



KLØVERTRETTET I ØKOLOGISK ENG

Kartlegging av forekomst av mulige skadegjørere, med vekt på nematoder

Grete Lene Serikstad, Christer Magnusson og Anne de Boer

TITTEL

Kløvertretthet i økologisk eng. Kartlegging av forekomst av mulige skadegjørere, med vekt på nematoder

FORFATTERE

GRETE LENE SERIKSTAD, CHRISTER MAGNUSSON OG ANNE DE BOER

DATO	RAPPORT NR.	TILGJENGELIGHET	PROSJEKT NR.	SAKSNR.
28.02.2017	3/2017	ÅPEN	13/18178	
ISBN-NR.:	ISBN DIGITAL VERSJON	ISSN-NR.:	ANTALL SIDER	ANTALL VEDLEGG
978-82-8202-036-7	978-82-8202-036-7		61	1

OPPDRAGSGIVER:

Landbruksdirektoratet

KONTAKTPERSON:**STIKKORD/KEYWORDS:**

Kløver, kløvertretthet, økologisk landbruk, planteparasittære nematoder

FAGOMRÅDE/FIELD OF WORK:

Planteproduksjon, plantevern

Clover, clover fatigue, organic agriculture, plant parasitic nematodes

Plant production, plant protection

SAMMENDRAG:

Kløvertretthet er en fellesbetegnelse på sykdom og misvekst hos kløver, og kan skyldes både nematoder og sopp. Ulike skadegjørere, som kløverråte, stengel nematode og ulike Fusarium-sopper, har tidligere blitt påvist som årsak til dårlig kløvervekst i Norge. Driftssystem der det dyrkes mye kløver og andre belgvekster kan gi økt forekomst av skadegjørere. I prosjektet har det blitt analysert jord- og planteprøver fra økologiske gårder i Midt-Norge for å få en bedre oversikt over forekomsten av potensielle skadegjørere og om disse kan forårsake avlingsnedgang i økologisk eng. I alt 8 ulike planteparasittære nematoder ble påvist. Det var særlig rotsår-, spiral- og stuntnematoder som forekom i mange av prøvene. Stengel nematode og kløvercystenematode, som er kjent for å gi skade på kløver, ble bare funnet i små mengder i noen få av prøvene. I noen av prøvene var antall individer av enkelte nematodeslekter svært høyt. Prøvene som ble analysert for sopp var alle infisert med rotråte (Fusarium spp.), mens kløverråte ikke ble påvist. Det var ingen klar sammenheng mellom antall nematoder i jorda og angrepsgraden av Fusarium på kløverplantene eller prosentandel kløverdekke i enga. Omfanget av prøvetakingen i prosjektet er lite, og gir ingen statusoversikt for jordboende skadegjørere hos kløver i norsk engdyrking. Likevel gir resultatene et bilde av situasjonen, som gjør det mulig å peke på aktuelle virkemidler og tiltak som kan bidra til å holde forekomsten på et nivå som ikke gir avlingstap. Registreringene ble bare gjort på økologiske arealer og resultatene kan ikke brukes til sammenligning av forekomst mellom ulike driftsformer. Mer kunnskap om utbredelse, resistensforedling på kløver, vekstskifte og god hygiene er viktig for å unngå skadegjørerne. Direkte tiltak er utviklet for åkerkulturer, men er i liten grad aktuelle for angrep på kløver.

GODKJENT

Turid Strøm

PROSJEKTLEDER

Grete Lene Serikstad

Forord

Kløvertretthet er en fellesbetegnelse på sykdom og misvekst hos kløver. Betegnelsen sier imidlertid ingenting om årsakene til symptomene. Begrepet ble brukt allerede på 1800-tallet, for å beskrive vekst- og avlingsproblemer som kunne oppstå ved intensiv dyrking av kløver. Bruk av nitrogenrik kunstgjødsel medførte mindre bruk av kløver i eng og beite, noe som bidro til at problemene med kløvertretthet ble kraftig redusert.

