpvalda träd för att samla in skadegörare och nyttodjur. Provet hålls sedan ut och insamlade insekter undersöks. En lista uppförs med hur många skadegörare som samlats in och till vilken grupp de tillhör, t ex löss och fjärilslarver. En viktig del i bankningen är även att undersöka mängden nyttodjur. Det ger en indikation av populationer av spindlar, nyckelpigor och parasitsteklar i provet. Bankningsprovet kan då ge en indikation på balansen i odlingen, alltså hur mycket nyttodjur som finns i relation till skadegörare. Det ska tilläggas att för att artbestämma alla insekter krävs goda kunskaper i entomologi och bankning kan vara problematiskt för en odlare att utföra utan assistans från utbildad rådgivare.

Håvning

Håv kan användas i odling av bär och grönsaker där grödorna passar bättre för att håva upp insekterna för att samla upp skadegörare och eller nyttodjur. Analysen är likvärdig som för bankning och kräver goda kunskaper om insekter och nyttodjur. Det är även i detta fall nyttigt att veta under vilken tidpunkt på säsongen som specifika skadegörare är aktiva och att upprepa håvningen flera gånger under olika tidpunkter för att följa växtsäsongen.



14-2. Olika typer av fällor som används på friland. A) Vit klisterfälla för att locka och fånga äpplestekeln. B) Feromonfälla i äppleträd. Foto: Dipesh Neupane (A), Patrick Sjöberg (B).

Fällor

På friland finns det många olika typer av fällor för att fånga diverse skadegörare och nyttodjur. Det finns fällor som lockar till sig skadegörare med hjälp av lukt, färg eller form. Flera av fällorna och fälltyperna är inte artspecifika vilket leder till att de fångar fler arter än de man är intresserad av. Om fällorna hängs ut under rätt tidpunkt är chansen större att enbart den skadegörare som är intresserant fångas i fällorna.

Vissa fälltyper ska hängas upp i träd eller buskar och andra ska grävas ner i jorden. Formen på fällorna är beroende på vilken typ av skadegörare som ska fångas. De flesta fällor som används för att fånga flygande insekter såsom steklar och fjärilar hängs upp i träd, buskar eller på stolpar. De kan ha olika färg beroende på typ av skadegörare. För äpplestekel i frukt används vita klisterfällor som då motsvarar samma färg som äppelblommorna. De fungerar som en superblomma som attraherar stekeln och det går sedan att bedöma relativa populationsstorlekar och svärmningstider under säsongen (fig. 14-2 A).

Det finns tröskelvärden utformade för olika arter och typer av fällor men det är oerhört komplext att besvara frågan vid vilken populationsnivå som bekämpning är nödvändig. Fällfångsterna ger inte en bild av hur mycket nyttodjur som finns i odlingen, hur stor del av odlingen som behöver bekämpas och med vilket medel. Utöver det så kan även sortval och väderlek påverka angreppsgraden. Det är därför viktigt att inte enbart förlita sig på information angående tröskelvärden för att bekämpa eller inte bekämpa. Fångster i fällor fungerar däremot utmärkt för att indikera start och stopp på svärmningsperioder samt för att ge en ungefärlig indikation av populationsstorleken av skadegörare i fält.

Feromoner / Kairomoner

De senaste 20 åren har det hänt mycket i utvecklingen av fällor och prognosystem med hjälp av doftsignaler. För flera skadegörare finns det feromoner och kairomoner framtagna. Doftsignalerna kan användas för att ytterligare förstärka effekten av en fälla. Fällan för hallonängar är ett system som kombinerar olika typer attraktionsmedel för att fånga insekterna. Fällan

attraherar insekterna för att den ser ut som en stor hallonblomma men den laddas även med ett kairomon som luktar hallon. Det gör att det finns ytterligare en faktor som ökar attraktionskraften till fällan.

Även i fruktodling används feromoner framförallt för att övervaka svärmning av olika fjärilsarter. Det vanligaste är att använda vita eller transparenta fällor laddade med sexualferomoner för den specifika arten (fig. 14-2 B). Används sexualferomoner så är det enbart hanar av den aktuella skadegöraren som fångas i fällorna. Det är även viktigt att komma ihåg att i vissa fall så är det inte de vuxna insekterna som bekämpas utan de kommande äggen eller larverna. En kombination av kunskap angående skadegörarens biologi bör då kopplas ihop med fällfångster och med andra prognoshjälpmedel för att bedöma bekämpningstidpunkt. En tydlig information om vilken del i skadegörarens biologi som den aktuella fällan inriktas mot och i vilket stadie en eventuell bekämpning ska utföras är en av grundstenarna för ett lyckat resultat.

Automatiserade prognosystem

Automatiserade prognosystem finns utvecklade för flera skadegörare och grödor. Systemen bygger ofta på sammankoppling av väder, skadegörarnas livscyklar, populationsstorlekar och val av växtskyddsmedel. Det vanligaste hjälpmedlet för odlare är insamlad data av populationer av olika skadegörare som presenteras via internet. De uppgifterna kan då användas för att bestämma om en bekämpning är nödvändig eller inte. Uträkningarna och bedömningarna baseras ofta på tröskelvärden per planta eller per areaenhet gröda. Det finns bland annat information för skadegörare på majs och ärter som presenteras löpande under säsongen.

Det finns även prognosystem som utgår från mängden nederbörd som gör det möjligt att bestämma när eventuella infektioner kan förhindras med hjälp av bekämpning med fungicider. Det finns prognoshjälpmedel för lökbladsmögel, men som baseras på inrapporterat regn och uträkning för hand. För äppleskorv finns det system där väderstationer i fält skickar in klimatdata för bearbetning med algoritmer och uträkning av eventuell sporulering (fig. 14-3). Systemet beräknar utifrån sporförrådet i början av året hur stor risk det är för primär och sekundär infektion under säsongen. Samma system har även modell för äpplevecklare där modellen styrs automatiskt utifrån väderdata. Båda modellerna kräver dock en startsignal. För äpplevecklaren är startsignalen, när den första hanen fångas i feromonfällorna (biofix). För jordfly och morotsfluga finns det utvecklade prognosystem för att bedöma startdatum för svärmning med hjälp av fällor och sedan uträkning av eventuella larver utifrån daggradsuträkningar.

Det blir allt vanligare med automatiserade tjänster för prognoser av skadegörare men det är viktigt att komma ihåg att årsvariation och skiftande klimat kan ge en felaktig bild av situationen i fält. En prognos som levererar en bekämpningstidpunkt kan inte bestämma bekämpningsbehovet. Det är därför viktigt att visuellt bedöma populationsstorlekar och skadenivåer innan bekämpning utförs.



*14-3. Klimatdata från lokala väderstationer är viktiga för att skapa bra prognosmodeller.
Foto: Ulf Nilsson.*

LIT'TERATUR OCH HEMSIDOR I URVAL

Länkarna nedan leder till olika sidor med hjälpmedel angående skadegörare och olika typer av prognoshjälpmedel.

Jordbruksverkets faktasidor för odling och skadegörare:

<http://www.jordbruksverket.se/amnesomraden/odling/>

Jordbruksverkets automatiserade prognos för skorv och äppelvecklare:

<http://www.fruitweb.se>

SLU fältforsk (temperatursummor och prognoser):

<http://www.slu.se/faltforsk>

15

Växtskyddsteknik

SVEN AXEL SVENSSON



Växtskyddsteknik omfattar alla de tekniska metoder och utrustningar som behövs för att placera växtskyddsmedel på rätt ställe och i rätt mängd.

Foto: Klara Löfkvist.

Växtskyddsteknik omfattar alla de tekniska metoder och utrustningar som behövs för att sprida och placera växtskyddsmedel på rätt ställe och i rätt mängd. Alla växtskyddsmedel som hamnar utanför det avsedda målet är att betrakta som en miljöbelastning. Av denna anledning kommer även miljöskyddsaspekter att behandlas under denna rubrik.

Viktigt i allt växtskyddsarbete är timing. Det gäller att veta när det är meningsfullt att göra en insats. Till det behövs olika prognosverktyg, bedömningar i fält, etc. Timing kan också innebära att man väljer en tidpunkt när skadegöraren är exponerad, eller befinner sig i den minst motståndskraftiga delen av sin livscykel. Optimal användning av bekämpningsmedel fordrar inte enbart perfekt timing, utan också verktyg som gör det möjligt att överföra växtskyddsmedlets aktiva beståndsdel till skadegöraren, svampen eller ogräset, utan att orsaka skador och förluster utanför målet.

Den helt dominerande delen av växtskyddsmedlen sprids i vätskeform. De kan i och för sig levereras torra i tablettform, som granulat, eller som pulver, men de sprids i vätskeform. Normalt används vatten för utspädning och ”bärare”. Beroende på de kemisk/fysikaliska egenskaperna hos växtskyddsmedlet, erhålls en sprutvätska, som är en **suspension** eller **emulsion** och någon gång en **äkta lösning**. För att sprutvätskans koncentration skall hållas konstant under spridningstillfället, krävs en omröringsfunktion på spridningsutrustningen.

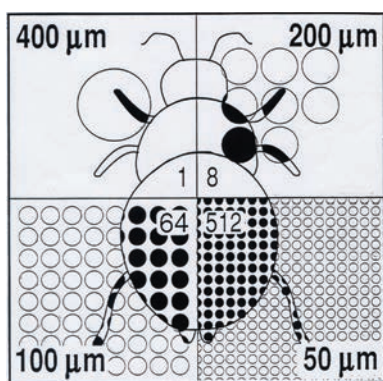
Varför behöver man då krångla till det och späda ut växtskyddsmedlet? Mängderna växtskyddsmedel är förhållandevis små, från extrema lågdosmedel som kräver 15 g per ha till det mer normala om något kg per ha. Det skulle vara omöjligt att sprida dessa mängder jämnt, om man inte spädde ut dem. Det finns undantag, som 12 % ättiksyra mot ogräs, som sprids utspädd i mängder om 2000 l per ha (Tab. 1 & 2).

Kunskapen om droppbildning och droppars beteende är väsentlig för att kunna sprida en vätska jämnt, träffa målet och undvika att orsaka miljöpåverkan utanför målet.

