

Diverse växter
Skadedjur

NEMATODER - VÄRLDENS VANLIGASTE VARELSER

Nematoder tycks finnas överallt där liv kan finnas, i inlandsisarna och de varma källorna, i de torra öknarna och den frusna tundran, i vattnet Du dricker och ättikan Du kryddar med, i insektskroppen och på potatisens rötter, i älgens hjärna och människans ögon. Någon 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, begoniaål. Men även uttryck som grönt kött, flodblindhet, elephantiasis, "krok" och jordtrötthet mobiliserar måhända fantasin i riktning "maskanknytning". För just "maskar" är det fråga om, närmare bestämt **rundmaskar**, som är den svenska benämningen på nematoder. Men de är små. Ett mikroskop, även om det rör sig blott om måttlig förstoring (40-50x), är nödvändigt för att studera dem.

Vad är det som gjort rundmaskarna så framgångsrika? Uppenbarligen medger nematodens byggnad och fysiologi en vid anpassning till olika ekologiska nischer, trofinivåer och näringsekologiska



Lökfält med "fläckar" orsakade av angrepp av stubbrottnematoder. Foto: Stig Andersson

grupperingar. Ungefär hälften av kända nematodsläkten är parasiter på växter (7%), resp. djur (41%); övriga är fritt levande med varierande födoval. Nematoder används idag som modellorganismer i utvecklingsbiologin, som bioindikatorer på miljöförändringar och för biologisk bekämpning av insekter och sniglar. I detta faktablad riktas huvudintresset mot nematoder som växtpatogener, men även djur- och humanparasiter berörs.

Nematodernas utseende och byggnad

Nematoderna är normalt spolformiga, långsträckta, "maskliknande" djur. De fritt levande och de växtpatogena arterna är oftast mikroskopiskt små, vanligen 0,5–1,5 mm 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 speciella cirkulationssystem och andningsorgan. Ljusreceptorer i form av punktögon (ocelli) har beskrivits från marina och i sötvatten levande arter men finns inte hos marklevande former. Den transparenta och färglösa



Bildrättigheter saknas

Angrepp av bladnematoder på röd rudbeckia, *Rudbeckia purpurea* 'Magnus' (t.v.) och balsamblad, *Tanacetum balsamifera* (t.h). Lägg märke till att skadorna begränsas av bladnerverna.
Foto: Tomas Lagerström och Stig Andersson.

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).

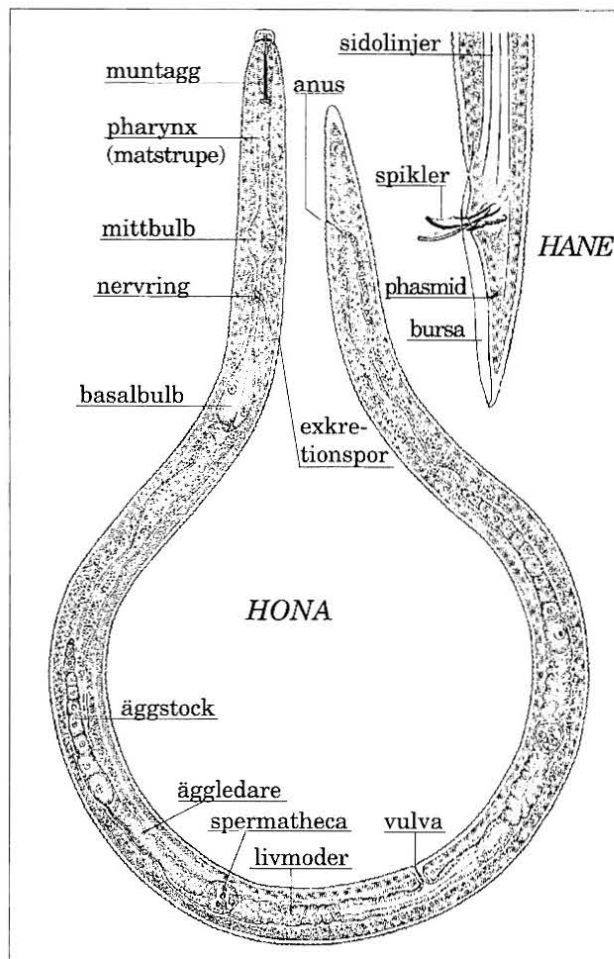
Nematoderna saknar skelett i vanlig mening. Som ersättning härför fungerar **kroppsvätskan**. Den genom osmos uppkomna turgorn i detta **vätskeskelett** (hydrostatiskt skelett, turgorskelett) ger kroppen stadga och form. I kroppshålan ligger tarm och könsorgan helt fria.

