

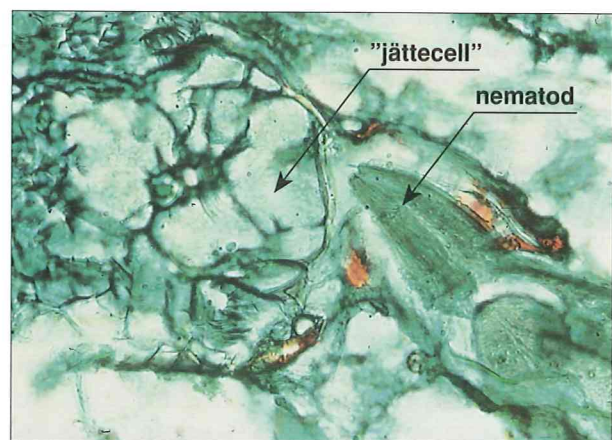
### NEMATODER - JORDENS VANLIGASTE DJUR

Nematoder, nematoder, nematoder.....! – för att travestera en känd radioröst. Visst finns dom – och dom tycks finnas överallt, både där liv finns och där liv bara inte kan finnas! De finns i inlandsisarna och Italiens varma källor, de torra öknarna och den frusna tundran, i vattnet Du dricker och ättikan Du använder, i insektkroppen och på potatisens rötter, i älgens hjärna och människans ögon. Någon (en nematolog!) beskrev det i lyriska ordalag med orden ”om all annan materia på jorden utplånades så skulle ändå konturerna av bergen och sjöarna, träden och djuren synas som en fin film av nematoder!”. Jordens vanligaste flercelliga djur – och ändå så okända för gemene man!

Okända...? Ja, men kanske blir nematoden lättare att sortera in i medvetandet om vi nämner namn som trikin, spolmask, springmask, potatisål, havreål. Men även uttryck som grönt kött, flodblindhet, elephantiasis, ”krok” och klövertrötthet mobiliserar måhända fantasin i riktning ”maskanknytning”. För just ”maskar” är det fråga om, närmare bestämt **rundmaskar**, som är den svenska benämningen på nematoder, ofta be-



Angrepp av stälknematod på havre. Lägg märke till de förvridna och ansvällda (eng. ”tulip root”) stråbaserna. Foto: Bengt Eriksson



*Betocystnematod i rapsrot. Flera ”jätteceller” har bildats framför nematodens huvud (t.h.).*

Foto: Pompilio Preste

skrivna som små maskliknande djur. Inte så sällan sker förväxlingar med blomkruksmask, insektlarver och ogräsfrön. Ett mikroskop, även om det rör sig blott om måttlig förstoring (40–50x), är nödvändigt för att studera dem.

Vad är det då som gjort rundmaskarna så framgångsrika? Är det den masklika kroppsformen och det slingrigt ”sökande” rörelsesättet – som gjort för att leta sig fram i markens fina porsystem eller i marina sediment, i växternas och djurens vävnader. Eller är det deras märkliga förmåga att uthärda och överleva vidriga yttre förhållanden. Uppenbarligen tillåter nematodens byggnad och fysiologi en vid anpassning till olika ekologiska nischer, trofinivåer och näringsekologiska grupperingar. Ungefär hälften av kända nematodsläkter är parasiter på växter (7%), resp. djur (41%); övriga är fritt levande med varierande födoval. Nematoder används idag som modellorganismer i utvecklingsbiologisk forskning, som bioindikatorer på miljöförändringar och vid biologisk bekämpning av insekter och sniglar.

Mera om denna mångfasetterade och fascinerande djurgrupp i detta faktablad. Huvudintresset riktas mot nematoder som växtpatogener, men även djur- och humanparasiterna berörs.



## Nematodernas utseende och byggnad

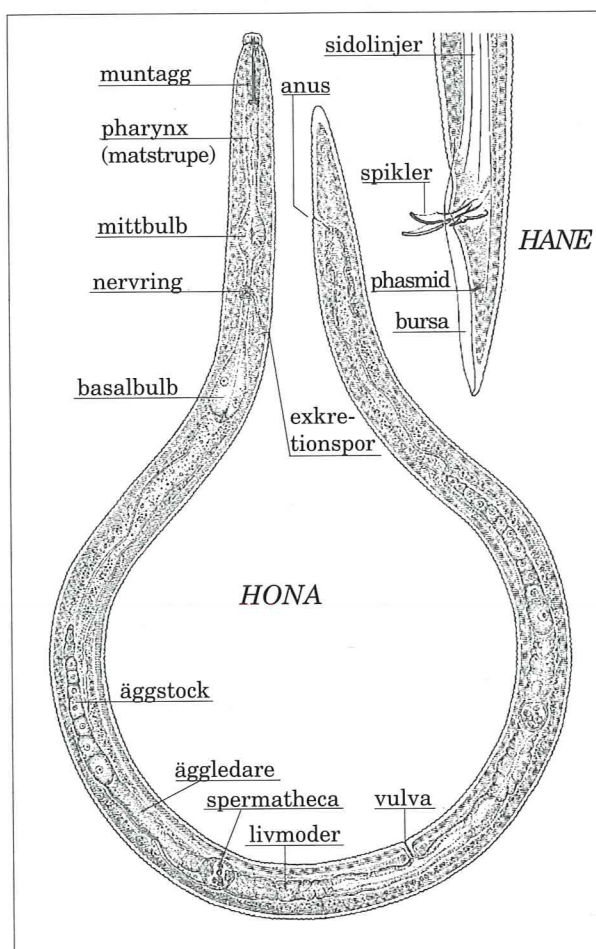
Nematoderna beskrivs som spolformiga, långsträckta, "maskliknande" djur. De fritt levande och växtpatogena arterna är oftast mikroskopiskt små, ca millimetern långa, medan djurparasiterna kan bli decimeterlånga, i undantagsfall 1 m eller mera. Rekordet, över 8 m i längd, innehas av en parasit hos valar. Vad avser den inre byggnaden utgör nematoderna en anmärkningsvärt enhetlig djurgrupp. De är osegmenterade och bilateralsymmetriska med en rymlig, vätskefylld **kroppshåla** (pseudocoelom, "falsk" kroppshåla). Nematoderna har de organsystem som vanligen påträffas hos andra djur. Dock saknas cirkulationssystem och andningsorgan. Ljusreceptorer i form av punktögon (ocelli) har beskrivits från marina och i sötvatten levande arter. Den transparenta och färglösa kroppen är i genomskärning rund, och här urskiljer man sektorer som tydliggör bilateralsymmetrin och som gör det meningsfullt att tala om rygg, buk och sidor (dorsal, ventral resp. lateral sektor).