Kløver er svært viktig i økologisk grovfôrproduksjon, både som næringsrik fôrplante og «nitrogenmotor» i dyrkingssystemet. Alt som hindrer god etablering og vekst av kløveren kan bety lave avlinger. For noen år siden ble det konstatert avlingsnedgang i eng på noen økologiske gårder i Midt-Norge. Det ble påvist planteparasittære nematoder i jorda på disse gårdene. Dette var bakgrunnen til at vi ønsket å finne ut om kløvertretthet er et problem på økologiske gårder i Norge, og i hvilken grad planteparasittære nematoder kan være årsaken til dette. Svært lite har vært gjort i Norge på dette fagområdet tidligere. Arbeidet har derfor på mange måter vært et nybrottsarbeid på norsk, så vel som på nordisk nivå.

Forsøkstekniker Anne de Boer i NIBIO, avdeling Tingvoll, har tatt prøver av jord og planter i prosjektet. Forsker Christer Magnusson i divisjon for bioteknologi og plantehelse i NIBIO har vært en solid samarbeidspartner gjennom hele prosjektet. Forsker Guro Brodal på samme sted bidro i den delen av prosjektet som omhandlet planteparasittære sopper. I 2012 fikk vi hjelp av flere rådgivere i Norsk Landbruksrådgivning til å ta prøver i ulike deler av Sør-Norge. Forsøksteknikere ved divisjon for bioteknologi og plantehelse i NIBIO har bidratt med analyser av innsendte jord- og planteprøver.

NORSØK takker bøndene som velvillig har latt oss få ta jord- og planteprøver på deres arealer.

Analyseresultatene som presenteres i rapporten er utført i ulike prosjekter, med ulik finansiering. De første årene ble arbeidet gjort i regi av Bioforsk Økologisk, og i en kort periode i regi av NIBIO, før prosjektet ble overført til NORSØK fra 1.1.2016. I 2012 og -13 ble arbeidet finansiert av interne midler fra Bioforsk Økologisk. Landbruksdirektoratet har gitt støtte til prosjektet «Kløvertretthet – oversikt og skadebegrensning» i perioden 2014-2016. I denne perioden har prosjektet også mottatt interne midler fra Bioforsk Økologisk fram til 2016, i 2016 fra NORSØK. For å gi et mest mulig utfyllende bilde av nematodeforekomsten på økologiske engareal5r4er i Norge, er alle resultatene for perioden 2011-2016 tatt med i denne rapporten.

Tingvoll – 28.02.2017



Grete Lene Serikstad

Innhold

Forord	5
Innhold.....	6
Innledning	8
Bakgrunn	8
Ukjent problemomfang	8
Kløvertretthet påvist på økologiske gårder	10
Årsaker til kløvertretthet	11
Innledning	11
Planteparasittære nematoder	11
Eksempler på undersøkelser hvor nematoder er påvist som årsak til planteskade	18
Sopp	18
Eksempler på undersøkelser hvor sopp er påvist som årsak til planteskade	20
Samspill mellom ulike skadegjørere	21
Metoder	22
Prøvetaking	22
Analyser	23
Kunnskapsinnhenting	24
Resultater	25
Planteparasittære nematoders andel av nematodesamfunnet	25
Forekomst av planteparasittære nematoder	25
Forekomst av råtesopper	30
Diskusjon	31
Planteparasittære nematoder i økologisk landbruk	33
Sammenlignende studier	34
Tiltak mot nematodeskader i økologisk landbruk	36
Virkemidler mot kløvertretthet	37
Nasjonal innsats mot skadegjørere i kløver?	37
Nasjonal innsats mot potetcystenematode	37
Resistensforedling	38
Kontrollstrategi	39
Strategi for nematodekontroll	39
Skadeterskler	41
Forebyggende tiltak	42
Vekstskifte	42

Andre agronomiske tiltak	43
Spiretest	44
Direkte tiltak	45
Biofumigasjon.....	45
Biologisk kontroll.....	47
Konklusjon	48
Anbefalinger til gardbrukere.....	50
Referanser.....	51
Vedlegg	57

Innledning

Bakgrunn

Kløvertretthet er en fellesbetegnelse på sykdom og misvekst hos kløver. Kløvertretthet kan føre til dårlig etablering av kløver, flekkvis eller i hele åkeren, reduksjon i kløverbstanden og nedsatt avling. I verste fall til at kløveren forsvinner helt. Betegnelsen sier imidlertid ingenting om årsakene til symptomene.