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 längsgående knippen av **muskler**, som gör det möjligt för nematoden att slingra sig framåt. Härutöver finns naturligtvis muskler i anslutning till olika organ.

Kroppshålans dominerande organsystem är **matspjälkningsapparaten**, bestående av munöppningen/munhålan, matstrupen (pharynx), mellantarmen, ändtarmen (rectum) och anus. Nematodernas föda är i de allra flesta fall flytande (växtsaft, 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 kan vara vägledande vid identifieringen.

Munöppningen, som är omgiven av läppbildningar, papiller, borst och sinnesorgan, leder in i **munhålan**, som kan vara försedd med tandlika bildningar (hos predatorer och djurparasiter), utformad som ett rör (bl.a. hos bakterieätare) eller bestå av en s.k. **muntagg** (hos växtparasiter). Muntaggen är i typfallet genomdragen av en fin kanal och kan närmast liknas vid en kanyl. Cellsaften sugs in genom muntaggen och pumpas sedan 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 munöppningen och stickas in i celler och vävnader. Ovanstående gäller flertalet växtparasitära nematoder. De s.k. trichodoriderna (se nedan) har en muntagg som består av en böjd, solid tand, som enbart används för att göra hål i växtcellerna.

Matstrupen (esofagus eller riktigare **pharynx**) har ett för de olika nematodordningarna mycket varierande utseende. Hos de flesta 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.



Schematisk bild av växtparasitär nematod.
Källa: C.I.H. Descr. Pl.-par. Nem., UK

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 nervstammarna, som utgår från denna "hjärna". Bland sinnesorganen märks papiller, borst och fria nervändar i kutikulan 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. de flesta rotgallnematoder) har könlös fortplantning i form av jungfrufödsel, partenogenes. **Könsorganen** är enkelt utformade och känns igen 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 **honans** könsorgan känner vi igen terminologin. **Vulvan** är könsöppningen i kutikulan på buksidan. I övergången mellan äggledaren och livmodern finns vanligen en spermabehållare (**sper-**

mateca), i vilken sperma lagras efter parningen.

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

Systematik

Rundmaskarna närmar sig insekterna i ett hypotetiskt antal arter. Av dessa flera hundra tusen tänkta arter är ca 20 000 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 ordning Tylenchida innehåller det stora flertalet växtpatogena nematoder. Övriga kända växtparasitära nematoder finns i ordningarna Dorylaimida och Triplonchida, totalt ett fåtal släkten, främst *Longidorus* och *Xiphinema*, resp. *Trichodorus* och *Paratrichodorus*. 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)

knöl-, lök- och stjälknematoder

knopp- och 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 en näringskälla. Av t.ex. potatiscystnematoden kan levande ägg finnas kvar i marken 15–20 år i den skyddande miljö, som cystan utgör. Ett annat, liknande tillstånd är bildningen av s.k. **dauerlarver** hos vissa bakterieätande nematoder under ogynnsamma yttre betingelser såsom torra, näringsbrist etc.

En extrem överlevnadsstrategi går under benämningarna **kryptobios** ("hemligt liv"), **anabios** ("återupplevande") eller **anhydrobios**. Som det senare namnet antyder anpassar sig nematoden till torra 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 och uthärda extrema påfrestningar. Stjälknematoden bildar svärmar av torr "nematodull", som vid kontakt med vatten kan fås att leva upp igen efter flera decennier.