Tabell 1. Exempel på normala vätskemängder för spridning av växtskyddsmedel.

Behandling	Gröda	Vätskemängd (l/ha)	Kommentar	Motsvarar i regn (mm/ 10 min) Fyll själv i ditt svar
Ogräsbekämpning	Isbergssallat	75	Jordverkande	
Ogräsbekämpning	Bönor	100 – 200	Systemiskt verkande	
Svampbekämpning	Jordgubbar	400 - 700	Beror på stadium	
Svampbekämpning	Äpple	200 - 400	Beror på trädstorlek	
Insektsbekämpning	Krukväxter	500-2000	Beror på skadegörare	

Uppgift: Räkna om mängden sprutvätska till mm regn per 10 min. Jämförelse: På SMHI:s hemsida kan man läsa att: ”Lätt regn ger mindre än 0,1 mm per 10 minuter eller högst 0,5 mm på en timme”. Svar finns i slutet av kapitlet.



15-1. Samma vätskemängd fördelad i olika stora droppar. 1 µm = 1 mikrometer = 1 miljondels m.

Vad är det som utgör målet?

Det kan vara ett ogräs, som skall träffas med ett ”brännande” preparat, eller ett som går in i växten och påverkar delar av fotosyntesen. Andra exempel är substanser, som läggs ut som en ”kemisk barriär” för att förhindra att skadesvamparnas sporer gro. Vissa svampbekämpningar har en kurerande effekt och stoppar angreppet, i regel genom att tas upp av växten och hjälpa till att förhindra spridning. Insekter och kvalster bekämpas genom att ägg, larver och vuxna träffas direkt av ämnen som stör ämnesomsättningen eller slår ut vitala utvecklingsprocesser. I andra fall tas ämnet upp av växten och sprids i den, för att i nästa steg påverka insekterna när de suger näring eller äter av växten, s.k systemiskt verkande bekämpningsmedel. Detta innebär att det är synnerligen viktigt att ha grundlig kunskap om vilken effekt och verkan preparaten har så att appliceringen kan bli så precis som möjligt. Kunskap om ogräsets utveckling och känslighet, skadesvamparnas förekomst, livscyklar och känsliga stadier samt insekternas uppträdande, lokalisering och känsliga faser är andra fakta som är viktiga för att kunna definiera ett mål för bekämpningen.

Den bästa effekten får man om målet täcks riktigt noga, det vill säga att ogräsplantorna träffas av många herbiciddroppar, att fungiciden läggs jämnt över de blad som är utsatta för smitta (ofta nyttillväxten) eller att insekten träffas till alla delar. Figur 15-1 visar hur en och samma vätskemängd täcker en yta, beroende på droppstorleken. Av resonemanget följer att den bästa täckningen erhålls med en så fin dusch (= små droppar) som möjligt. Det är riktigt, men det finns fler faktorer som inverkar.

Små droppar har egenheten att deras rörelseenergi avtar mycket snabbt och deras nedåtriktade rörelse kan beskrivas som en balans mellan luftmotståndet och gravitationskraften. Ett exempel i naturen är dimmans små vattendroppar, som tar mycket lång tid på sig innan de slutligen når marken. På sin väg neråt, påverkas de av minsta vindpust. Större droppar uppnår också en balans mellan luftmotstånd och gravitation, men vid betydligt högre fallhastighet. Naturens exempel är naturligtvis slagregnets stora droppar. Den slutliga fallhastigheten (även kallad gränshastighet) betecknas V_t och är den hastighet som droppen uppnår när luftmotståndet är i balans med gravitationskraften.

Tabell 2. Exempel på olika växtskyddsmedel, dess användning, vanliga dosrekommendationer och typ av växtskyddsmedel

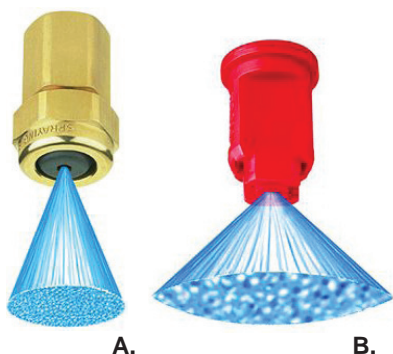
Preparatnamn	Används mot	Normal dos	Typ av växtskyddsmedel
Roundup Bio	Mot all typ av vegetation	1 – 4 l/ha	Systemiskt verkande herbicid
Amistar	Mot svampsjukdomar ibland annat jordgubbar	0,8 – 1,0 l/ha	Systemiskt verkande fungicid
Ogräsättika	Mot all typ av vegetation	2000 l/ha	Kontaktverkande herbicid
Fokus Ultra	Mot gräsogräs	1,5 – 6 l/ha	Systemiskt verkande herbicid. Dosen varierar med ogräsart och gröda
Titus WSB	Mot ogräs i bland annat potatis	20 – 50 g/ha	Systemiskt verkande herbicid av typen lågdospreparat

Det finns en parallell med fallskärmschopparen, som får en slutlig fallhastighet på runt 40 km/h, innan skärmen faller ut.

Slutlig fallhastighet, V_t , beskrivs av ekvationen nedan.

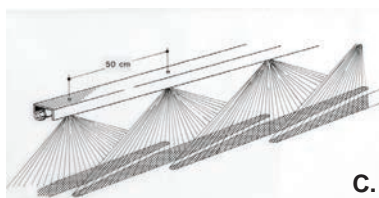
$$V_t = \frac{g d^2 \rho_d}{18\mu} \quad \text{där } \left. \begin{array}{l} g = \text{gravitation} \\ \rho_d = \text{dropptäthet} \\ \mu = \text{viskositet} \end{array} \right\}$$

d = droppdiameter



Eftersom de tre första parametrarna är lika och gemensamma för respektive vätska, blir det droppdiametern som skiljer. Eftersom den dessutom förekommer upphöjd till två, blir droppstorleken den helt dominerande faktorn som påverkar dropparnas slutliga hastighet, och därmed också deras känslighet för påverkan från yttre luftrörelser.

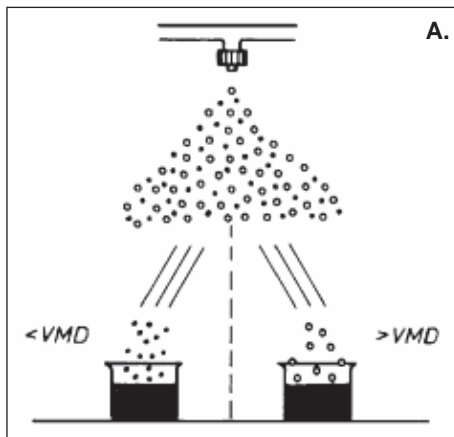
Hur skapas då dessa små droppar? Man använder spridare, som i sin allra enklaste form består av ett cirkulärt hål, som skapar ett konformat flöde av droppar (fig. 15-2A).



Efterhand har spridarna utvecklats till att producera en ”skiva” av droppflöde, genom att hålet är mer ellipsformat. Denna spridare är den idag vanligaste och benämns ”spaltspridare” (fig. 15-2B). Spridarna placeras på en bom med cirka 50 cm avstånd. De vinklas något och kan därigenom ge en jämn fördelning längs en bom eller ramp. De får en överlappning, utan att direkt kollidera med varandra (fig. 15-2C).

15-2. A) Den enklaste spridaren; ett cirkulärt hål, kallas full kon. B) Spaltspridare. C) Bom med överlappande spaltspridare. Illustration: TeeJet/Spraying Systems.

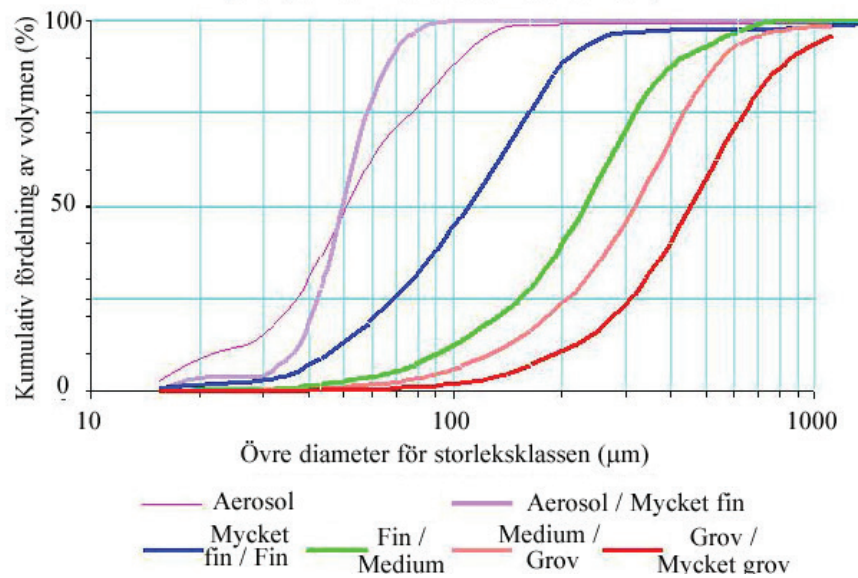
Det krävs ett tryck för att vätskeflödet skall bilda droppar. Trycket ligger normalt inom samma område som i hemmets vattenledning, dvs. ca 0,2 MPa. Av historiska skäl anger man trycket i en äldre tryckenhet, Bar (1 Bar = 0,1 MPa).



15-3. A) Sprutduschen ger en blandning av olika droppstorlekar. Dropparna sorteras efter storlek i två volymmässigt lika stora andelar, den ena bestående av droppar större än och den andra mindre än volymmediandiametern (VMD). B) Olika droppstorleksfördelningar. Very fine (VF), fine (F), medium (M), coarse (C) and very coarse (VC). Illustration: Hagenvall, 1990 (A), www.dropdata.org (B).

Storleksfördelning för droppar

(exempel från Mathews & Bateman 2004)



En spridare är en enkel anordning och man får inte en specifik droppstorlek, utan en droppstorleksfördelning. Ett annat ord för detta är duschkvalitet. I grunden finns ett begrepp som kallas för volymmediandiametern (VMD). Dess definition finns illustrerad och definierad i figur 15-3. Man förenklar detta och har bestämt sig för en internationell konvention av klassindelning. Klasserna är 'mycket fin', 'fin', 'medium', 'grov' och 'mycket grov'.