Begrepet kløvertretthet har vært i bruk lenge, for å beskrive vekst- og avlingsproblemer som kan oppstå ved intensiv dyrking av kløver. Da det ble vanlig å bruke nitrogenholdig kunstgjødsel ble det mindre vanlig å dyrke kløverrik eng, og dermed forsvant problemene med kløvertretthet.

Det er mange faktorer som kan forårsake mangelfull etablering av kløver eller at kløveren forsvinner fra enga. Dårlig etablering av kløver kan skyldes for kraftig gjødsling eller for dyp såing. Sopp som sprer seg med frøet kan også sørge for dårlig etablering (Lager 2002). Skygge fra dekkveksten kan redusere kløverspirenes vekst betydelig. Forsommertørke kan tørke ut småplanter som ikke har rukket å utvikle rotsystemet.

Jordpakking, mangelfull drenering, tråkk, intensiv beiting og slått på ugunstig tidspunkt kan også svekke kløverplantene. Frysing og tining kan ødelegge røttene, særlig er rødkløverens pålerot utsatt for dette.

Dårlig næringstilgang på grunn av lav pH, dårlig næringsforsyning, pakket og våt jord vil begrense planteveksten. Mye nitrogen i jorda vil gi gras bedre vekstvilkår og kan utkonkurrere kløveren i enga. Omsetningsprodukter fra nylig ompløyd eng og organisk gjødsel kan også virke veksthemmende på kløver.

Det er et stort antall jordboende organismer som kan leve på kløverplantene. Når de blir for mange vil plantene bli svekket, og til slutt bukke under. Nematoder, sopp, bakterier og virus er slike organismer.

Ukjent problemomfang

På 1950-tallet ble det konstatert at dårlig kløvervekst i eng i Norge kunne skyldes ulike skadegjørere, som kløverråte (*Sclerotinia sclerotiorum*) og stengel-nematode (*Ditylenchus dipsaci*) (Røed 1956, Støen 1956). Sundheim (1970) rapporterte at alvorlige skader på rødkløver-røtter hovedsakelig skyldes *Fusarium*-sopper. I Norge har ikke kløvertretthet vært ansett som noe problem de siste tiårene. Det har imidlertid ikke vært foretatt systematisk kartlegging av aktuelle skadegjørere i nyere tid. Siden midten av 1960-tallet har det ikke blitt utført systematisk kartlegging i Norge av nematoder som kan gjøre skade på belgvekster (Brandsæter m.fl. 2006) og omfanget av kløvertretthet i Norge per i dag er ikke kjent. Kløverråte regnes av mange som den viktigste årsaken til at rødkløver går ut etter to-tre år i eng i Norge (T. Lunnan, forsker i NIBIO, pers. med. 30.1.2012). Det har ikke vært systematisk kartlegging av utbredelse, verken av kløverråte eller kløverrottråte i Norge på svært mange år, så vi vet lite om skadeomfanget (G. Brodal, forsker NIBIO, pers. med. 19.1.2017).

I andre land i Nord-Europa har en hatt problemer med kløvertretthet i flere år. I Danmark har det vært observert økende problemer med etablering av kløver i eng. Dette gjelder særlig på store mjølkeproduksjonsgårder med økologisk drift, hvor eng med høyt innhold av kløver er en viktig del av vekstskiftet. Danske forskere har undersøkt årsaken til dårlig etablering og vekst hos hvitkløver. De dyrket hvitkløver i jord fra gårder hvor hvitkløver var dyrket sammenhengende i minst fem år, og sammenlignet dette med jord hvor kløver ikke var dyrket på 20 år. Kløveren i jord fra gårder med kløverdyrking tidligere spirte bra, men veksten stoppet opp etter 5-7 uker og plantene døde etter hvert. Forskerne fant ingen enkeltfaktor som kunne forklare kløvertrettheten alene, men det ble påvist størst mengde kløver-cystenematoder og rotsårnematoder i jord og planter der jorda tidligere hadde vært brukt til kløverdyrking. Her var også skadene størst. Det ble også påvist ulike sopper, blant annet *Fusarium*, som sammen kunne bidra til å svekke kløverplantene. Forskerne konkluderte derfor med at flere faktorer hadde betydning for skadene, og stiller spørsmålet om det er en «trigger»-faktor som utløser angrepet på kløverplantene (Søegaard m.fl. 2004).