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. Cystor med sitt ägginnehåll kan spridas med sandflykt, jord och växtmaterial, djur och samfärdsel, medan stjälknematoden sprids med frövara, knölar och lökar. 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 utvecklat ett egendomligt "vinkarbeteende", där nematoden reser sig på bakändan och "vinkar" med huvudändan i väntan på lift med någon förbipasserande insekt.

Bland mera märkliga anpassningar är den möjlighet nötkreaturens lungmask funnit, att låta sig bjudas på en luftfärd med slungmögelsvampens 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 många 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 klimat och jordart och kanske i viss mån härav beroende växtlighet och odlade grödor tänkbara förklaringar till varför cystnematoder, stubbrotnematoder m.fl. inte har en allmän utbredning i hela Norden.

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 porerna. De trivs med vissa undantag bäst i något lättare jordar, och idealtillståndet tycks här vara det luft/vattenförhållande som råder vid s.k. fältkapacitet efter fri avrinning.

Flertalet nematoder är beroende av starkt viskösa substrat eller små partiklar att "ta spjörn" emot för att kunna röra sig framåt. Markpartiklar, växtdelar, rötter, o. dyl. är således nödvändiga som stöd eller motstånd vid nematodernas förflyttning. Stjälknematoder och bladnematoder kan dessutom simma, när de kommer i en vätska, t.ex. daggen på ett blad. 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. Det stora flertalet kan snarare karakteriseras som växtätare, som suger lite på rötterna utan att växten lider nämnvärt.

Fältbilden av ett nematodangrepp visar sig som spridda fläckar med dålig tillväxt. Symptomen på plantorna är inte alltid entydiga och ofta krävs tillgång till mikroskop för ett avgörande. De mer eller mindre djupgående cell- och vävnadsförändringarna skadar naturligtvis växten och försvagar den så att den blir känslig för torka och 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.

Den till mångformighet vanligaste gruppen växtparasitära nematoder är de **migrerande rotekto-parasiterna** (se ovan), med 10–20 mer eller mindre vanliga släkten i våra jordar. Bland dessa har nålnematoderna (*Longidorus*) och stubbrotnematoderna, trichodoriderna, (*Paratrichodorus* och *Trichodorus*) uppmärksammas som skadegörare med betydande skördeföruster som följd i de södra delarna av Skandinavien. Nålnematoderna skadar framför allt jordgubbar och stubbrotnematoderna särskilt lök på lätta jordar (inte minst på på Öland) men också bl.a. morötter. Även i betodlingen kan vi få skador av dessa båda nematodgrupper. Rotektoparasiterna är ofta utpräglade polyfaga. Skadorna av nålnematoder och stubbrotnematoder uppstår genom att dessa nematoder med sina långa muntaggar når in till meristemvävnaden i rotspetsarna. Detta resulterar i stoppad tillväxt och att rotspetsen kan sluta med krumböjd gallbildning respektive att hela rotsystemet blir ”stubb”. Se även faktablad 56 T och 57 T.

Det kanske vanligaste enskilda släktet växtparasitära nematoder av ekonomisk betydelse är **rotsårnematoderna** (*Pratylenchus*), i Skandinavien representerat av närmare 10-talet arter. Nematoderna lever som endoparasiter i rötterna av en rad kulturväxter. De angripna rötterna reagerar med mörkfärgade ”rotsår” (nekros). Viktigast och mest känd är arten *P. penetrans*, som är en vanlig skadegörare i plantskolor. Den kan också skada bl.a. rosor, fruktträd, jordgubbar, blomsterlök och stråså. *P. vulnus* är något mera värmekrävande och var tidigare ett problem i växthusrosor. *P. convallariae* kan vara skadegörare i liljekonvaljer och *P. scribneri* i amaryllis.