Nematoderna saknar skelett i vanlig mening. Som ersättning härför fungerar **kroppsvätskan**. Den genom osmos uppkomna turgorn i detta **vätskeskelett** (hydrostatiskt skelett, turgorskelett) ger kroppen stadga och form och möjliggör nematodens slingrande rörelsesätt. I kroppshålan ligger tarm och könsorgan helt fria.

Kroppen täcks av en flexibel, flerskiktad **kutikula** av skleroproteinnatur (kollagen). Kitin, som ingår i leddjurens hudskelett (kutikula) finns hos nematoderna endast i höljet runt äggen. Kutikulan har en viss genomsläpplighet för vatten och salter. Den är ofta skulpterad med tvär- och längsgående fåror och åsar, **tvärringar** resp. **sidolinjer**, som är till god hjälp vid artidentifieringen. På insidan av kroppsväggen ligger **musklerna** i längsgående knippen av muskelceller.

Kroppshålans dominerande organsystem är **matspjälkningsapparaten**, munöppningen/munhålan, matstrupen (pharynx), mellantarmen, ändtarmen (rectum) och anus. Nematodernas föda är flytande (växtsafter, blod etc.) eller små partiklar (bakterier, vävnadsfragment). Mun och matstrupe och deras sätt att arbeta är anpassade därefter. Utformningen av dessa organ är mycket varierande och vägledande vid identifieringen.

Munöppningen, som är omgiven av läppbildningar, papiller, borst och sinnesorgan, leder in i **munhålan**, som kan vara mer eller mindre väl "beväpnad" med tandliknande bildningar (hos predatorer och djurparasitiska arter) eller omformad till en s.k. **muntagg** eller stilet. Muntaggen kännetecknar de växtpatogena nematoderna. Den är genomdragen av en fin kanal och kan närmast liknas vid en kanyl. Cellsaften sugs in genom muntaggen och pumpas vidare genom pharynx och tarm med hjälp av peristaltiken i den muskelförsedda matstrupen. Baktill på muntaggen finns s.k. basalknölar, som fungerar som fästen för de muskler som gör att muntaggen kan föras ut genom munöpp-



Schematisk bild av växtparasitär nematod.

Källa: C.I.H. Descr. Pl.-par. Nem., UK

ningen och stickas in i celler och vävnader.

**Matstrupen** (esofagus), eller **pharynx**, har ett för de olika nematodordningarna mycket varierande utseende. Hos de växtparasitära nematoderna har pharynx det utseende som bilden visar. Den rundade mittbulben innehåller sklerotiserade klaffbildningar som medverkar i matstrupens pumpverkan. I basalbulben finns körtlar som producerar ämnen, bl.a. enzymer, som töms i pharynxkanalen och som avges med saliven vid näringsupptagningen.

Även om funktionen som sådan är oklar så talar man om **exkretionsorgan** som mynnar i exkretionsporen framtill på buksidan. Snarare än att fungera som utsöndringsorgan i egentlig mening tycks exkretionsorganens primära roll höra samman med osmoregleringen och vattenbalansen i kroppen.

Nematoderna har ett väl utvecklat **nervsystem**. Dess centrala del är **nervringen** runt svalget och de från denna "hjärna" gående nervstammarna. Bland sinnesorganen märks papiller, borst och fria nervändar i huden samt amphiderna framtill och phasmiderna baktill, vilka antas fungera som kemoreceptorer.

Flertalet nematoder är skildkönade, även om hermafroditism också förekommer. Flera växtparasitära nematoder (t.ex. rotgallnematoderna) har



könlös fortplantning i form av jungfrufödsel, partenogenes. **Könsorganen** är enkelt utformade och beskrivs med den terminologi som är välbekant från djurriket i övrigt. **Hanarnas** testikel mynnar i ändtarmen (kloak). Här finns också parningsorganet, **spiklerna**, som förs ut genom anus vid parningen. Hos många nematoder finns baktill hos hanarna ett hudveck, **bursa**, som omsluter honan under parningen. Även i beskrivningen av **honnans** könsorgan känner vi igen terminologin. **Vulvan** är könsöppningen i kutikulan på buksidan. I övergången mellan äggladaren och livmodern finns vanligen en spermabehållare (**spermatheca**), vari sperma lagras efter parningen.