Duschkvaliteten beror på tre faktorer; spridarens storlek (öppningens storlek), spridarens utformning samt väsketrycket. Det finns ytterligare en internationell överenskommelse för spaltspridare; en ISO-standard, som omfattar en färgkodning och beteckning. Den innebär att flödet vid samma tryck är alltid detsamma för en viss beteckning på spridare, oberoende av tillverkare. Så är t.ex. flödet från en gul spridare (eller storlek 02) alltid 0,8 liter per minut vid 3 Bars tryck. Duschkvaliteten kan däremot skilja sig radikalt.

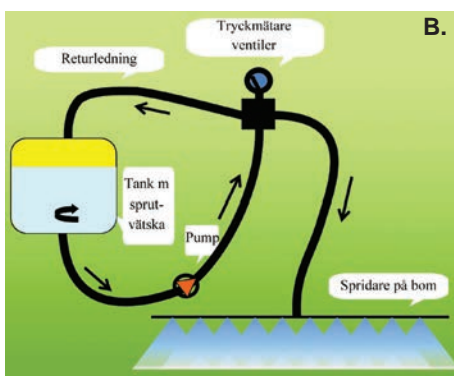
Spridarna och droppbildningen är en viktig sak, men lantbrukssprutan är den maskin som bär upp dessa komponenter (fig. 15-4). Lantbrukssprutan är den spruta som används till störst areal (fig. 15-5 A,B). Den spruta som är vanligast, internationellt sett, är ryggsprutan (fig. 15-5 C).

Lantbrukssprutan används även för trädgårdsgrödor på friland, t.ex. rotfrukter, lök, kål, mm. Den är också vanlig för många plantskolekulturer och för jordgubbar.

För fruktodling, för växthuskulturer (fig. 15-5 D), för bär och för en del plantskoleväxter används speciella sprutor som beskrivs längre fram.

Olika spridare för olika situationer

Som nämnts tidigare, är spaltspridare den vanligaste typen av spridare. I sin ursprungliga utformning ger den en duschkvalitet av fin till medium, beroende på tryck och storlek. Detta ger bra täckningsegenskaper, men också en risk för vindavdrift, genom en hög andel små droppar (diameter



15-4. Principskiss över sprutor. A) En mycket enkel handhållen spruta. De flesta funktioner är gemensamma med lantbrukssprutan. B) På en verklig, modern spruta är rördragningen mycket mer komplicerad, eftersom det finns funktioner för sektionsindelning av bom, tvättning efter sprutning etc. Illustration Sven Axel Svensson.



A.



B.



C.



D.

15-5. Olika exempel på sprutor. A) En bogserad lantbruksspruta av större modell som är vanlig inom större växtodlingsföretag. B) En buren lantbruksspruta som är vanlig i frilandsodlingar av mindre storlek. C) Handpumpad ryggsspruta som används i många sammanhang både i växthus och på fält. D) Växthus-spruta av högtryckstyp.

Foto: Dirk Ingo Franke Wikimedia (A), BDK images wikimedia (B), Hardi-international.com (C), Klara Löfkvist (D).

< 100 µm). Under främst 1990-talet utvecklades varianter på spaltspridare, för att klara de allt strängare kraven på reducerad vindavdrift. På olika sätt lyckades man reducera andelen små droppar. Den mest radikala typen av spridare är de sk. injektorspridarna. I dessa reduceras vätsketrycket genom en förträngning, därefter skapas ett undertryck genom en injektor som suger in luft till vätskeduschen. Resultatet blir en spridare som ger en mycket grov duschkvalitet.

Det förekommer också spridare som ger en snett bakåtriktad dusch. Dessa har utvecklats speciellt för att få en bättre täckning med ogräsmedel på små gräsogräs, som inte uppvisar någon större träffyta, sedda rakt uppifrån. Dessa munstycken har också visat sig ha en god effekt vid sprutning mot potatisbladmögel, förmodligen genom att den sneda vinkeln låter dropparna tränga in genom de ”tak” som bladen bildar.

Val av spridare

Att välja spridare sker genom en enkel beräkning eller genom olika hjälpmedel som finns att hämta på t.ex. Jordbruksverkets eller olika spruttillverkares hemsidor (se adresser i slutet av kapitlet). Jordbruksverkets funktion finns även som en app att ladda ner i mobiltelefonen. Med hjälp av denna kan man välja även spridare med reducerad vindavdrift. Alternativt kan man med en enkel formel räkna ut det önskade flödet, baserat på följande faktorer:

- * Q = Önskad sprutväskevolym (l/ha)
- * V = Körhastighet (km/h)
- * B = Sprutad bredd (m)
- * q = Flöde per spridare (l/min)
- * n = Antal spridare

$$q = (Q \times V \times B) / (600 \times n)$$

(där 600 är en dimensionslös faktor för att sorterna ska bli rätt)

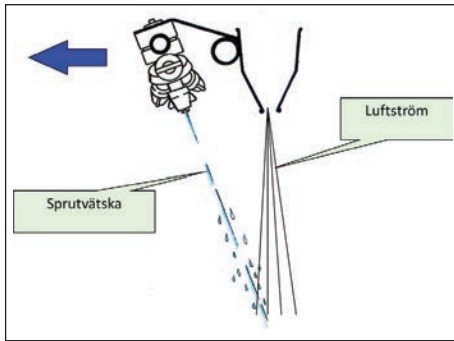
Med flödet uträknat kan man i tillverkarnas spridartabeller välja spridare. Oberoende av vilken metod man väljer, är det viktigt att kontrollera att både flöde och framföringshastighet har blivit rätt. För att få exakt rätt flöde, kan man bli tvungen att finjustera trycket något.

Inträngning i bladverk

I många fall hittar vi angreppen på svåråtkomliga ställen. Skadegörare finns normalt på undersidan av bladen, i bladveck och blommor eller liknande. Svampsporer hamnar på de flesta ställen av växten och därför måste i regel hela växten träffas av sprutvätskan.

Det finns några undantag från dessa påståenden om målens placering; bladlösen finns oftast i toppen, i tillväxtpunkter (även om vissa arter får bladet att rulla ihop sig, så att de kan gömma sig inne i den bildade rullen). Mjöldagg förekommer främst på tillväxtpunkter/skottspetsar.

För att få en inträngning i bladverket, krävs stora tunga droppar som kan tränga in i bladverk och splittras till mindre droppar. Det hjälper inte att endast öka trycket, med förhoppningen att öka dropparnas hastighet. Som



15-6. Luftassisterad lantbruksspruta med funktionskiss ovan.

Foto: hardi-international.com.



vi nämnt tidigare, får dropparna mycket snabbt sin slutliga fallhastighet, som beror på deras storlek. En fin duschkvalitet, med stor andel små droppar, ger en bra täckning, men saknar förmågan att tränga in i bladverket. Kompakta injektorspridare eller low-drift-spridare kan vara lämpliga kompromisser, eftersom dessa spridare saknar de minsta dropparna.

Ett annat sätt att skapa inträngning är att använda en luftström, som transporterar dropparna in i ett bladverk (fig. 15-6). Med denna lösning kan man använda finare duschkvaliteter, eftersom det är luftströmmen som ger dropparnas hastighet. Dessutom sätts bladverket i rörelse och chansen ökar för att bladens undersidor exponeras.

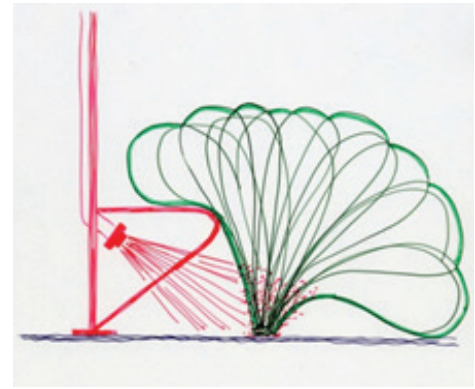
Det finns fläktsprutor som är konstruerade för fältgrödor, men den viktigaste tillämpningen är i frukt- och bärödling.

Jämn fördelning – ojämn fördelning?

I normalfallet gäller att man strävar efter att fördela sprutvätskan så jämnt som möjligt över fältet, eller den växthusyta, som skall behandlas. Förutsättningen är då att det inte går att avgöra om det är vissa delar av fältet som inte är angripna, eller om det är vissa delar som är speciellt utsatta. Så snart det finns en möjlighet att identifiera angreppet till vissa platser, bör man försöka rikta bekämpningen.

Den normala ogräsbekämpningen sker med samma dos över hela ytan, men till exempel tistelhärdar kan punktbekämpas. På samma sätt kan man ibland behöva intensifiera svampbekämpningen i sänkor med hög fuktighet. I fruktodlingen kan man välja att inte behandla rader med sorter som har hög motståndskraft mot äppleskorv. I vissa fall vet man att växten angrips på ett visst ställe, t.ex. svampangrepp mot rotnacken på rotfrukter. Då kan man rikta behandlingen dit. Det finns flera exempel på tekniska lösningar för att rikta sprutvätskan mot önskat område (fig. 15-7).

De modernaste sprutorerna har GPS-utrustning, som gör det möjligt att återfinna områden på fältet med till exempel högt ogrästryck. Identifieringen och positioneringen kan ha gjorts i tidigare skeden.



15-7. Olika exempel på tekniska lösningar för att kunna rikta duschen åt sidan, uppåt, eller till en plats där skadegöraren finns.
Foto: Sven Axel Svensson.

Den mest extrema "ojämna" bekämpningen är bandsprutning av jordgubbar (fig. 15-8). Behandlingen mot gråmögel är riktad främst mot blommorna och de nyaste karten. Det är därför onödigt att spruta mellanrummet mellan raderna. Radavståndet i jordgubbar är stort, ca 1.20 m, och vinsten i besparat bekämpningsmedel blir därför betydande; ca 50 %.

Dessutom innebär de vanligaste bandsprutorna att man kan utnyttja sprutans konstruktion för att få ett stabilt fäste för en lågt placerad spridare, som kan riktas upp under bladen.