Cystnematoderna, mer än 100-talet arter, är de hos oss ekonomiskt viktigaste nematoderna och hör till de viktigaste växtskadegörarna totalt sett i tempererade klimatområden. Det främsta morfologiska kännetecknet är att den fullvuxna honan omvandlas till en klot- eller citronformad, äggfylld cysta. Ur äggen kläcks juveniler, ofta under inverkan av ämnen som avges från värdväxternas rötter. Juvenilerna söker sig till rötterna, banar sig väg genom rotepidermis och etablerar sig intill ledningsvävnaden. Hos den mottagliga växten upp-

Växtparasitära nematoder orsakar tillväxtstörningar, som

- 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)

löses cellväggarna delvis och det uppstår en jättecellbildning, ett flerkärnigt syncytium, från vilket nematoden tar sin näring.

Den fortsatta utvecklingen ser olika ut för hanar och honor. Honorerna blir efter hand mer eller mindre flaskformade och uppsvällade (könsdimorfism), och blir slutligen synliga med bakkroppen utanpå rotytan men med huvudändan fortfarande kvar i anslutning till ledningsvävnaden. De juveniler som blir hanar sväller också upp, men i slutfasen återfår de maskformen och tar sig ut ur roten. De kan nu para sig med honorerna, som börjar sin äggproduktion. Så småningom omvandlas kutikulan hos honan till ett dött, brunfärgat skal; cystan har bildats. Den blir vanligen, beroende på art och utvecklingsbetingelser, 0,3–0,8 mm stor och kan innehålla flera hundra ägg, som här ligger skyddade och som lätt kan spridas med cystan.

I de nordiska länderna är framför allt följande cystnematoder av intresse: potatiscystnematoderna, olika arter av stråsådescystnematoder, betcystnematoden och morotcystnematoden.

Potatiscystnematoderna utgöres av två arter, gul och vit potatiscystnematod (*Globodera rostochiensis* resp *G. pallida*). Den gula arten kännetecknas av ett klargult stadium i honans utveckling till cysta, vilket saknas hos den vita arten. Potatiscystnematoderna har troligen redan på 1600–1700-talen kommit till Europa med potatis från Sydamerikas bergstrakter. De är specialiserade på potatis och närstående arter och släkten inom potatist familjen. En sådan art är tomat.

Från vilda potatisväxter har man hämtat in olika resistensanlag, som inkorporerats i många potatissorter. Vissa populationer av nematoderna kan göra en viss typ av resistens ineffektiv. På så sätt kan man urskilja olika **patotyper** av nematoderna. I vårt land är den gula potatiscystnematoden den vanligast förekommande arten. Fläckar i potatisfält med tynande plantor väcker misstankar om angrepp. Gräver eller drar man försiktigt upp sådana plantor kan man, om det rör sig om en mottaglig sort, från midsommartid och framåt se de vita eller gula honorerna som pärlband på rötterna. Bekämpning sker genom att använda resistent

sorter i kombination med lämplig växtföljd.

När det gäller tomat, så kan angrepp ses i hemträdgårdar. Också växthusodling direkt i markbädd, t.ex. vid ekologisk odling, löper stor risk för angrepp. Potatiscystnematoden har en generation årligen. Se även faktablad 79 J och 39 T.

Den mest kända och vanligast förekommande av stråsådens cystnematoder är **havrecystnematoden** (*Heterodera avenae*). Ur hortikulturell synpunkt är den dock tämligen ointressant. Sockermais är visserligen en kultur, som kan skadas, men det blir bara problem om nematoden tidigare uppförökats på stråsåd.

Betcystnematoden (*Heterodera schachtii*) förekommer i huvudsak bara i sockerbetsdistrikten, där den är en viktig skadegörare på sockerbetor. Av hortikulturella växter kan rödbetor skadas mycket svårt. Angripna plantor får ett "skäggigt" rotsystem, dvs det blir en liten huvudrot med talrika sidorötter, från vilka jorden har svårt att släppa. Även kålväxter är värdväxter, men skadorna tycks vara relativt obetydliga. Betcystnematoden uppträder i minst två generationer årligen.