Nematodernas **livscykel** omfattar ägg, fyra ungstadier, juveniler eller "larver", och den köns mogna, vuxna individen (adulten). Varje nytt stadium i utvecklingen föregås av en hudömsning. Generationstiden varierar från några få dagar (bakterieätande nematoder) till en enda generation per år (t.ex. cystnematoderna i vårt land).

## Systematik

Rundmaskarna närmar sig insekterna i ett hypotetiskt antal arter. Av dessa tänkta, flera hundra tusen arter, är mindre än 15 000 hittills beskrivna. De bildar stam Nematoda bland de s.k. säckmaskarna (Pseudocoelomata, tidigare benämnda Aschelminthes), till vilka räknas även bl.a. hjuldjuren (Rotatoria), trögkryparna (Tardigrada) och tagelmaskarna (Nematomorpha). De över 250 nematodfamiljerna grupperas i närmare 20-talet ordningar, av vilka ordn. Tylenchida innehåller det stora flertalet växtpatogena nematoder. En mera beskrivande, näringsekologiskt baserad indelning för de växtpatogena nematoderna ser ut som följer:

### rotnematoder

- migrerande (vandrande)
  - ektoparasitära (utanpå roten)
  - endoparasitära (inuti roten)
- sedentära (fastsittande)
  - endoparasitära

### stjälk-, knöl- och löknematoder

### bladnematoder

### bladgall- och frögallnematoder

## Överlevnadskonstnärer

Hos många parasitiska nematoder förekommer en s.k. **diapaus**, ett tillstånd av inaktivitet "inbyggt" i livscykeln som en anpassning till faktorer sammanhängande med miljö, klimat och tillgängligheten av en värdorganism eller näringskälla. Ett annat, liknande tillstånd är bildningen av s.k. **Dauer-larver** hos vissa bakterieätande nematoder under ogynnsamma yttre betingelser såsom torka, näringsbrist etc. Dauerlarverna kan stimuleras till avsevärd aktivitet, och kan då bl.a. låta sig spridas med insekter.

En extrem sådan överlevnadsstrategi går under benämningarna **kryptobios** ("hemligt liv"),

anabios ("återupplevande") eller anhydrobios. Som det senare namnet antyder anpassar sig nematoden till torka genom att själv torka ut så att all fysiologisk aktivitet upphör, för att åter "väckas" till liv när yttre faktorer, främst vattenfaktorn, blir gynnsamma. I detta tillstånd kan nematoden överleva under mycket lång tid, flera tiotals år, och utärda extrema påfrestningar. Äggen i cystnematodens cystor håller sig livsdugliga under flera år vid uttorkning, stjälknematoden bildar svärmar av torr "nematodull", som vid kontakt med vatten kan fås att leva upp igen efter flera decennier. Överlevnad under 39 år har registrerats hos en marklevande nematod.

Nematoderna är i sig själva stationära, med små möjligheter att aktivt förflytta sig mer än högst några decimeter, där inte ytvatten, bearbetning och redskap etc. hjälper till. Kryptobiosen är naturligtvis ett utomordentligt viktigt inslag i nematodens **spridningsbiologi**. Cystor med sitt ägginnehåll kan spridas med vind och sandflykt, jord och växtmaterial, djur och samfärdsl, stjälknematoden sprids med frövara inom och mellan länder. Av särskilt intresse är den **foresi** (phoresis=bärande) där skalbaggar och andra insekter fungerar som transportvärdar. Exempel härpå är tallvednematoden och "red ring disease"-nematoden hos kokospalm, vilka båda sprids med skalbaggar. Vissa bakterieätande nematoder har utvecklats ett egendomligt "vinkarbeteende", där nematoden reser sig på bakändan och "vinkar" med huvudändan i väntan på lift med någon förbi-passerande insekt.

Bland mera märkliga anpassningar är den möjlighet nötkreaturens lungmask funnit – att låta sig bjudas på en luftfärd med slungmögel-svampens sporer. Svampen lever i träckkakorna på betesmarkerna och där finns också nematodlarverna. De klättrar upp utefter svampens sporangiebärare och följer med när sporangierna brister och slungar ut sitt sporinnehåll. Nematoderna fastnar i vegetationen och återinfekterar betesdjuren.

## Livsbedingungen

Många rundmaskar är kosmopoliter, medan andra, som parasiter, föredrar blott vissa klimatområden och de växter och djur som finns där. Ofta talar vi t.ex. om rotgallnematoderna som de varmare ländernas motsvarighet till våra cystnematoder. Motsvarigheter finns bland djurparasiterna. I vårt eget närområde är jordart, klimat och kanske även växtlighet och odlade grödor tänkbara förklaringar till varför cystnematoder, stubbrotnematoder m.fl. inte har en allmän utbredning i hela vårt land.