I Sverige har det særlig vært arbeidet med effekter av sopp på rødkløver. Kløverråte har vært et kjent problem lenge og Öhberg (2004) hevder den er den mest alvorlige sykdommen hos kløver i Sverige, og at rødkløver er spesielt mottakelig. Imidlertid reduseres skaden i viktige rødkløversorter ved hjelp av resistens.

Interessen for bruk av kløver og andre belgvekster både i økologisk og konvensjonelt landbruk har økt de siste årene. Levenfors m. fl. (2001) hevder at jo mer belgvekster i vekstkiftet, desto flere sykdommer kan oppstå, også av svakere sykdomsfremkallende sopper. I de fleste økologiske vekstkifter er det mange år med kløver eller andre belgvekster. Med økt intensivering i økologisk mjølkeproduksjon de siste 15-20 årene, med mer ensidig dyrking av kløverrik eng, blir det lagt til rette for flere av skadegjørerne som forårsaker kløvertretthet.

I økologisk landbruk er det vanlig å bruke belgvekster på ulike måter, ofte gjennom hele vekstkiftet. Det kan være som hovedkultur, men også som grønngjødsel, underkultur, fangvekst, i samplanting eller på andre måter. Dette betyr at skadegjørere med kløver som vertsplante kan få gode oppformeringsmuligheter selv med et allsidig vekstkifte. Intensiv belgvekstdyrking vil mange steder ikke være bærekraftig over tid på grunn av denne oppformeringen av jordboende skadeorganismer (Levenfors 2003).



Påvisning av kløvertretthet i et forsøksfelt i Danmark. I venstre felt har det tidligere vært dyrket kløver i 8 år, og ved etablering av ny eng har ikke kløveren klart å etablere seg. I høyre felt har forkulturen vært gras, og tilslaget av kløver er bra. Foto: Karen Sjøgaard, Aarhus Universitet

Kløvertretthet påvist på økologiske gårder

Det er utført noen få undersøkelser på økologiske gårder i andre land, som har påvist kløvertretthet. Blant annet har svenske undersøkelser vist at skader forårsaket av rotråte er utbredt på økologiske gårder i Sør- og Mellom-Sverige. I forsøk ble rødkløveren angrepet om høsten i innsåingsåret, og etter to år var alle undersøkte planter smittet. Sju ulike sorter ble testet, men i dette forsøket var det ingen forskjell i angrepsnivå mellom sortene (Wallenhammar 2010).

Ifølge Colon (2006) opplever særlig økobønder med sandjord omfattende problemer med nematoder i kløver. Spesielt nematodearter med mange vertsplanter er et problem, fordi det er vanskelig å kontrollere dem med vekstskifte. En undersøkelse på åtte økologiske gårder med sandjord i Nederland påviste ingen sammenheng mellom antall kløver-cystenematoder og hvitkløver-vekst i etablert plantebestand. Derimot viste registreringene at kløvercystenematoder kunne skade kløveren i etableringsfasen (van Eekeren m.fl. 2004).