En art, som än så länge är sällsynt i Sverige, är **morotcystnematoden**. I Lammefjordsområdet på Själland är nematoden mycket vanlig och har tvingat fram en radikal förändring av morotsodlingen, så att mycket längre växtföljder än tidigare måste tillämpas. Symptomen motsvarar dem som betcystnematoden ger på rödbetor. Honorna är ofta svåra att se, därför att de är mycket små. En stor del av äggen läggs i en gul äggsäck, som kan vara lättare att upptäcka. Morotcystnematoden har liksom betcystnematoden minst två generationer årligen.

Rotgallnematoderna (släktet *Meloidogyne*) anses vara de internationellt viktigaste av alla växtparasitära nematoder och räknas även till de ekonomiskt viktigaste växtskadegörarna alla kategorier. Släktet omfattar mer än 80 kända arter och finns huvudsakligen i varmare länder. Rotgallnematoderna är närbesläktade med cystnematoderna. Till skillnad från dessa bildas dock inte ett enda syncytium där nematoden sitter fast utan 5–6 distinkta jätteceller. Som namnet anger uppstår därtill en gallbildning i den angripna rotdelen. Någon cysta bildas inte heller. Honan blir visserligen uppsvällad, men kutikulan förblir transparent och mjuk. En viktig skillnad är också att äggen inte deponeras inne i honans kropp utan läggs och skyddas i en viskös äggsäck på utsidan av bakkroppen.

I Skandinavien har hittills bara en art påträffats på friland, *Meloidogyne hapla*. Skador förekommer särskilt på morötter, som får en avkortad, ofta grenad huvudrot med talrika sidorötter. På dessa finns det små galler. Arten är liksom flertalet *Meloidogyne*-arter mycket polyfag. Dock angrips inte växter ur gräsfamiljen, varför angreppen i morötter kan hållas nere genom att kulturen föregås av en ogräsfri stråsådesgröda. En art på kontinenten som med utgångspunkt från Holland låtit tala om

sig mycket under senare år är *M. chitwoodi*, som ger galler på potatisknölar. Den har inte påträffats i Norden, men dess biologiska krav är sådana, att den skulle kunna etablera sig här.

I växthus var rotgallnematoderna tidigare ett gissel på gurka och tomat. Det gällde både *M. hapla* och olika tropiska och subtropiska arter. De senare är särskilt patogena, och rötterna kan helt deformerar av stora galler. Problemen upphörde med övergången till odling i engångssubstrat men skulle kunna återkomma, om odling åter sker i markbädd, t.ex. i ekologisk odling. Det är då viktigt att genom god hygien hålla nematoderna borta. Se även faktablad 133 T.

Stjälknematoden (*Ditylenchus dipsaci*) är en kosmopolit av stor ekonomisk betydelse med upp emot 500 kända värdväxter. Den förekommer i ett antal värdväxtspecialiserade, fysiologiska raser. Det finns således en ras som angriper lök av olika slag, och andra speciella raser, som angriper tulpaner, narcisser, flox m.fl. trädgårdsväxter. I fråga om jordbruksväxter finns stjälknematodraser, som är specialiserade på bl.a. klöver, lusern och havre.

Stjälknematoden angriper och fortplantar sig enbart i växtdelar som hör till stjälk, stam, blad, frö och frukt. Nematoden orsakar vävnadsförändringar såsom förvridna och ansvällda växtdelar. I kryptobiotiskt tillstånd kan den spridas med växtmaterial länder och kontinenter emellan. Inom prydnaväxtområdet är det viktigaste motmedlet att se till att man använder friskt plantmaterial. I fält uppträder stjälknematoden främst i tyngre jordar, som man får undvika om det blir skador i lök. Av klöver och lusern finns resistent sorter.

Potatisrötnematoden (*Ditylenchus destructor*) är ytterligare en *Ditylenchus*-art. Den kan ge upphov till rötter i knölar, jordstammar och lökar av diverse slag. *D. myceliophagus* är parasit på champinjoner.

Kroknematoden (*Subanguina radicola*) är något av en "klassiker" som ett av de först uppmärksammade nematodproblemen i de nordiska länderna, redan från mitten av 1800-talet. Nematoden fick under 1980- och 1990-talen förnyad aktualitet genom att bidra till skador på fotbollsplaner i Danmark och Norge. Den omvandlar rotspetsarna till krokliknande gallbildningar hos bl.a. grönyte- och vallgräs samt korn.