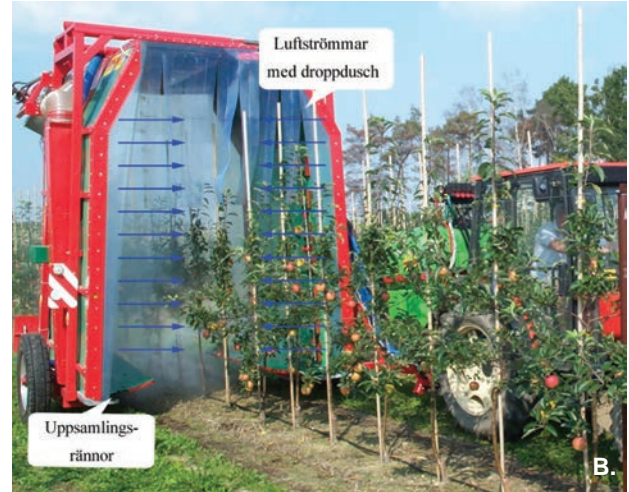
Speciella tillämpningar i trädgårdsnäringen

Fläktsprutor för fruktodling skiljer sig radikalt från den vanliga lantbrukssprutan (fig. 15-9). Sprutan är i regel bogserad och har en fläkt som blåser droppduschen till träden och in i träden. Därigenom får man en god inträngning i bladverket, samtidigt som bladverket sätts i rörelse och olika sidor av bladen exponeras. På många fläktsprutor av äldre modell sitter fläkten ganska lågt placerad. Detta innebär en ökad risk för vindavdrift, eftersom man dels använder en fin duschkvalitet, dels för upp dropparna till nivåer med högre vindhastighet, vilket gör att dropparna kan driva längre bort. Det är därför viktigt att utnyttja fläkstens luftströmmar till att hålla nere vindavdriften, t.ex. genom att kunna rikta utloppen, ofta i kombination med högt sittande luftutlopp, som kan riktas nedåt. Under de senaste 10 åren har man också introducerat injektorspridare för fläktsprutor. Därigenom kan vindavdriften minskas.



15-8. Bandspruta för jordgubbar.
Foto: Sven Axel Svensson.

Att använda tunnelspruta är det mest radikala sättet att reducera vindavdriften i frukt- och vinodling (fig. 15-10). En sådan spruta har lätta väggar och tak



15-9. Exempel på olika typer av fläktsprutor. A) Äldre typ av fläktspruta där luftströmmen är snett uppåtriktad. B) Tunnelspruta för fruktodling av modernt snitt som tillverkas i Polen. C) Modernare fläktspruta för fruktodling. Foto: Sven Axel Svensson (A), Ryszard Holownicji (B), Heribert Koch (C).

av presenning eller plast, med en uppsamlingsränna längst ner (fig. 15-9 B). Det finns luftutlopp från fläktar på båda sidorna. Överskottsvätskan rinner ner längs väggarnas insida och pumpas tillbaka till tanken. På så sätt minskar vätskebehovet med ca 30 %. Vindavdriften reduceras samtidigt radikalt. Det finns i Sverige endast två tunnelsprutor i drift. Anledningen till detta är att en sådan spruta anses vara för dyr och att det finns dåliga erfarenheter av att köra med sådana i starkt kuperad terräng. De som använder sprutorna har dock goda erfarenheter och lyfter fram möjligheterna att spara bekämpningsmedel.

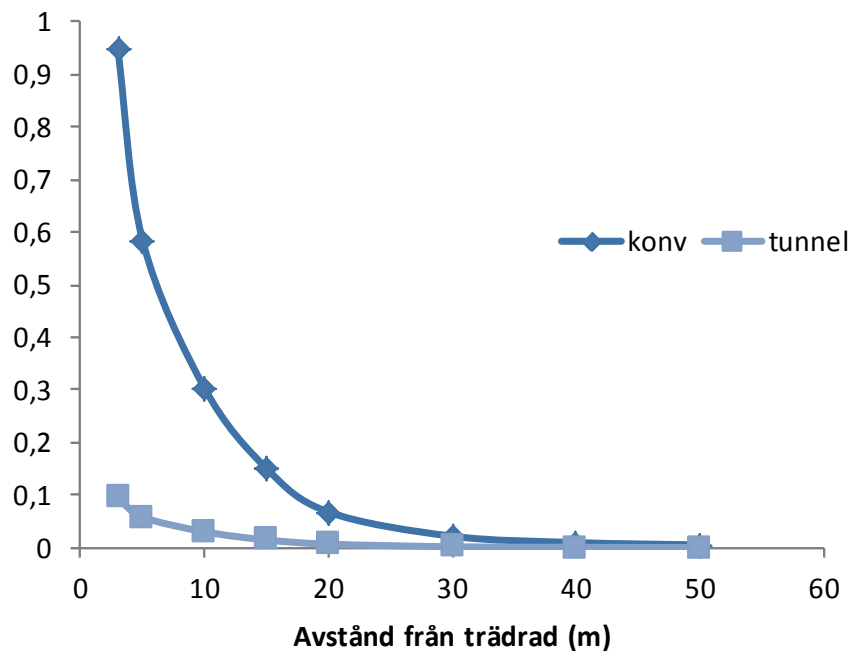
Växthussprutor

I växthus används sprutor som skiljer sig mycket från de som användes i frilandskulturerna. De tre vanligaste typerna av växthussprutor är handmanövrerade lågtrycks-, respektive högtryckssprutor samt kalldimningsaggregat.

Högtryckssprutan har liknande funktioner som andra sprutor, med tank, pump, filter, omröring och spridare (fig. 15-5 D). Som framgår av figur 15-11, sker spridningen med en handhållen kort ramp eller med en sprutlans med antingen en ensam spridare eller ett så kallat rosmunestycke. Trycket är mycket högt, ca 100 bar, det vill säga mer än 25 gånger högre än i andra sprutsammanhang. Anledningen är att man vill skapa en mycket fin dusch kvalitet och dessutom få en kraft i duschen, så att man får god inträngning. Detta innebär samtidigt att det är svårt att hålla vätskenivåerna på en rimlig nivå. Det är inte ovanligt att vätskemängderna ligger mellan 1000 och 1500 l/ha (skall jämföras med frilandsodlingens 150 – 300 l/ha). Resultatet blir ofta en avrinning från bladverket.

Kalldimningsaggregatet är högtryckssprutans motsats (fig. 15-12). Det är stillastående eller fast installerat och kan fjärrmanövreras. Man använder vätskemängder på ca 50 – 70 l/ha. Dropparna bildas genom att en stark luftström "river loss" dropparna från en skarp egg, inuti aggregatet. Dropparna blir mycket små (aerosol, droppdiameter < 50 µm) och svävar därför i luften, medan de sakta sedimenterar. Det ser ut som om huset fylls med dimma. Täckningen blir mycket god, men genom att avsättningen sker genom sedimentering, är det svårt att träffa bladundersidorna. Resultatet förbättras avsevärt genom att installera fläktar som ökar luftrörelserna. Då träffas även vertikala ytor. Vid kalldimning hamnar bekämpningsmedlet överallt i växthuset, även på väggar, tak, golv, vävar och annan inredning.

15-10. Diagram som visar vindavdrift för konventionella fläktsprutor och tunnelsprutor. Diagrammet är konstruerat med hjälp av data från BBA, Tyskland.



Detta innebär ökade risker för arbetsmiljön, för dem som efter sprutning skall arbeta i växthuset.

MILJÖASPEKTER

Kemiska bekämpningsmedel innebär effektiva och förhållandevis billiga metoder att skydda lantbruks- och trädgårdsgrödor mot skadegörare och insekter. Dessvärre följer även ett antal miljörisker. Detta gäller framför allt risker för att bekämpningsmedel kan hamna i vattendrag samt natur och fält utanför de behandlade områdena. Vid själva sprutningen hamnar det mesta av sprutvätskan på växterna eller marken/växthusgolvet. Odlingsmarkens mikrobiologiska aktivitet och dagsljusets UV-ljus hjälper till att bryta ner bekämpningsmedlen. En del avdunstar eller binds till markpartiklar. Det som inte bryts ner genom dessa processer kan sköljas av med regn och vidare till ytvatten eller tränga ner i marken, för att så småningom nå grundvatten. Under sprutningen finns det även risk för att en del av sprutvätskan kan driva iväg som vindavdrift. Dessa typer av förorening kallas gemensamt för diffus spridning.



15-11. Sprutning i växthus med handhållen ramp. Foto: Klara Löfkvist.



15-12. Kalldimningsaggregat monterat över kulturen i en gurkodling. Foto: Klara Löfkvist.

En annan orsak till förorening är att det kommer ut bekämpningsmedel i samband med transporter, i samband med blandning och påfyllning, eller slutligen vid tvätt och rengöring av sprutan, traktorn eller behållaren. Detta innebär en stor risk för både yt- och grundvatten, genom att det ofta är koncentrerade preparat eller att det kommer stora mängder på en liten yta (jämfört med sprutningen av en utspädd vätska över ett fält). Dessa typer av föroreningar kallar man för punktkällor.

Diffus spridning - vindavdrift

Det finns ett omfattande regelverk för att skydda omgivning och vatten mot vindavdrift. Omgivningen skyddas genom att sprutföraren måste hålla ett vinnanpassat skyddsavstånd till olika objekt. Man använder ett beräkningsverktyg "Hjälpreda" för att få fram ett tillräckligt avstånd (se referenslistan). Skyddsavståndet beräknas alltid i vindriktningen.

Grundläggande förutsättningar är dels dosnivå i förhållande till maxdos, dels känsligheten hos det objekt man vill skydda. För känsliga objekt som t ex vattendrag, känsliga grödor, trädgårdar och växthus krävs således ett längre skyddsavstånd än normalt. Tekniska faktorer som påverkar vindavdriften och som ingår i beräkningen är: vindstyrka, temperatur, bomhöjd och duschkvalitet. Det finns motsvarande regelverk för fruktsprutor. Där är de tekniska faktorerna bladverkets utveckling (tidigt, resp sent på säsongen) och duschkvaliteten.