Det er derfor grunn til å anta at kløvertretthet forekommer ved økologisk drift også i Norge. Etter 2000 har enkelte økologiske mjølkeprodusenter opplevd at grovfôravlingene har blitt redusert og at det har vært vanskelig å få kløveren til å trives

Med bakgrunn i utfordringer knyttet til forekomst av kløver i eng, ble det i 2011 tatt prøver av jord og kløverplanter på to økologiske mjølkeproduksjonsgårder i Midt-Norge. Det ble påvist flere grupper av planteparasittære nematoder i disse prøvene. Dette danner grunnlaget for prosjektet, hvor det ble lagt vekt på kartlegging av forekomst av planteparasittære nematoder på økologiske gårder. Prøver ble derfor tatt på gårder i ulike deler av Sør- og Midt-Norge. For å forenkle arbeidet ble prøvetakingen seinere konsentrert om Midt-Norge. For å finne ut om det kunne påvises eventuelle samspillseffekter mellom ulike skadegjørere som årsak til kløvertretthet ble det ett år også gjort analyser av kløverplantene for forekomst av soppene rotråte og kløverråte, i tillegg til nematodeanalyser.

Siden kunnskapen om omfanget av kløvertretthet som problem i økologisk landbruk i utgangspunktet var så begrenset, har det i prosjektet vært lagt vekt på kartlegging av aktuelle skadegjørere, i all hovedsak planteparasittære nematoder. Litteraturstudier har vært en annen viktig del av prosjektet, som bakgrunn for kartleggingen og for å kunne foreslå tiltak. Den tredje delen av prosjektet har omfattet identifisering og beskrivelse av aktuelle tiltak, både forebyggende og direkte, som bønder kan iverksette for at kløvertretthet ikke skal bli et problem.



I 2011 var det svært ujevn vekst i denne enga. For å finne årsaken til misveksten ble det blant annet tatt prøver av jord og kløver for å undersøke forekomsten av planteparasittære nematoder. Foto: Anne de Boer

Årsaker til kløvertretthet

Innledning

Kløvertretthet er en samlebetegnelse på skadesymptomer som kan oppstå på kløver. Symptomer på dårlig vekst kan oppstå både ved etablering av ny eng og i etablert eng. Normalt opptrer problemene flekkvis, men det kan også medføre mislykket vekst på hele arealet ved nyetablering.

Som nevnt i innledinga er det mange faktorer som kan forårsake mangelfull etablering av kløveren eller at kløveren forsvinner fra enga. I tilfeller der ingen av disse faktorene er naturlige årsaker, kan det være naturlig å karakterisere skadesymptomene som kløvertretthet.

I litteraturen fra ulike land blir det lagt vekt på forskjellige organismer som årsak til kløvertretthet. Som tidligere nevnt ble først kløverråte og stengel-nematode, deretter ulike *Fusarium*-sopper identifisert som skadegjørere i Norge på midten av 1900-tallet. I Danmark og Nederland er det særlig ulike nematoder som har blitt omtalt som årsak, mens det i Sverige og Finland særlig har vært lagt vekt på sopper.

I Nederland undersøker de også om allelopati kan være årsak til avlingsnedgang. Hvitkløver er kjent for å ha hemmende effekt på ugras og sykdommer, og på spiring ved direktesåing i kløverrik eng (Carlsen m. fl. 2012). I en revyartikkel om aktive sekundære metabolitter i hvitkløver nevnes spirehemming på hvitkløver som sås rett etter pløying som en mulig effekt av slike stoffer. Blant annet refereres Sjøgaard m.fl. (2004), som ikke fant noen slik direkte virkning blant de vannløselige forbindelsene de undersøkte. I revyartikkelen påpeker Carlsen & Fomsgaard (2008) at andre stoffer, ikke vannløselige, muligens kan ha en direkte allelopatisk virkning på spiringen. De nevner også at allelopatiske forbindelser fra ulike grasarter har vist seg å ha spirehemmende effekt på hvitkløver. I sin oversikt nevner de også en undersøkelse (Kooistra 1964) hvor konkurransen fra røttene til flerårig raigras blir foreslått som en årsak til kløvertretthet. Det har ikke vært mulig å arbeide med allelopati i dette prosjektet.