Bladnematoderna, släktet *Aphelenchoides*, lever i huvudsak på eller i de ovanjordiska delarna av en rad prydnaväxter och i jordgubbar. Främst två arter är aktuella hos oss, jordgubbs- (*A. fragariae*) och krysanthembladnematoden (*A. ritzebosii*). Bladnematoderna angriper på två sätt, ektoparasitiskt mellan skyddande bladslidor och i utvecklade knoppar, och endoparasitiskt i utvecklade blad, där nematoderna tränger in genom klyvöppningarna. I det förstnämnda fallet ger nematoderna upphov till korta bladskäft och missformade blad, i det senare fallet åstadkommer de bladfläckar, som begränsas av bladnerverna. Båda arterna har ett

stort, delvis sammanfallande värdväxtspektrum. Jordgubbsbladnematoden är en mycket viktig skadegörare i jordgubbar, där den uppträder ektoparasitiskt. I ett stort antal prydnadsväxter, även ormbunksväxter, kan man finna båda levnadssätten samtidigt; i *Begonia*, som är en viktig värdväxt, ses skadan mest som endoparasitisk. Krysantemumbladnematoden har en förkärlek för familj Asteraceae, där skadorna främst syns som bladfläckar. *A. blastophthorus* åstadkommer i Norge skador i jordgubbar av samma typ som de tidigare nämnda arterna. *A. composticola* är skadegörare i champinjoner. Se även faktablad 103 T och 142 T.

Interaktioner (= samspel) mellan nematoder och andra patogener

"Nature does not work in pure culture". I marken möter nematoderna andra växtpatogener, svampar, bakterier och virus, och därmed finns förutsättningar för samspel till förfång för den drabbade växten. Det sammanlagda inflytandet 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", dvs de hjälper andra patogener in i växten, antingen mekaniskt, genom att skapa inkörsportar (sår) på rotytan, eller fysiologiskt, genom att åstadkomma sådana förändringar i växten, t.ex. i resistensmekanismerna, 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, där bladnematoder är vektorer och transporterar vissa bakterier in till blad- och blomknoppornas tillväxtpunkter. Sedan 1950-talet vet vi också att nematoder kan fungera som **vektorer för växtpatogena virus**, vilket ger en ny dimension åt nematodernas betydelse som växtparasiter. Viruspartiklarna häftar vid pharynxväggen hos nematoden och följer med saliven vid näringsupptagningen och växten infekteras. Virus kan inte förökas i nematodkroppen.

De kända virusöverförande nematoderna i Skandinavien 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 stubbrot-nematoderna överförda tobaksrattelvirus, som orsakar mörkfärgade rostringar i potatisknölen, se vidare faktablad 40 J.

Motåtgärder

Internationella konventioner och nationell växtskyddslagstiftning är instrument för att hindra spridningen av skadegörare mellan länder och kontinenter såväl som inom länder. De s.k. **karantän-**

skadegörarna, bland vilka flera nematodarter återfinns, ägnas särskild uppmärksamhet. Som vi sett har ju nematoder möjlighet att spridas mycket effektivt som cystor och som "kryptobiotiska" överlevnadsstadier med växter och vektorer etc.

Inom trädgårdsområdet är **god hygien** och användning av **friskt plantmaterial**, inte minst vad gäller växthuskulturer, de kanske viktigaste motåtgärderna. Friskt plantmaterial framställs bl.a. genom meristemförökning och varmvattenbehandling. Sådana åtgärder följs sedan upp genom en kontrollerad uppförökning.

Odling i **engångssubstrat** har i växthus gjort att skadorna av viktiga nematoder som rotgallnematoder i tomat och gurka och potatiscystnematoden i tomat upphört.

En välplanerad **växtföljd** är i fältkulturer en viktig förebyggande åtgärd med tanke på att nematoderna är obligata växtparasiter och ofta har ett specialiserat värdväxtval.