Praktiskt taget alla de på växter och djur parasitiska nematoderna är på något sätt beroende av marken som livsrum, antingen som del i livscykeln eller för överlevnad utanför värdorganismerna. Nematoderna kan inte själva bana sig väg framåt i marken utan är hänvisade till de fina porer som skapats av växtrötter eller andra markdjur. De



trivs bäst i något lättare jordar och idealtillståndet tycks vara det luft/vattenförhållande som råder vid s.k. fältkapacitet efter fri avrinning.

Trots att de är vattendjur saknar nematoderna i allmänhet förmåga att kunna simma. De är beroende av starkt viskösa substrat eller små partiklar, mindre än kroppslängden, att "ta spjörn" emot för att kunna röra sig framåt. Ytspänningen i vattenfilmen runt växtdelar, rötter, markpartiklar o.dyl. är viktig som stöd eller motstånd vid nematodernas förflyttning. Nematoderna har stor förmåga att anpassa sig till markvätskans saltmättnadsgrad och är relativt pH-toleranta.

### Nematoder på växter

Antalet beskrivna "växtparasitära" nematoder har uppskattats till ca 2200. Alla dessa är dock inte patogener i strikt mening – i själva verket kanske blott ett fåtal, t.ex. cyst- och rotgallnematoderna. Det stora flertalet kan snarare karakteriseras som växtätare, som tar sig en tugga på rötterna utan att växten lider nämnvärt härav.

Fältpilderna av ett nematodangrepp visar sig som spridda fläckar med "missväxt". Symptomen på plantorna är inte alltid entydiga och kräver oftast hjälp av mikroskopet. De mer eller mindre djupgående cell- och vävnadsförändringarna skadar naturligtvis växten och försvagar den så att den lätt vissnar vid torka och blir känslig för angrepp av andra patogener. Symptomen, nekroserna och vävnadsreaktionerna uppstår genom att nematoderna med sin saliv avger enzymer och ämnen som ingriper i växtens metaboliska förlopp.

**Cystnematoderna**, mer än 50-talet arter, hör till de ekonomiskt viktigaste växtskadegörarna i tempererade klimatområden. Det främsta morfologiska kännetecknet är den fullvuxna honans omvandling till en klot- eller citronformad, äggfylld cista. Ur äggen kläcker, ofta under inverkan av ämnen som avges från värdväxternas rötter, juveniler som söker sig till rötterna, banar sig väg genom rotepidermis och etablerar sig intill ledningsvävnaden. Hos den mottagliga växten upplöses cellväggarna och det bildas flercelliga "jätteceller" (syncytier) från vilka nematoden tar sin näring, se bild. Den fortsatta utvecklingen ser olika ut för hanar och honor. Hanarna genomgår de olika utvecklingsstadierna och tar sig sedan ut ur roten. Honorna blir efter hand mer eller mindre korbformade och uppsvällda (könsdimorfism), och blir slutligen synliga med bakkroppen utanpå rotytan men med huvudändan fortfarande kvar vid ledningsvävnaden. Hanarna parar sig nu med honorna, som därefter börjar sin äggproduktion. Så småningom omvandlas kutikulan hos honan till ett dött, brunfärgat skal; cystan har bildats. Den blir 0,5–1 mm stor och kan innehålla flera hundra ägg, som här ligger skyddade och som lätt kan spridas med cystan. Cystnematoderna har som regel blott en generation årligen hos oss.

### VÄXTPARASITÄRA NEMATODER...

- begränsar vatten- och näringsupptagningen hos den angripna växten
- ökar känsligheten för torka
- försämrar vinterhärdigheten
- påverkar avkastning och kvalitet
- skapar inkörsportar och möjligheter för andra patogener (bakterier, svampar)
- orsakar bl.a. gallbildningar, tillväxtestörningar och mörkfärgning

I de nordiska länderna är det framför allt följande arter som uppmärksammas: gul och vit potatiscystnematod, havrecystnematod samt betcystnematod.

**Potatiscystnematoderna** förekommer med två arter, gul och vit potatiscystnematod (*Globodera rostochiensis* resp. *G. pallida*). Den gula arten kännetecknas av ett klargult stadium i cystutvecklingen ("the golden nematode" i USA), vilket saknas hos den vita arten. Potatiscystnematoden har kommit till Europa under 1600–1700-talen med potatisväxten från Sydamerikas bergstrakter. Nematoden är specialiserad på potatis och närstående arter inom potatisfamiljen. Genom en allt intensivare potatisodling, och genom användning av högradigt motståndskraftiga (resistenta) potatissorter, har nematoden utvecklats till nya former och raser, s.k. **patotyper**.

I vårt land är gul potatiscystnematod den allmännast förekommande arten. Fläckar i fält med små, tynande plantor väcker misstankar om angrepp. Drar man försiktigt upp sådana plantor kan man med blotta ögat se de ljusa eller gula cystorna som pärlband på rötterna mot slutet av sommaren. Vid analys av jord, t.ex. inför en planerad utsädesodling, slammas cystorna fram med vatten i speciellt utformad apparatur. Se även faktablad 79 J.