Genom att man beräknar skyddsavståndet i vindriktningen och att vindhastighet och temperatur ingår i beräkningen, kan odlaren komma tillbaka och behandla skyddsavståndsområdet (eller åtminstone delar av det) efter att vinden vridit, vinden mojnät eller temperaturen sjunkit.

Spridning genom markläckage

För denna punkt gäller fortfarande att man skall iaktta försiktighet i olika situationer. Det kan handla om att inte spruta före kraftiga regn, eftersom det finns en risk att bekämpningsmedlet inte hinner börja brytas ner/fastläggas innan regnvattnet sköljer iväg det. På samma sätt bör man undvika att spruta på fält med hög lerhalt efter långvarig torka. Det finns då risk för att djupa sprickor har bildats; sprickor som kan transportera bekämpningsmedel ner till djup, där inga mikroorganismer finns.

Markanpassade skyddsavstånd

Alla vattendrag har ett speciellt skydd i det svenska regelverket. Förutom vindavdriften, finns markanpassade skyddsavstånd:

Vid sprutning skall följande minimiavstånd avstånd hållas till vattendrag (större vid lutning och lätt jord):

- 1 m till dräneringsbrunnar och diken (till insidan på dikeskanten).
- 6 m till sjöar och vattendrag (blåmarkerade på topografiska kartan) räknat från strandlinjen vid högvatten.
- 12 m till vattentäcker.

I samband med blandning, påfyllning och liknande hantering:

- 30 meter till alla ovan angivna slag av vatten vid påfyllning och rengöring av sprututrustning. Om arbetet sker på en biobädd eller på en platta med uppsamling kan 15 meters skyddsavstånd accepteras.

Punktkällor

Denna rubrik avser framför allt de olyckor eller tillbud som kan inträffa i samband med att man hanterar koncentrerade bekämpningsmedel, t.ex. transporterar, mäter upp eller fyller på sprutan. Likaså gäller det spill och läckage som är relaterade till tvätt och rengöring. Många av dessa händelser har karaktären av olyckshändelser och kräver därför ett speciellt skydd. I första hand skall man försöka att inreda arbetsplatsen så att olyckor undviks. Det sker genom att platsen är väl lämpad och förberedd med avställningsytor, belysning, vattenförsörjning, etc. Dessutom skall det finnas ett skydd som

minimerar konsekvenserna om olyckan är framme. Det innebär att man utför dessa arbetsmoment antingen i fält på biologiskt aktiv mark, på biobäddar, eller på en platta med separat uppsamling.

Arbetsmiljö

Den största arbetsmiljörisken för sprutföraren är i samband med mätning, blandning och påfyllning av sprutan, alltså de arbetsmoment där man kan komma i kontakt med det koncentrerade bekämpningsmedlet. De flesta av dagens bekämpningsmedel kräver en kraftig exponering för att ge akuta symptom. Exponering kan ske genom att man andas in ämnena, sväljer dem eller att man får dem på hud, ögon, eller andra slemhinnor.

LITTERATUR I URVAL

- Sundgren A (red). 2012. Säkert växtskydd (Kursbok för den obligatoriska behörighetsutbildningen). Natur & Kultur.
- Jamar L., Mostade O., Huyghebaert B., Pigeon O. & Lateur M. 2010. Comparative performance of recycling tunnel and conventional sprayers using standard and drift-mitigating nozzles in dwarf apple orchards. *Crop Protection*, 29:6, pp 561 – 566.
- Löfkvist K., Hansson T. & Svensson S.A. 2009. Förluster av växtskyddsmedel till omgivande mark och vatten vid användning i svenska växthus – en genomgång av möjliga riskmoment (Losses of pesticides to soil and water from greenhouse uses – an overview of possible risk factors) JLT-Fakulteten, Alnarp, Rapport nr 2009:6. SLU Alnarp.
- Löfkvist K. & Svensson S.A. 2012. Improvements of pesticide handling in greenhouse situations. *International advances in pesticide application 2012. Aspects of Applied Biology* nr 114, 2012. pp 371–378.
- Matthews G.A. 2000. *Pesticide Application Methods*. Blackwell Science, UK.
- Nilsson E. & Pålsson L. 2006. Säkert växtskydd- grunden för säker hantering. Tillgänglig: www.miljohusesyn.nu/userfiles/file/sakert_vaxtskydd06.pdf
- Svensson S.A. & Löfkvist K. 2007. Säkrare hantering av bekämpningsmedel i växthus (Safer handling of pesticides in greenhouses) Fakulteten för landskapsplanering, trädgårds- och jordbruksvetenskap, SLU Alnarp. Rapport 2007:3. [online] Tillgänglig: http://pub-epsilon.slu.se/158/01/LTJ_Rapport_3.pdf

HEMSIDOR I URVAL

Två hemsidor med intressant och lärorikt material. Många utblickar på problem och möjligheter i utvecklingsländer. Utveckling och spridning av biologiska bekämpningsmedel.

- www.dropdata.org
- www.iparc.org.uk

Ger båda aktuell information och inspiration om växtskyddsteknik, miljö- och arbetsmiljöskydd.

- www.jordbruksverket.se
- www.greppa.nu

Val av spridare

- www.jordbruksverket.se (sök på spridarval)
- www.svenskahardi.se (sök på kalibrering av lantbrukssprutor)
- www.teejet.com (bland annat spridartabeller vid val av spridare)

Diffus spridning- vindavdrift

- www.greppa.nu (här finns hjälpredor för beräkning av vindanpassat skyddsavstånd och val av spridare för att reducera avdrift, även som mobilapp)

Markanpassade skyddsavstånd

www.jordbruksverket.se (sök på skyddsavstånd till omgivningen)

Punktkällor

www.greppa.nu (bra information om säker hantering av växtskyddsmedel, påfyllnad av sprutor med mera)

Arbetsmiljö

www.av.se (på arbetsmiljöverkets hemsida finns många bra instruktionsfilmer och genomgångar för säkrare växtskydd. Sök på växtskydd)

Facit

Facit till beräkningen på sid 2: 1 mm regn är $0.001 \text{ m} \times 1 \text{ m} \times 1 \text{ m} = 0,001 \text{ m}^3/\text{m}^2$, dvs $1 \text{ l}/\text{m}^2$, eller $10\,000 \text{ l}/\text{ha}$. Den största vätskemängden ($2000 \text{ l}/\text{ha}$) motsvarar $0,2 \text{ mm}$ och en mer normal vätskemängd ($200 \text{ l}/\text{ha}$) motsvarar $0,02 \text{ mm}$; något som endast innebär en lätt fuktning av bladverket.

Ordförklaring

En **suspension** består av små, fasta partiklar som svävar i den omgivande vätskan. Partiklarna är olösliga i vätskan och sedimenterar till botten när omröringen upphör.

En **emulsion** är en blandning av ämnen som normalt inte blandar sig; t ex olja och vatten. Genom att sönderdela oljan i mycket små droppar och tillsätta en 'emulgator' (t.ex. såpa) svävar oljedropparna en längre tid i den omgivande vätskan. Oljan flyter så småningom upp till ytan när omröringen upphör.

16

Biologisk bekämpning

ULF NILSSON, BIRGITTA RÄMERT
& LINDA-MARIE RÄNNBÄCK



Biologisk bekämpning är en miljömässigt hållbar bekämpningsstrategi med få negativa sidoeffekter som kan användas mot många olika växtskadegörare. På bilden syns nyckelpigor och blomflugor, två viktiga grupper av nyttoorganismer. Foto: Ulf Nilsson.

Alla världens växtskadegörare har fiender i sina naturliga ekosystem som reglerar deras populationer. Detta utnyttjas inom biologisk bekämpning i odlade grödor. Genom att använda de naturliga fienderna i människans tjänst kan ekonomiskt viktiga växtskadegörare kontrolleras.

Enligt definition är det endast när levande organismer, inklusive virus, avsiktligt används eller gynnas för att kontrollera andra organismer som biologisk bekämpning tillämpas. Nyttorganismer kan vara mikroskopiskt små virus, bakterier och svampar eller flercelliga djur s.k. makroorganismer som insekter och kvalster. Biologisk bekämpning används i kommersiell odling av hortikulturella grödor över hela världen för att bekämpa ogräs, växtsjukdomar och skadedjur.

I Sverige används biologisk bekämpning främst mot skadedjur i växthusodling av gurka och tomat samt mot insektslarver på frilandsgroönsaker. Det är betydligt lättare att använda biologisk bekämpning i växthusodling eftersom det är ett slutet utrymme med ett jämnt och kontrollerbart klimat. I Sverige fick biologisk bekämpning sitt genombrott på 1970-talet med användningen av rovkvalster mot växthusspinnkvalster i gurka och med en parasitstekel mot växthusmjöllus i tomat. På 1980-talet började humlor användas för pollinering i tomat och biologisk bekämpning av skadeinsekter blev då en nödvändighet. Idag är så få kemiska bekämpningsmedel tillgängliga för insektsbekämpning i växthusgroönsaker i Sverige att biologisk bekämpning är en nödvändighet.

Men biologisk bekämpning används även för att kontrollera skadegörare på växter i offentliga miljöer, botaniska trädgårdar och hemträdgårdar. De naturliga fienderna kan införskaffas från olika företag som specialiserat sig på att föröka de naturliga fienderna industriellt. Företagen hjälper kunderna med att skapa utsättningsprogram som beskriver när de olika nyttoorganismer ska appliceras för bästa kontroll. Den optimala tidpunkten för biologisk bekämpning beror på flera faktorer som t.ex. när skadegöraren befinner sig i sitt mest känsliga utvecklingsstadium och när de abiotiska faktorerna som temperatur och luftfuktighet är gynnsamma.



16-1. Exempel på viktiga bladluspredatorer.
 A) Blomflugelarv och puppa vid bladluskoloni.
 B) Guldögonslända vars larver gärna äter bladlöss. C) Nyckelpiga.
 Foto: SLU bildarkiv (A-B), Ulf Nilsson (C).