Planteparasittære nematoder

Nematoder er en av organismegruppene som gjerne nevnes som årsak til kløvertretthet. Nematoder er en del av mesofaunaen i jorda. De jordboende nematodene er under 1 mm lange og er både arts- og tallrike. Det kan være millioner av individer per kvadratmeter landbruksjord (Holgado & Magnusson 2005). Nematoder er viktige for næringsomsetningen i jorda og blir gruppert etter hva de spiser. Jordboende, plantespisende nematoder lever på planterøttene og kan være både endo- og ektoparasitter. De frittlevende nematodene lever i vannfilmen som omgir jordpartiklene. De går ikke inn i planterøttene, men skaffer seg næring ved å suge ut næring fra dem.



Utformingen av munn og svelg hos nematodene varierer med hva de spiser. Planteparasittære nematoder har en kraftig munnbrodd (stilet), som denne spiralnematoden *Helicotylenchus pseudorobustus*. Munnbrodden brukes for å trenge gjennom plantenes cellevegger. Foto: Christer Magnusson

Ulike skader kan oppstå, blant annet vevskader, redusert vann- og næringsopptak og redusert fotosyntese. Skadene kan åpne for angrep av sopp og bakterier og overføring av plantevirus. Skader av nematoder utvikles ofte gradvis og viser seg som flekker med dårlig vekst, gjerne dratt ut i kjøreretningen på feltet. Nematodene kan gi avlingstap, kvalitetsfeil og misvekst. Globalt regnes nematoder som en stor begrensning for planteproduksjon. Skaden de gjør på kulturvekstene er beregnet til mer enn 125 milliarder dollar årlig, ved at de ødelegger rundt 10 % av verdens jordbruksprodukter (Chitwood 2003).

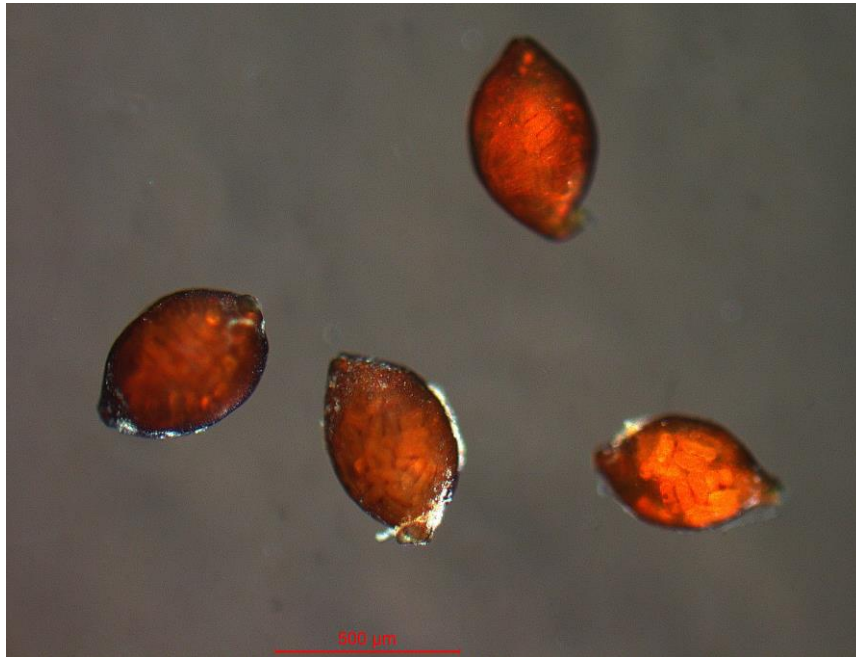
Nematoder reduserer rotsystemet til de plantene de angriper. Dette fører til dårlig opptak av vann og næringsstoffer. Nematodene gjør ofte størst skade på lette jordarter pga. lavere vanninnhold sammenliknet med tyngre jordarter. Dessuten varmes jorda raskt opp om våren, noe som stimulerer nematodenes oppformering. Mye tyder på at jord med lavt innhold av organisk materiale er gunstig for nematodene. I slik jord er det mindre mikrobiell aktivitet, og dermed få mikrobielle antagonister (Juhlin xx).