Den mest kända och vanligast förekommande av stråsådens cystnematoder är **havrecystnematoden** (*Heterodera avenae*). Ytterligare minst tre arter finns i vårt land. Endast arter och grödor inom gräsfamiljen angrips. Havre, vårvede och korn är de bästa värdväxterna för den vanliga havrecystnematoden. På angripna plantor kan man under sommaren se de ljusa honorna på rötterna. Cystorna har till en början ett kalkvitt överdrag men blir slutligen bruna. Cystnematoder på stråsådd förekommer hos oss i huvudsak på fuktighetshållande, lättare jordar i södra Sverige. Havrecystnematoden, som är en av stråsådens viktigaste skadegörare, åtgärdas med växtföljd i kombination med resistent sortmaterial. Se även faktablad 74 J.



**Betcystnematoden** (*Heterodera schachtii*) förefaller mer uppmärksammas utomlands än i vårt land som viktig skadegörare i betodlingen. Den är dock relativt vanlig i betodlingsdistrikten. Under år med gynnsamt klimat för nematoden, främst relativt varma somrar, kan den vålla betydande skador, och hinner då även utveckla en andra generation i betfälten. Utom betor kan bl.a. raps tjäna som god värdväxt. Angripna betplanter beskrivs ofta som "skäggiga", d.v.s. liten huvudrot med talrika sidorötter vid vilka jorden häftar.

**Rotgallnematoderna** (släktet *Meloidogyne*) anses vara de internationellt viktigaste av alla växtparasitära nematoder och räknas även till de ekonomiskt viktigaste växtskadegörarna alla kategorier. Släktet omfattar ca 50 arter och finns huvudsakligen i varmare länder. Rotgallnematoderna är närbesläktade med cystnematoderna. Någon cysta bildas dock inte. Honan blir visserligen uppsvälld, men kutikulan förblir transparent och mjuk. En viktig skillnad är också att äggen läggs och skyddas i en viskös äggsäck på utsidan av honans bakkropp.

I vårt land har skador rapporterats i växthus, och en av arterna, *M. hapla*, förekommer också i fältodlingar, bl.a. på morot. Vi är dock uppmärksamma på de oroande rapporter om "nya" arter som uppträder i Europa, främst på potatis, och som tycks anpassade till våra klimattyper. De olika arterna är i allmänhet utpräglat polyfaga och angriper många olika växter, såväl stråsäd och gräs som örtartade växter.

**Stjälknematoden** (*Ditylenchus dipsaci*) är kosmopolit med stor ekonomisk betydelse, registrerad som den är från upp emot 500 växtslag. Arten är intressant genom förekomsten av ett antal värdspecialiserade, fysiologiska raser, t.ex. "klöverål". Stjälknematoden angriper och fortplantar sig enbart i växtdelar som hör till stjälk, stam, blad, frö och frukt, alltså även t.ex. lökar. Nematoden orsakar vävnadsförändringar såsom förvridna och ansvallda växtdelar. I kryptobiotiskt tillstånd (se ovan) kan den spridas med växtmaterial länder och kontinenter emellan. En framgångsrik resistensförädling har minskat de tidigare mycket svåra skadorna i vallar med rödklöver och lusern.

**Potatisrötnematoden** (*Ditylenchus destructor*) är nära besläktad med stjälknematoden, men skiljer sig genom att angripa växtdelar i jorden, bl.a. potatisknölar, men också flera lökväxter. Den angriper och förökas på flera vanliga ogräs. De rötter den ger upphov till i potatisknölen förorsakas av sekundära mikroorganismer, främst bakterier som följer i nematodens spår

**Kroknematoden** (*Subanguina radiculicola*) är något av en "klassiker" som ett av de först uppmärksammade nematodproblemen i de nordiska länderna, redan från mitten av 1800-talet. Nematoden fick 1996 förnyad aktualitet genom svåra skador på fotbollsplaner i Norge. Den omvandlar rotspetsarna till krokliknande gallbildningar hos



Angrepp av kroknematod, "krok", på gräs. Rotspetsarna omvandlas till gallar i vilka nematoderna finns. Foto: Bonsak Hammeraas, Planteforsk, Norge.

bl.a. korn samt vall- och grönytegräs (se bild ovan).

En annan nematologisk "klassiker" är vetets **frögallnematod** (*Anguina tritici*). När engelsmannen Needham år 1743 mycket målande beskrev hur han plötsligt såg blötlagda vetekärnor från ett herbarium förvandlas till levande maskar var det första rapporten om en växtparasitär nematod – den omnämns också i Shakespeares skådespel. Nematoden är extremt uthållig i kryptobiotiskt tillstånd; har kunnat återupplivas efter 32 år i torrt växtmaterial. Nematoden etablerar sig i kärnorna som omvandlas till mörka gallar.

Den kanske vanligaste enskilda gruppen växtparasitära nematoder av ekonomisk betydelse är **rotsårnematoderna**, släktet *Pratylenchus*, hos oss representerat av närmare 10-talet arter. Nematoderna lever som endoparasiter i rötterna av en rad kulturväxter, bl.a. rosor, fruktträd, jordgubbar, blomsterlök och stråsäd. De angripna rötterna reagerar med mörkfärgade "rotsår" (nekroser). Vi har anledning förmoda att angreppen är av stor ekonomisk betydelse.

**Bladnematoderna**, släktet *Aphelenchoides*, lever liksom stjälknematoden i huvudsak på de ovanjordiska delarna av en rad prydnadsväxter och snittblommor. Främst två arter är aktuella hos oss, jordgubbs- (*A. fragariae*) respektive krysanthemumbladnematoden (*A. ritzemabosi*). Se även faktablad 142 T.