I arbetet som pågår med att minska användningen av kemiska bekämpningsmedel i jordbruket, och i samhället i stort, intar biologisk bekämpning en viktig roll. Biologisk bekämpning har många fördelar i jämförelse med kemiska växtskyddsmedel. Miljöpåverkan är minimal och risken för negativa sidoeffekter på andra organismer är liten. Däremot kräver biologisk bekämpning en större förståelse för både skadegörarnas och nyttoorganismernas biologi för att bli lyckosam.

Det går att kombinera biologisk bekämpning med kemiska växtskyddsmedel men det är viktigt att först kontrollera hur känsliga nyttoorganismerna är för olika växtskyddsmedel och hur lång karenstid som krävs innan biologisk bekämpning kan användas efter kemisk bekämpning. Information finns att tillgå från företag som säljer nyttoorganismer.

För att vara godkända för användning i Sverige så måste de biologiska bekämpningsorganismerna vara registrerade hos Kemikalieinspektionen. Det är det svenska regelverket som sätter ramarna för vilka makroorganismer som får användas medan mikroorganismerna styrs av EUs regelverk. Endast biologiska bekämpningsorganismer som förökats under kontrollerade former får säljas. Det är alltså inte tillåtet att samla in naturen för att sälja vidare.

NYTTOORGANISMER

Naturliga fiender som används inom biologisk bekämpning har olika födoval och sätt att angripa sina bytesdjur/värdväxt eller värdväxt och kan därmed vara herbivorer, predatorer, parasitoider, patogener eller antagonister.

Herbivorer

Med herbivorer avses organismer som är anpassade för att äta växter. Herbivorer kan användas inom biologisk bekämpning för att kontrollera oönskad växtlighet. I Sverige är det ovanligt att herbivorer används för att bekämpa ogräs. Däremot finns det exempel från Nordamerika där specialiserade växtätande skalbaggar har introducerats i den naturliga faunan för att minska problemen med ogräs som av misstag har etablerats i landet.

Predatorer

En predator är ett djur som äter andra djur. De är oftast betydligt större än sitt bytesdjur. Vanligen äts stora mängder bytesdjur under deras levnadstid. Predatorer som används inom biologisk bekämpning kan vara t.ex. nyckelpigor, guldögonsländor, näbbstinkflyn och gallmyggor (fig. 16-1). De kan antingen vara specialiserade på ett fåtal byten som t.ex. blomflugans larver som främst äter bladlöss. Andra är betydligt bredare i sitt födoval och konsumerar många olika byten, de kallas då generalister. Ett exempel på en generalist är *Macrolophus caliginosus*, en rovlevande skinnbagge, som används i växthus för att bekämpa många olika skadedjur såsom spinnkvalster, fjärilsägg och mjöllöss.

Flera olika arter av rovkvalster som t.ex. *Hypoaspis* spp., *Phytoseiulus* spp., och *Amblyseius* spp är viktiga predatorer som används för att bekämpa skadedjur i växthus såsom trips, växthusspinnkvalster, mjöllöss och sorgmyggor. En del rovkvalster används även på friland för att bekämpa t.ex. jordgubbskvalster och spinnkvalster i bärkulturer.

Parasit eller parasitoid?

Faktaruta 1.

Det finns många begrepp som används inom biologin som är lätta att förväxla t.ex. parasit och parasitoid.

En parasit kan beskrivas som en organism som stjälar näring från en annan levande organism, den s.k. värdorganismen. Parasiten kan leva utanpå sin värdorganism (sk. ektoparasit) eller inuti (sk. endoparasit). Parasiteringen medför att värdorganismen försvagas men dödas vanligen inte. En känd parasit som kan beskådas i Sverige är misteln *Viscum album*, som är en växt som stjälar näring från lövträd genom att skicka in sina rötter in i värdträdets vävnad. Misteln kan dock producera energi genom fotosyntes i sina blad och brukar därför benämnas som halvparasit. Andra exempel på parasiter som vi kan hitta i Sverige är hårlöss, fästingar och binnikemask.

En parasitoid däremot dödar alltid sin värdorganism efter att ha förbrukat dess näring. Vanligen äter parasitoiden först kroppsvävnad som inte är livsnödvändig för värdorganismen. Därmed kan värdorganismen fortsätta att äta och utvecklas en period även efter att den blivit parasiterad. Parasitoider som utvecklas parallellt med sin värd kallas koinobionter.

Det finns även exempel på värdorganismer som slutar att äta och utvecklas när de blivit parasiterade. Parasitoider som ger upphov till detta beteende är sk. idiobionter och kan vara att föredra inom biologisk bekämpning då värdorganismen, om den är en växtskadegörare, direkt slutar att äta och göra skada på växten.

Parasitoiderna har enbart ett parasitiskt levnadssätt som larver men inte som fullvuxna.

Parasitoider återfinns bland insekterna främst i ordningarna tvåvingar och steklar. Enbart i Sverige finns ca 8000 olika arter av parasitsteklar. Majoritet av dessa är parasitoider. I hela världen beräknas antalet parasitsteklar till 250 000 arter. Det finns till och med parasitsteklar som är parasitoider på parasitoider och de kallas då hyperparasitoider.



Parasit och parasitoid. A) Mistel som parasiterar på en lönn. B) Parasitoid, i detta fall en parasitstekel som försöker lägga ägg i kålfjärils-larver.
Foto: Ulf Nilsson.

Parasitoider

Parasitoider är insekter vars larvstadier utvecklas inuti en värd (s.k. endoparasitoider) eller utanpå sin värd (s.k. ektoparasitoider). De skiljer sig från parasiter genom att de alltid, vid lyckosam parasitering, dödar sin värd (se faktaruta 1). Värddjuren är vanligen insekter eller spindlar.

De vuxna parasitoiderna är frilevande och äter antingen växtbaserad föda som nektar och pollen eller animalisk föda. Parasitoiderna har utvecklats under evolutionen tillsammans med sina värddjur under lång tid och komplicerade livscyklar har vuxit fram. Därför är de specialiserade på att angripa en eller ett fåtal närbesläktade värdarter. En del arter lägger flera ägg i varje värd de hittar medan andra endast lägger ett ägg per värd. Vilket utvecklingsstadium som parasiteras skiljer sig också åt. Vanligast är att larver/nymfer parasiteras men det förekommer även att vuxna insekter, spindlar och ägg angrips.

Parasitoiderna är skickliga på att hitta sina värddjur även i mycket komplexa miljöer. Värddjuren lokaliserar med hjälp av lukt, känsel och synintryck. Framförallt är förmågan att lokalisera värddjuren med luktsinnet viktig. Doftspåren kan antingen avges direkt från värddjuren t.ex. från dess avföring men vanligare är att de använder dofter som frisläpps från de växter som



16-2. Skalbaggar angripna och dödade av den insektspatogena svampen *Beauveria* spp.
Foto: Linda-Marie Rännbäck.

värddjuret har angripit. Parasitoidernas förmåga att hitta sina värddjur även vid låga populationer har gjort att de är effektiva att använda inom biologisk bekämpning.

Exempel på parasitoider som används i biologisk bekämpning i växthus är *Aphidius* spp. som parasiterar bladlöss, *Encarsia formosa* mot växthusmjällus, *Dacnusa sibirica* och *Diglyphus* sp. mot minerarflugor. En del av dessa parasitsteklar finns naturligt på friland. Man kan ofta se bladlöss som blivit parasiterade av *Aphidius* sp. och s.k. bladlusmumier har bildats.

Patogener

Vi är inte ensamma om att bli sjuka av mikroorganismer. Även skadeinsekter och växtkvalster kan drabbas av sjukdomar orsakade av svampar, bakterier och virus (fig. 16-2). Om förutsättningarna är gynnsamma för infektion t.ex. vid hög luftfuktighet kan hela insektspopulationer bli utslagna. Det finns i dag ett antal produkter på den svenska marknaden som baseras på mikroorganismer. Användningen av växtskyddsmedel baserade på mikroorganismer är vanligast i växthus där luftfuktighet, temperatur och solinstrålning kan optimeras för infektion. På friland är det framförallt bakterien *Bacillus thuringiensis* som nyttjas för att kontrollera fjärils-larver i grönsaker och frukt samt ett virusbaserat preparat (Madex™) som används för att bekämpa äpplevecklare i äppleodling. Larverna äter på bladen som blivit besprutade och får därmed i sig mikroorganismerna och blir sjuka. I jämförelse med kemiska växtskyddsmedel krävs noggrannare planering av behandlingstillfälle och god täckning med sprutvätskan på växten.

Antagonister

Mikroorganismer kan även användas för att konkurrera med patogener som orsakar växtsjukdomar. De är då s.k. antagonister till de växtpatogena organismerna. Antagonisterna kan verka genom (1) antibiotik, (2) parasitism, (3) konkurrens, (4) inducering av växtens försvar, så kallad inducerad resistens, samt (5) tillväxtstimulering av växten. De fem olika mekanismerna för antagonism samverkar oftast. T.ex. kan antagonisten genom antibiotik utsöndra ämnen vilka underlättar parasitism, vilket i sin tur kan inducera växtens försvar.

Antibios

Antibios är en process under vilken antagonisten utsöndrar ämnen för att undertrycka eller döda patogener i närheten av sin egen tillväxtzon. Vid antibiotik utsöndrar antagonisten t.ex. extracellulära enzymer, sekundära metaboliter, lättflyktiga ämnen eller antibiotiska ämnen vilka kan verka direkt på patogenen och/eller underlätta parasitism.

Parasitism

Vid parasitism infekterar antagonisten patogenen genom att växa in i och förstöra dess vävnader. Extracellulära enzymer, t.ex. kitinas, kan bryta ned och förstöra patogenens cellväggar, och därmed underlätta parasitism.

Suppressive soils

Faktaruta 2.