Sedan början av 1900-talet har inte minst nordiska växtförädlare studerat och utvecklat **resistensförädlingens** möjligheter, främst vad avser cystnematoderna och stjälknematoden. Vi har i dag ett sortmaterial med mycket hög nematodresistens i olika jordbruksgrödor, främst i korn, havre, potatis, sockerbetor, rödklöver och lusern. De resistent sorterna bör dock användas med det omdöme som risken för s.k. resistensbrytande raser och patotyper motiverar. De specifika trädgårdskulturerna har hittills haft svårt att bära en kostsam resistensförädling. Det finns dock skillnader i sortimentet av olika kulturer, som kan utnyttjas.

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 ha oönskade miljö- och hälsomässiga effekter, och när de dessutom upptäckts i grundvattnet har användningen av dem begränsats. Vi har ju i vår del av Europa en mycket restriktiv inställning till kemisk bekämpning, och för närvarande finns ingen nematicid och endast något jorddesinfektionsmedel på marknaden. Jorddesinfektion kan också ske genom **ångning**.

Som alla andra varelser är nematoderna utsatta för angrepp av predatorer och parasiter, som troligen medverkar till stora tidsmässiga svängningar i nematodpopulationerna. Förhoppningar knyts främst till olika svampar för **biologisk bekämpning**. Vissa svampar kan fånga nematoder med hjälp av nätverk och öglor, andra är endoparasiter, som tränger in i nematoden från sporer, som fastnar på kutikulan. Äggparasiter är vanliga hos cystnematoder och rotgallnematoder, och andra svampar bildar toxiner, som förlamar nematoderna innan svamphyferna tränger in. Hittills har forskningen på området dock varit svår att omsätta i praktiken. Ett särskilt "biologiskt" område är användning av s.k. **nematicida växter**, bland vilka *Tagetes* gjort sig känd som medel mot rotsårnematoder. Odling av *Tagetes* som mellankultur praktiseras idag all-

mänt i plantskolor.

Analys av jordprov för att bestämma den s.k. nematodtätheten är viktiga hjälpmedel att planera odlingen med hänsyn till riskerna för nematodrelaterade skördeföruster.

Fritt levande nematoder

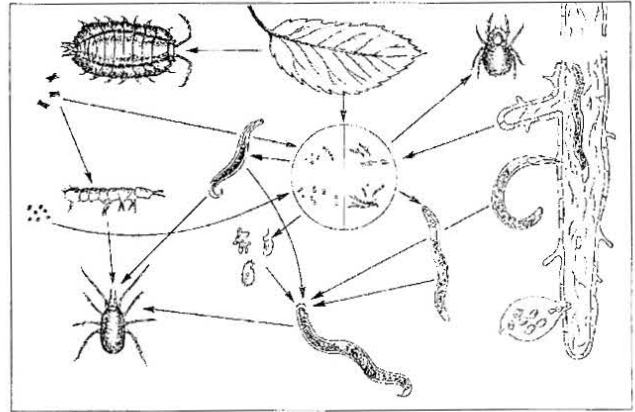
Det händer att man får frågan, ”gör dom ingen nytta då?”, när vi som regel bara talar om nematoderna som parasiter och skadegörare. Nog måste väl ”jordens vanligaste djur” fylla någon viktig funktion, inte minst i de naturliga ekosystemen med dess näringsvävar och beroendeförhållanden, där de icke-parasitiska, 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 m², eller ca 10 kg per hektar – inte mycket i jämförelse med daggmaskarnas 2–4 ton per hektar. Men ändå, genom sin individrikedom 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 och spindlar parasiteras av nematoder och inte heller insekterna undgår nematoderna. Sannolikt har nematoden ursprungligen nyttjat insekten som ett transportmedel (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 gäckt förhoppningarna om en framgångsrik bekämpning. Större framgång har man haft med den andra gruppen av nematoder, släktena *Steinernema* (tidigare *Neoplectana*) 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, up-



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

penbarligen genom toxiner som bildas av bakterien. Dessa nematoder har man lyckats odla ”industriellt”, och de säljs nu världen över i preparat av olika tillverkning och benämningar. Störst framgång har man haft med dessa preparat vid bekämpning av sorgmygglarver i växthus, öronvivellarver 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” och 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 och 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 på sina håll är mycket vanliga. Ofta sammanhänger detta med dåliga sanitära förhållanden och bristan-

de 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 **trikinen**, där dock bättre produktionssystem, uppföljda av köttbesiktning vid slakterierna, praktiskt taget har eliminerat infektionsrisken i i-länderna.