Den till mångformighet helt dominerande gruppen växtparasitära nematoder betecknas som **migrerande rotektoparasiter**, med 10–20 mer eller mindre vanliga släkter i våra jordar. Bland dessa har nålnematoderna (släktet *Longidorus*) och stubbrotnematoderna (*Paratrichodorus* och *Trichodorus*) uppmärksammats som skadegörare med betydande skördeföruster som följd; nålnematoderna framför allt i jordgubbar i Sydsverige och trichodoriderna i lökdistriktet på Öland. Även i betodlingen kan vi få skador av dessa båda nematodgrupper. Rotektoparasiterna är ofta utpräglat polyfaga.



## Samspel på gott och ont

"Nature does not work in pure culture"! I marken möter nematoderna andra växtpatogener och därmed finns förutsättningar för samarbete till ömsesidigt gagn men till förfång för den drabbade växten. Samverkan sker med växtpatogena svampar, bakterier och virus. Den sammanlagda verkan på växten kan bli betydligt större än summan av angreppen av patogenerna var för sig – man talar om **synergism**. Nematodernas roll i dessa interaktioner kan vara av följande slag:

- "vägröjare", d.v.s. hjälper andra patogener in i växten, antingen mekaniskt, genom att skapa inkörspår (sår) på rotytan, eller fysiologiskt, genom att åstadkomma sådana förändringar, t.ex. i resistensmekanismerna i växten att det gynnar andra patogener
- vektorer (överförare) eller transportvärdar, främst för virus men även för bakterier

En helt ny sjukdomsbild kan uppstå genom de båda patogenernas samspel i växten – exempel på detta är "blomkålssjuka" hos jordgubbar med bladnematoder och bakterier i samverkan. I bl.a. Australien förekommer en samverkan mellan bakterier och en frögallnematod på vallgräs, som resulterar i bildning av toxiner och därav orsakade dödsfall hos betesdjuren. De förändringar som nematodangreppet orsakar i växten påverkar sannolikt också de produkter som avges från rötterna, och därmed även rhizosfären (rotmiljön).

I en publikation 1958 visades att nematoder kan fungera som spridare och **vektorer av växtpatogena virus**, vilket också gav en ny dimension åt nematodernas betydelse som växtparasiter. Re-

dan tidigare (1941) hade man visat att svinets lungmask kan vara vektor för svininfluensan. Viruspartiklarna häftar vid pharynxväggen hos nematoden och följer med saliven vid näringsupptagningen och växten infekteras. Virus kan emellertid inte förökas i nematodkroppen.

De virusöverförande nematoderna hör till släktena *Longidorus*, *Xiphinema*, *Paratrichodorus* och *Trichodorus*; samtliga migrerande rotektoparasiter. De olika viroserna uppträder på en rad bär- och köksväxter samt prydnadsväxter. Mest känt i Norden är det av stubbrotnematoderna överförda tobaksrattelvirus, som orsakar mörkfärgade rost-ringar i potatisknölen; se vidare faktablad 40 J.

## Motåtgärder

Växtskyddslagstiftning och internationella rekommendationer är instrument för att hindra spridningen av skadegörare mellan länder och kontinenter såväl som inom landet. De s.k. **karantän-skadegörarna**, bland vilka även några nematodarter återfinns, ägnas särskild uppmärksamhet. Som vi sett har ju nematoden flera möjligheter att spridas mycket effektivt som cystor och som "kryptobiotiska" överlevnadsstadier med växter och vektorer etc.

En välplanerad **växtföljd** i kombination med resistent sortmaterial är kanske den viktigaste förebyggande åtgärden med tanke på nematoderna som obligata växtparasiter, ofta med ett specialiserat värdväxtval. Analyser av jordprov för att bestämma den s.k. nematodtätheten är hjälpmedel att planera växtodlingen med hänsyn till riskerna för nematodrelaterade skördeförluster.

Sedan början av 1900-talet har svenska och nordiska växtförädlare studerat och utvecklat **resistensförädlingens** möjligheter, främst vad avser cystnematoderna och stjälnematoden. Vi har i dag ett sortmaterial med mycket hög nematodresistens, främst i korn, havre, rödklöver, lusern och potatis. De resistenta sorterna bör dock användas med det omdöme som risken för s.k. resistensbrytande raser och patotyper motiverar.

**Kemisk bekämpning** med nematicider och jorddesinfektionsmedel har varit, och är alltjämt, rutin i många länder världen över. En del av dessa medel har visat sig vara cancerogena, och när de dessutom upptäcktes i grundvattnen har användningen av dem begränsats. Vi har ju i vårt land en mycket restriktiv inställning till kemisk bekämpning, och de relativt få nematicider som funnits att tillgå har nu förbjudits.