Fenomenet 'suppressive soils' innebär att populationer av mikroorganismer tillsammans verkar antagonistiskt mot patogener så att sjukdomsincidenten blir lägre och mindre allvarlig, trots att mottagliga värdväxter odlas och övriga abiotiska förutsättningarna är optimala. Man skiljer på suppressiva jordar där patogenen inte överlever, och jordar där patogenens inokulum förekommer men inte klarar att orsaka sjukdom, t.ex. för att sporerne inte gror. Förutom mikrofloran kan jordens fysiska och kemiska egenskaper inverka, dvs. jordtyp och innehåll av organiskt material. Mikroorganismer isolerade från denna typ av jord har studerats i detalj och biologiska bekämpningspreparat har utvecklats. Preparat av antagonister kan tillsättas jord i vilken det förekommer patogener, för att minska sjukdomsutvecklingen. De flesta jordar har denna egenskap naturligt, och den kan påverkas positivt av växtföljd, samodling, organiskt material, eller jordbearbetning, beroende på antagonist. Tillförsel av organiskt material påverkar kolbalansen i jorden vilket ökar den mikrobiella aktiviteten och därmed sannolikheten för en suppressiv effekt. Tillsättning av kompost har ökat den antagonistiska aktiviteten mot vissa sjukdomar, t.ex. *Fusarium oxysporum*.

Konkurrens

Antagonisterna kan konkurrera om näringsämnen (t.ex. kol, kväve och järn) och plats, och därmed utkonkurrera förekommande patogener. Saprofyter (nedbrytare) med en snabb och aggressiv tillväxt är ofta effektiva i konkurrens. En reducerad groning av svampsporer har observerats vid intensiv konkurrens om kolkällor, ett fenomen som benämns 'soil fungistasis'.

Inducering av växtens försvar

Inducerad resistens hos en växt uppkommer då en inducerande organism, en antagonist eller en patogen, appliceras förebyggande och aktiverar växtens försvar (fysikaliskt och kemiskt) så att angrepp av patogener förhindras. Detta leder till en minskad sjukdomsnivå.

Tillväxtstimulering av växten

Tillväxtstimulering av växter kan förekomma genom att antagonisten ökar transporten av näringsämnen till rhizosfären, genom t.ex. mineralisering och nedbrytning av komplexa substrat. Antagonisten kan t.ex. utsöndra organiska syror vilka sänker pH:t i jorden och därmed ökar lösligheten av katjoner i markvätskan. Metaboliter som antagonisten utsöndrar kan även inducera produktion av växthormoner, t.ex. auxin. En frisk växt i god tillväxt kan bättre stå emot angrepp av patogener.

Antagonister som används i biologisk bekämpning

Välstuderade antagonistiska mikroorganismer vilka ingår i olika biologiska bekämpningspreparat mot växtsjukdomar världen över inkluderar bland andra arter inom bakteriesläktena *Agrobacterium*, *Pseudomonas*, *Streptomyces* och *Bacillus*, samt inom svampsläktena *Gliocladium*, *Trichoderma*, *Ampelomyces*, *Candida* och *Coniothyrium*.

Svamparna *Trichoderma* spp. är välstuderade antagonister mot svampsjukdomar på växter, och verkar genom alla fem nämnda mekanismer, men forskning visar även på deras multifunktionella ekologiska roll. De har fytotoxisk effekt mot vissa ogräs, effekt mot nematoder och bladlöss (genom enzym som bryter ner deras yttre cellskikt, den s.k. kutikulan) samt potential för rening, bioremediering, av kontaminerad jord (förmåga att bryta ned bl.a. aromatiska kolväten och vissa pesticider).

Nyckelpiga och parasitoid räddade citronskörden

Faktaruta 3.

Ett exempel som ofta beskrivs som det första lyckosamma och väldokumenterade fallet av klassisk biologisk bekämpning utspelade sig i Kalifornien på 1880-talet. Den Kaliforniska citrusindustrin hade fått ovälkommet besök av en sköldlusart (*Icerya purchasi*) som följt med citrusplantor som inköpts från Australien på 1870-talet. Sköldlusen trivdes bra på citrusträden och ökade lavinartat i antal eftersom naturliga fiender saknades. Citrusträden slutade sätta frukt eller till och med dog av de kraftiga angreppen. Industrin bekostade en expedition till sköldlusens hemland Australien där dess inhemska naturliga fiender utvärderades. En nyckelpiga (*Rodolia cardinalis*) och en parasitoid (*Cryptochetum iceryae*) konstaterades vara mycket viktiga naturliga fiender till sköldlusen. De togs med tillbaka till Kalifornien och släpptes ut i de värst angripna odlingarna. Bara på några månader hade en balans uppnåtts mellan skadedjuret och dess fiender så att skadenivån låg under bekämpningströskeln.



16-3. Blomfluga som äter nektar från Hyperikum sp. Foto: Ulf Nilsson.

STRATEGIER INOM BIOLOGISK BEKÄMPNING

Det finns olika tillvägagångssätt för hur biologisk bekämpning kan användas. Strategierna kan delas upp i 1) Förstärkande biologisk bekämpning 2) Klassisk biologisk bekämpning 3) Bevarande biologisk bekämpning. Det bör dock påpekas att det saknas idag en vedertagen och gemensam terminologi på svenska. Olika texter om biologisk bekämpning kan skilja sig åt i benämning på de olika strategierna. Vi presenterar därför även de engelska termerna.

Förstärkande biologisk bekämpning (eng. *Augmentative biological control*)

Förstärkande biologisk bekämpning avses när redan existerande populationer av naturliga fiender förstärks genom utsättning av fler individer. Förstärkande biologisk bekämpning utförs både på friland och i växthus. Det är denna strategi som är absolut vanligast i Sverige.

I hela världen finns ca 230 arter av ryggradslösa djur som uppföras kommersiellt och används för förstärkande biologisk bekämpning. Majoriteten tillhör leddjuren och bland dessa dominerar parasitsteklar och rovkvalster.

Vid växthusodling kan t.ex. parasitsteklar köpas in och sättas ut tidigt under växtsäsongen för att långsiktigt kontrollera bladlöss under hela kulturtiden (sk. inokulativ utsättning). Förhoppningen är att parasitsteklarna ska trivas och föröka sig och därmed kommer även dess avkomma medverka till kontrollen av bladlusen. Insättning av nyttoorganismerna sker oftast vid flera tillfällen under kulturtiden. Denna metod lämpar sig särskilt väl vid långa kulturtider och där man kan acceptera en låg nivå av skadedjur. En balans uppnås mellan skadedjuret och dess fiender (en eller flera olika arter). I växthusgrönsaker där frukterna skördas kan man acceptera små angrepp på bladen.

Nyttoorganismerna kan också appliceras i stora mängder med avsikt att på en gång slå ut växtskadegöraren och påminner därför om kemisk bekämpning (s.k. inundativ utsättning). Metoden baseras ej på att nyttoorganismerna ska föröka sig och lämpar sig bäst i korta kulturer och där fullständig bekämpning eftersträvas som t.ex. prydnadsväxter. Bekämpningspreparat som baseras på mikroorganismer används ofta på detta sätt.

Klassisk biologisk bekämpning (eng. *Classical biological control*)

Med omfattande global handel av växtmaterial som utsäde, sticklingar, småplantor och krukväxter finns en risk att även skadegörare följer med

Några vanligt förekommande biologiska bekämpningsorganismer Faktaruta 4.

Encarsia formosa

Encarsia formosa (Hymenoptera: Aphelinidae) är en liten parasitstekel som har använts för att kontrollera mjölldöss i växthusodling ända sen 1920-talet. Med uppsvinget för syntetiska växtskyddsmedel efter andra världskriget minskade dock intresset för biologisk kontroll. På 1970-talet uppstod dock problem med mjölldöss som var resistenta mot syntetiska växtskyddsmedel. Återigen fanns ett ökat behov av effektiv biologisk bekämpning. Idag är biologisk bekämpning med *E. formosa* den vanligaste metoden för att kontrollera mjölldöss i odling av växthusgrönsaker i Sverige.

Honorna lägger mellan 50 till 100 ägg under sin levnad. Äggen läggs individuellt i tredje larvstadiet eller i puppstadiet av mjölldössen. Utveckling från ägg till fullbildad stekel tar mellan två till fyra veckor beroende på temperaturen. Pupporna av mjölldöss som är parasiterade blir svarta. Färgerna avviker tydligt från de oparasiterade pupporna. Detta faktum kan användas för att bedöma hur effektiv behandlingen har varit. Honan dödar också mjölldöss genom att suga ut kroppsinnehållet hos små nymfer för att få mer energi till parasitering sk. *host feeding*. Ett beteende som även återfinns hos andra parasitsteklar. *Encarsia formosa* köps in som puppor uppklistrade på pappkort eller som fria puppor i lösvikt.

Phytoseiulus persimilis

Phytoseiulus persimilis (Prostigmata: Tetranychidae) är ett rovkvalster som har massförökats och använts för biologisk bekämpning av spinnkvalster i mer än 40 år. Arten har sitt naturliga utbredningsområde i länderna runt medelhavet och kan därför inte överleva de svenska vintrarna. *P. persimilis* arbetar bäst vid temperatur mellan 18 till 27° C och en relativ luftfuktighet på över 60%. Vid dessa förutsättningar har de en betydligt snabbare förökningstakt än spinnkvalster.

Kännetecknen är den mörka bronsfärgade kroppen och långa framben. De rör sig snabbt över bladen letandes efter spinnkvalster. Förväxlingsrisk finns med spinnkvalstrens dvalhonor (dvs. övervintrande honor) som också kan vara mörkt bronsfärgade. De levereras vanligen i plaströr tillsammans med sågspån eller vermikulit och kan därför lätt spridas ut över spinnkvalsterangripna växter.

Beauveria bassiana

Beauveria bassiana (Hypocreales: Cordycipitaceae) är en välkänd insektspatogen svamp. Den upptäcktes i mitten av 1800-talet i Italien på silkesfjärilens larver, och redan några årtionden därefter uppförökades den och användes för bekämpning av skadeinsekter. Forskning kring svampens biologi och ekologi har de senaste decennierna varit intensiv, och många preparat för biologisk bekämpning förekommer idag på marknaden.

Svampen förekommer över stora delar av världen i marken samt på vegetationen i både naturliga och odlade habitat. Arten har en vid värdkrets inom många olika insektsordningar, men vissa isolat är mer värdspecifika. Den optimala temperaturen för infektion och tillväxt är kring 25° C. För att infektion ska ske krävs en hög relativ fuktighet (över 90%). Konidier fäster på insekten, groor och penetrerar kutikulan. Efter lyckad infektion uppförökas svampen och växer inuti insektens vävnader, för att senare bryta fram genom insekten efter dess död och växa över den med ett tätt, vitt mycel (fig. 16-2). I Sverige är användning av preparat med insektspatogena svampar för närvarande endast godkänt för användning i växthus.