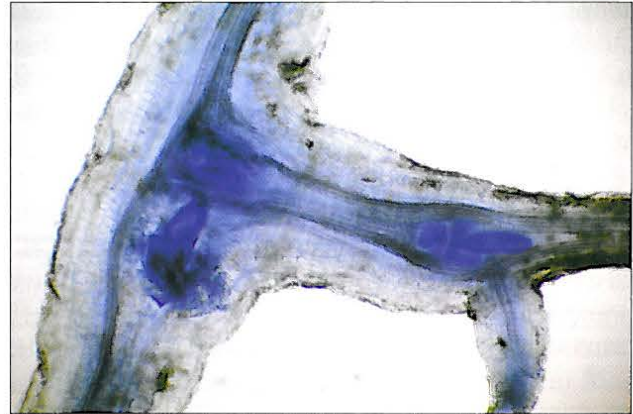
Av stor medicinsk och veterinärmedicinsk betydelse är de av *Onchocerca*-arter orsakade sjukdomarna hos människa och husdjur. Knott utvecklas i strömmande vatten och de fungerar som vektorer för dessa nematoder, som bl.a. kan orsaka s.k **floblandhet** hos människan. **Elefantiasis**, filarios, orsakas 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 **guineamasken**. 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 kopparornen i öknen var just denna dracontiasis.

WHO ser 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 Sverige i undervisningen i växtskydd/växtpatologi (Alnarp, Ultuna) resp. parasitologi (Ultuna) vid SLU. Forskning om rundmaskarna bedrivs förutom vid SLU främst i Umeå



Rotgallnematoden *Meloidogyne hapla* i sidorötter av morot. T.v. ung hona vid vars bakända den viskösa äggsäcken börjat bildas. T.h. fastsittande juvenil. Observera jättcellerna kring huvudändan. Foto: Linda Kauri.

(insektsparasitära nematoder) samt vid Naturhistoriska riksmuseet i Stockholm (taxonomi och ekologi). Jord- och växtprovsundersökningar samt patotyp- och resistenstester görs vid SLU i Alnarp (adress se nedan). Analyser och diagnostisering av djurparasitära nematoder utförs vid Statens Veterinärmedicinska Anstalt, Uppsala.

Text: Stig Andersson

SLU, Inst. för växtvetenskap
Kompetensgrupp nematologi
Box 44

230 53 Alnarp

Tel: 040-41 52 47

Fax: 040-46 21 66

e-post: Stig.Andersson@vv.slu.se



Bengt Eriksson

SLU, Inst. för ekologi och
växtproduktionslära

Box 7043

750 07 UPPSALA

Tel: 018-67 16 03

Fax: 018-67 16 90

e-post: Bengt.Eriksson@evp.slu.se



Maj 2001

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. Tel: 018-67 23 66 (jordbruk) resp. 018-67 23 47 (trädgård).

ISSN 0281-8566

© Sveriges lantbruksuniversitet

Ansvariga utgivare: Jordbruk: Roland Sigvald
Trädgård: Maj-Lis Pettersson

Redaktörer: Jordbruk: Eva Twengström
e-post: Eva.Twengstrom@evp.slu.se
Trädgård: Maj-Lis Pettersson
e-post:

Maj-Lis.Pettersson@entom.slu.se
<http://www.entom.slu.se>

Hemsida: <http://www.entom.slu.se>
Distribution: SLU Publikationstjänst
Box 7075, 750 07 Uppsala

Tel. 018-67 11 00

Fax. 018-67 35 00

e-post: publikationstjanst@slu.se