I s.k. sjukdomshämmande jordar parasiteras nematoderna av bakterier och svampar – ett samspel i marken att efterlikna för **biologisk bekämpning**. En forskargrupp vid Lunds universitet har lärt oss mycket om det märkliga liv de nematofaga eller nematodfångande svamparna för i marken (se faktaruta). Andra forskare intresserar sig för s.k. nematicida växter, bland vilka särskilt *Tagetes* gjort sig känd som "medel" mot t.ex. rotsårnema-

### NEMATOFAGA SVAMPAR

Så här möter nematoderna sitt öde i marken:

- Nematodfångande svampar  
nematoden fångas och fastnar i nätverk, knoppar och öglor på svamphyferna, som förtär nematoden
- Endoparasiter  
sporer fastnar på nematoden och svamphyfer växer in i kroppshålan
- Äggparasiter  
främst hos cyst- och rotgallnematoderna, där svamphyferna tar sig in i äggen och konsumerar innehållet
- Toxinbildande svampar  
toxindroppar på hyferna förlamar nematoden, som sedan genomvävs av svamphyfer

Efter Hans-Börje Jansson



toder. Även om vi i dag har mycket av teoretisk kunskap kring dessa naturligt förekommande "bekämpningsmedel" har vi en hel del att lära innan de lämpar sig för praktiskt bruk.

### Fritt levande nematoder

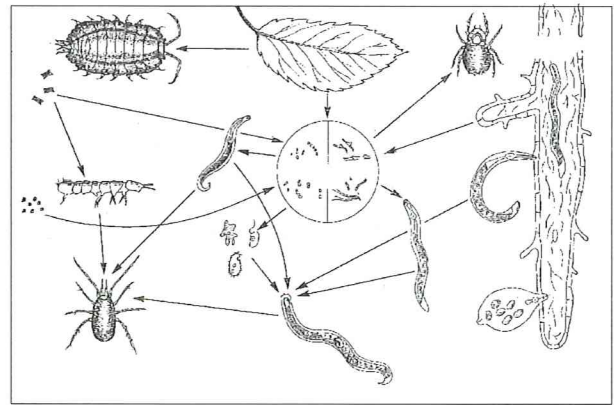
Det händer att man får frågan, "gör dom ingen nytta då?", när vi som regel bara talar om nematoderna som parasiter och skadegörare. Nog måste väl "jordens vanligaste djur" fylla någon viktig funktion i ekosystemen med dess näringsvävar och beroendeförhållanden, och där de icke-parasitiska, s.k. fritt levande nematoderna oftast dominerar stort i antal. Blott några få gram jord kan mycket väl innehålla 50–100 nematoder.

När man beskriver energiflödet i marken använder man termen biomassa. Omvandlar vi mängd till vikt får vi kanske 1 g nematoder per m<sup>2</sup>, eller ca 10 kg per hektar – inte mycket i jämförelse med daggmaskarnas 2–4 ton per hektar. Men ändå, genom sin individriktighet och sin konsumtion av bakterier, svampar, alger och annat organiskt material, och genom att själva falla offer för andra markdjur, bidrar nematoderna naturligtvis till energiflödet i marken. De stimulerar och medverkar i den biologiska aktiviteten, nedbrytningen/mineraliseringen och frigörelsen av växtnäringsämnen.

### Nematoder och insekter

Daggmaskar, blodiglar, kräftdjur, sniglar, spindlar parasiteras av nematoder och inte heller insekterna undgår nematoderna. Sannolikt har nematoden ursprungligen nyttjat insekten som ett transportmedel (s.k. foresi) för att ta sig från en plats eller näringskälla till en annan. Flera djur- och humanparasitära nematoder utnyttjar myggor och knott som transport- och mellanvärdar. När nematoden finner att transportmedlet också erbjuder matsäck under färden är första steget mot parasitism taget. Den angripna insekten reagerar bl.a. med fysiologiska förändringar i form av fördröjd utveckling och störda livsfunktioner. Könsorganen kan skadas och i andra fall dör insekten mer eller mindre snabbt.

Insektparasitära nematoder, främst inom familjerna Mermithidae och Steinernematidae, är av intresse vid biologisk kontroll av insekter som växtskadegörare och smittospridare. Man har fäst stora förhoppningar vid mermitiderna vid biologisk kontroll av bl.a. malariamyggan. Svårigheter med massproduktion, transport och etablering av nematoden har dock gäckat förhoppningarna om en framgångsrik bekämpning. Större framgång har man haft med den andra gruppen av nematoder, släktena *Steinernema* (tidigare *Neoaplectana*) och *Heterorhabditis*. Närmast unik är dessa nematoders symbios med bakterier. Bakterien följer nematoden in i insektskroppen, där den frigörs, förökas och kommer att tjäna nematoden som föda! Den angripna insekten dör inom ett par dagar, uppen-



Nematoderna i markens näringsvävar äter protozoer, bakterier, svampar och växter, och blir själva uppätta av andra markdjur, kvalster m.fl.

Efter Björn Sohlenius

barligen genom toxiner som bildas av bakterien. Dessa nematoder har man lyckats odla "industriellt", och de säljs nu världen över, inklusive vårt land, i preparat av olika tillverkning och benämningar. Störst framgång har man haft med dessa preparat i bekämpning av sorgmygglarver i växthus, örönvivellarver i jordgubbar och pingborrar i gräsmattor.

### Nematoder hos djur och människa

Nematoderna är den ekonomiskt kanske viktigaste av de sinsemellan heterogena grupperna parasitiska maskar, som med ett gemensamt namn kallas **helminter** och som i veterinärmedicinen studeras inom parasitologin. Vi möter namn som gapmask, "gröna masken", tunnhalsad tarmmask. Djurparasitära nematoder är ofta färgade med skiftningar i vitt-gult-rött. De skiljer sig morfologiskt från växtparasiterna bl.a. vad gäller storleken. Framför allt de arter som finns i mage och tarmar blir ofta flera dm, upp till metern, långa.