Bacillus thuringiensis – världens mest använda biologiska bekämpningspreparat

Bakterien *Bacillus thuringiensis* (familj Bacillaceae) är den mest använda organismen för biologisk bekämpning mot insekter globalt, med en marknadsandel på ca 75%. Arten indelas i flera varieteter, varav de viktigaste är var. *kurstaki* och var. *israelensis*, med effekt mot fjärilslarver respektive mygglarver. Man har även funnit ett isolat, ssp. *morrisoni* var. *tenebrionis*, med effekt mot vissa skalbaggs-larver.

B. thuringiensis isolerades för första gången 1901. Då bakterien sporulerar bildas kristallina proteininneslutningar vilka svarar för dess förmåga att orsaka sjukdom. När insektslarverna tuggar på behandlade växter sväljer de dessa kristallina proteiner vilka verkar som ett maggift. Kristallerna löses upp i insekternas mage p.g.a. att de har ett mycket högt pH (kraftigt basiskt, till skillnad från oss) vilket frigör proteinet och aktiverar toxinet. Toxinet sprids sedan till cellmembranen och förstör dem. Matsmälningsorganen förlamas och insekten slutar äta och dör kort därefter.



Parasitstekeln *Encarsia formosa*.
A) Hona söker lämplig värd. B)
Parasiterade puppor av mjölldössen, s.k.
black scales. Foto: Med tillstånd från
Koppert Biological Systems.



Rovkvalstret *Phytoseiulus persimilis*
är ett glupskt rovdjur som är helt
specialiserat på att äta spinnkvalster.
Foto: Mick Talbot, Wikimedia



16-4. Blommande växter kan användas för att gynna de naturliga fienderna i odlingslandskapet. Bovete är en växt som visat sig vara bra för många olika parasitsteklar. Foto: Linda-Marie Rännbäck.

till nya områden där de tidigare inte varit etablerade. På dessa nya platser saknas ofta naturliga fiender som kan reglera dess populationer. Därmed kan skadegörarna snabbt föröka sig och bli ett allvarligt problem. Genom att även introducera naturliga fiender från skadegörarens naturliga utbredningsområde i det nya området kan en balans uppnås. Avsikten är att de naturliga fienderna ska kunna etablera och föröka sig. Därmed ska endast ett fåtal utsättningar av de naturliga fienderna behövas. Klassisk biologisk bekämpning finansieras vanligen av myndigheter då kostnaderna är för höga att bära för enskilda odlare.

De flesta exemplen av lyckosamma, och även misslyckade, klassisk biologisk bekämpningsprojekt har utförts i Nordamerika. Det finns få exempel på klassisk biologisk bekämpning i Sverige som genomförts på friland. Här har försiktighetsprincipen alltid varit viktig och introduktionen av nya exotiska skadegörare på friland har inte varit omfattande. Däremot finns det nyttoorganismer som används till biologisk bekämpning i växthus som inte är naturligt förekommande i Sverige. Men dessa anses inte kunna överleva de svenska vintrarna och kan därför inte etablera sig långsiktigt utanför växthusen. Risken med klassisk biologisk bekämpning på friland har kunnat följas i Europa det senaste decenniet. En asiatisk nyckelpiga *Harmonia axyridis* användes på friland i Belgien för att bekämpa bladlöss. Problem uppstod dock då den även började äta upp inhemska nyckelpigearter. Den har nu spritt sig i Europa och kan bli ett hot mot ett flertal av våra vanliga nyckelpigor. Kraven för att få genomföra klassisk biologisk bekämpning är idag hårda i hela världen och det arbetas aktivt med att skapa gemensamma riktlinjer. Det krävs noggranna tester där den tilltänkta nyttoorganismens effekter på andra organismer än den tilltänkta skadegöraren undersöks. Detta för att undvika liknade problem som med *Harmonia axyridis*.

Tabell 1. Exempel på blommande växter som är värdefulla som mat till naturliga fiender. Modifierad från Wäckers & van Rijn 2012.

VÄXTFAMILJ	ART	GYNNAD NATURLIG FIENDE		
		Blomfluga	Guldögonslända	Parasitstekel
Apiaceae	<i>Anethum graveolens</i> (Dill)	X	X	X
Apiaceae	<i>Coriandrum sativum</i> (Koriander)	X	X	X
Apiaceae	<i>Daucus carota</i> (Morot)	X	X	X
Apiaceae	<i>Pastinaca sativa</i> (Palsternacka)	X	X	X
Asteraceae	<i>Achillea millefolium</i> (Rölleka)	X	X	
Asteraceae	<i>Helianthus annuus</i> (Solros)	X	X	
Boraginaceae	<i>Borago officinalis</i> (Borago)	X	X	
Lamiaceae	<i>Origanum vulgare</i> (Oregano)			X
Polygonaceae	<i>Fagopyrum esculentum</i> (Bovete)	X	X	X

Bevarande biologisk bekämpning (eng. *Conservation biological control*)

Inom bevarande biologisk bekämpning (BBB) är målet att underlätta livsbetingelserna för de naturliga fienderna. BBB skiljer sig från andra strategier inom biologisk bekämpning genom att inga nyttoorganismer tillförs. Istället gynnas de som redan finns på plats i odlingsystemet och landskapet. Antingen genom att nyttoorganismerna skyddas från skadliga störningar orsakade av odlingsåtgärder såsom plöjning och kemisk bekämpning eller att resurser tillförs odlingsystemet som de kan använda t.ex. övervintringsplatser och mat i form av nektar och pollen. Den sistnämnda metoden brukar benämnas habitat manipulering.

Habitat manipulering

Flertalet av de naturliga fienderna är beroende av mer resurser än de som finns tillgängliga i våra odlingslandskap. Av rationalitetsskäl odlas grödorna idag som monokulturer på stora odlingsfält som besprutas med herbicider för att bekämpa ogräs som konkurrerar med grödan. Därmed saknas ofta blommande växter i fälten och avstånden till växterna i fältkanterna är för långt för att bli effektivt utnyttjade av de naturliga fienderna.

Vissa naturliga fiender som genomgår fullständig förvandling (se kapitel 12) och äter andra insekter som larver kan som fullvuxna äta växtproducerad föda som nektar och pollen. Detta är fallet för blomflugorna och många parasitsteklar.

Nektarn innehåller främst olika sockerarter, medan pollen består av mycket aminosyror och proteiner. Med tillgång till energirik nektar kan de naturliga fienderna bl.a. förlänga sin livslängd, producera fler ägg och bli mer effektiva på att lokalisera sina värddjur (fig. 16-3). Därmed kan fler skadeinsekter bli uppätta och skadetrycket på de odlade grödorna minskar. Det är dock viktigt att komma ihåg att även vissa generalistiska herbivorer kan gynnas av att blommande växter införs i odlingslandskapet.

Funktionella växter

Det är inte alla växter som de naturliga fienderna kan utnyttja som nektar och pollenkälla. Vilka växter som är bra att använda som matresurs beror

på en rad olika faktorer. Först och främst ska växten vara i blom under den period på året då den naturliga fienden är aktiv. Blommans morfologi och insektens anatomi styr om insekten kan nå nektarn som ofta avges från blombotten. Parasitsteklar har korta mundelar vilket gör det svårt att nå nektarn i mer komplicerade blomstrukturer som t.ex. ärt- och korgblommiga växter. För att nå nektarn i dessa blommor krävs lång tunga som bland annat humlor har. En del insekter kan bita sönder blomman och stjäla nektar. Men merparten av parasitsteklarna har för svaga mundelar för att lyckas med detta. Växter lämpliga som nektarkällor för parasitsteklar bör ha grunda och öppna blommor med lättåtkomlig nektar och återfinns bland annat i familjerna Flockblommiga (Apiaceae) och Kransblommiga växter (Lamiaceae) (fig. 16-4). Växter med riklig pollenproduktion är viktiga för vuxna blomflugor och nyckelpigor och kan t.ex. hittas inom familjen Korgblommiga växter (Asteraceae).

Växter som kan användas för att skapa bra övervintringsplatser i fält för skalbaggar och spindlar är framförallt olika gräsarter som är tuvbildande. Inom lantbruket används s.k. *beetle banks* för att gynna rovlevande skalbaggar. Det är upphöjda gräsbäddar som ofta anläggs mitt i fälten och som skyddar övervintrande insekter mot extrema temperatursvängningar.

Även blommande buskar och träd i fältkanterna kan vara av stor betydelse för de naturliga fiendernas välbefinnande genom att tillföra både mat och skyddade platser. Exempel på buskar som producerar nektar och pollen är fläder (*Sambucus nigra*), hagtorn (*Crataegus* spp.) och slån (*Prunus spinosa*).

LITTERATUR OCH HEMSIDOR I URVAL

Alabouette C & Steinberg C. 2006. The soil as a reservoir for antagonists to plant diseases. I: Eilenberg J & Hokkanen HMT (red.). An ecological and societal approach to biological control. Springer.

Ekbohm B. 2004. Biologisk bekämpning av skadedjur. Faktablad Växtskydd-Jordbruk. 120J. SLU.

Malais M & Ravensberg W.J. 1992. Knowing and recognizing: the biology of glasshouse pests and their natural enemies. Koppert.

Nedstam B. 2011. Biologiskt växtskydd mot skadedjur i växthus – SJV.

Verma M, et al. 2007. Antagonistic fungi, *Trichoderma* spp.: Panoply of biological control. Biochemical Engineering Journal.

Wäckers F.L. 2005. Suitability of (extra-) floral nectar, pollen and honeydew as insect food sources. I: Wäckers F.L, van Rijn J.P.C & Bruin J (Red.). Plant provided food for carnivorous insects. Cambridge university press.

Wäckers F.L. & van Rijn P.C.J. 2012. Pick and mix: selecting flowering plants to meet the requirements of target biological control insects. I: Gurr, G.M et al. (Red.). Biodiversity and insect pests: key issues for sustainable management. Wiley-Blackwell.