En mycket hög frekvens av våra husdjur och besättningar är parasiterade, hästar till mer än 50% enbart av blodmaskar, *Strongylus*, och nötbosättningar till närmare 100%, främst av magmaskar, *Ostertagia*. Hunden är värd för närmare 50 arter, och från katt har noterats över 30-talet nematodararter.

Infektionerna sker oftast från foder och betesmarker, där ägg och virulenta larver förekommer. Nematodens mer eller mindre komplicerade livscykel, med mellanvärdar, transportvärdar, slutvärdar, fullbordas sedan i värdjurets kropp. Nematoderna uppehåller sig och "vandrar" i mage och tarmar, blodbanor och andningsorganen. Nematodparasitismen är snarare funktionsnedsättande än dödlig. Parasitsjukdomarna åtgärdas och mildras genom avmaskning och god hygien på beten och i stallar.

**Människan** är känd värd för ca 40-talet nematodararter. Framför allt drabbade härav är befolkningen i varmare länder, där masksjukdomarna





Geting parasiterad av nematoder. Foto: Josef Stark

på sina håll är mycket vanliga. Ofta sammanhänger detta med dåliga sanitära förhållanden och bristande hygien, undermålig sjukvård och svårigheter att nå ut med upplysning.

Mest spridd av dessa parasiter torde **spolmasken** (*Ascaris lumbricoides*) vara. Kosmopolitisk till sin utbredning är även **springmasken**, en vanlig parasit hos människan, framför allt hos barn. Ytterligare en välkänd kosmopolit är **triki-nen**, där dock köttbesiktningen vid slakterierna praktiskt taget har eliminerat infektionsrisken i vårt land.

Av stor medicinsk och veterinärmedicinsk betydelse är de av *Onchocerca*-arter orsakade sjukdomarna hos människa och husdjur. Knott utvecklas i strömmande vatten och de fungerar som vektorer för dessa nematoder, som bl. a. kan orsaka s.k. **flodblindhet** hos människan. **Elefantiasis**, filarios, orsakas också av en nematod, som har människan som enda värd och där myggor hjälper till att sprida nematodens ungstadier (mikrofilarierna). Den invalidiserande sjukdomsbilden med våldsamt svullnad av främst armar och ben orsakas av de vuxna nematoderna i lymfbanorna.

En annan spektakulär och fruktad sjukdom i varmare länder är dracontiasis, orsakad av **guinea-masken**. Larverna utvecklas i sötvattenskräftor (vattenloppor) som följer med när man dricker eller tvättar sig i vattnet. Nematoden vandrar via

tarm och blodkärl ut till underhuden där honan etablerar sig i infekterade blåsor på benen och fötterna. Nematoden är en av de äldsta kända av människan, och gammal är också metoden att söka befria sig från den genom att försiktigt linda den upp till 1 m långa honan runt en kluven trästicka eller pinne. Det antas att den "sjukdom som kom över folket" och som föranledde Moses att resa kopparormen i öknen var just denna dracontiasis.

Infektionssjukdomarna hos människan orsakar långt flera dödsfall än någon annan dödsorsak – närmare tre gånger fler dödsfall än exempelvis i cancer. WHO ser dock i sina senaste årsrapporter med viss optimism på utvecklingen, bl. a. vad beträffar de här nämnda onchocerciasis och dracontiasis, som man tror snart kommer att vara utrotade.

### Forskning och undervisning

Nematoderna behandlas i undervisningen i växtpatologi (Alnarp, Ultuna) resp. parasitologi (Ultuna) vid SLU. Forskning rörande rundmaskarna bedrivs vid de större universiteten, förutom vid SLU främst i Lund (nematofaga svampar) och Umeå (insektparasitära nematoder) samt vid Naturhistoriska riksmuseet i Stockholm (taxonomi och ekologi). Jordprovsanalyser görs vid nematologiavdelningen i Alnarp (SLU) och vid Lantbrukets laboratorium i Lyckeby. Analyser och diagnostisering av djurparasitära nematoder utförs vid Statens Veterinärmedicinska Anstalt, Uppsala.

### Text

Bengt Eriksson  
SLU, Enheten för växtpatologi 1  
Box 7044  
750 07 Uppsala  
Tel: 018-67 16 03  
Fax: 018- 67 16 90  
e-post: Bengt.Eriksson@vpat.slu.se



Augusti 1997

Faktablad om växtskydd utges inom områdena Jordbruk och Trädgård. Faktabladen kan beställas som årsabonnemang, komplett serie eller enstaka exemplar.

Eftertryck av denna publikation är förbjudet enligt lag. Den som vill mångfaldiga något av innehållet måste först få tillstånd från SLU, Inst. för entomologi. Tel. 018-67 23 47.

ISSN 1100-5025

© Sveriges lantbruksuniversitet

### Ansvarig utgivare:

Maj-Lis Pettersson

### Redaktörer:

Jordbruk:  
Ulla Ekström, Alnarp  
Maj-Lis Pettersson, Uppsala  
Trädgård:  
Maj-Lis Pettersson

### Distribution:

SLU Publikationstjänst  
Box 7075, 750 07 Uppsala  
Tel. 018-67 11 00  
Fax. 018-67 28 54