Noen nematodearter har et stort antall vertsplanter, mens andre arter er mer artsspesifikke. Noen plantearter er vertsplanter for nematodearter uten selv å bli skadet. Disse bidrar til å opprettholde nematodebestanden i jorda. Under nordiske forhold er det kanskje rundt 100 nematodearter som er skadelige for planter (Brandsæter m.fl. 2006). Ifølge Colon (2006) er det særlig på sandjord at omfattende problemer med nematoder i kløver kan oppstå. Spesielt nematodearter med mange vertsplanter er et problem, fordi de er vanskelig å kontrollere med vekstskifte.

Magnusson & Holgado (2005) nevner fire nematodegrupper som ofte kan gjøre skade i kløver:

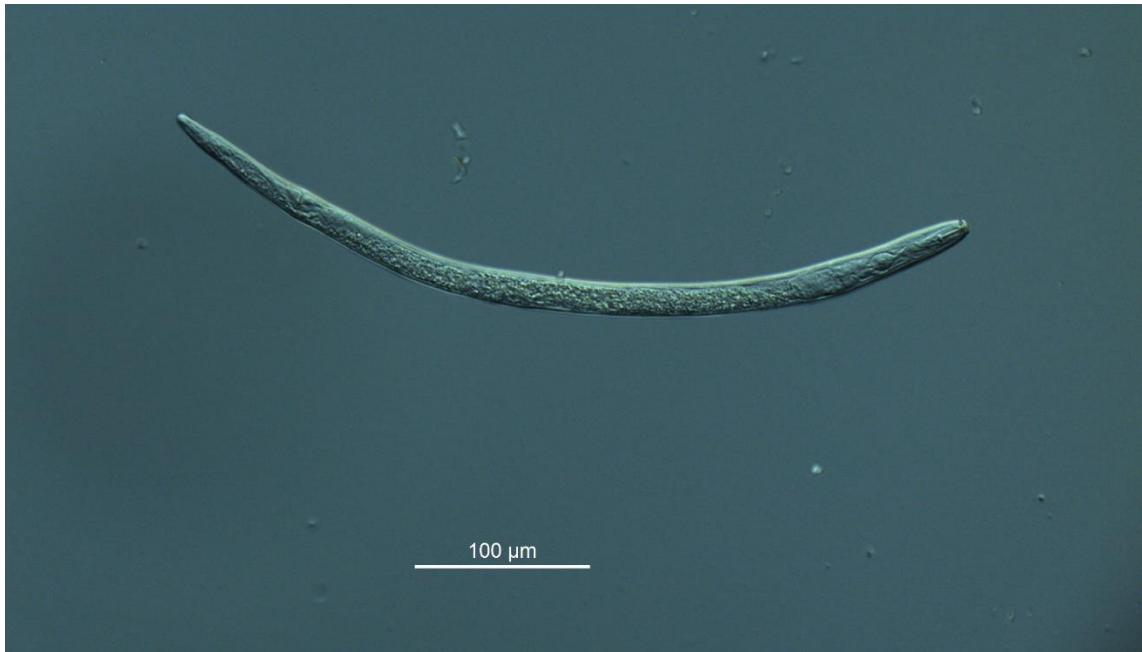
- Kløvercystenematode (*Heterodera trifolii*)
- Rotsårnematode (*Pratylenchus spp.*)
- Rotgallnematode (*Meloidogyne spp.*)
- Stengelnematode (*Ditylenchus dipsaci*)

Kløvercystenematoder (*Heterodera trifolii*) angriper først og fremst rød- og hvitkløver, men kan også overleve på lupin. Juvenilene går gjennom fire juvenilstadier før de blir voksne. Cysten (den døde hunn-nematoden) kan inneholde hundretalls egg som klekker til infektive juveniler. Juvenilene blir tiltrukket av kløverrøttens roteksudat. De trenger inn i rota, der de skiller ut stoffer som gjør at cellevegger brytes ned og flere celler smelter sammen til et slags næringsvev. Planten forsyner dette næringsvevet med næring slik at nematodene kan fullføre sin livssyklus. Hanner er meget sjeldne, og hunnene danner vanligvis egg ved partenogenese. Hunnen svulmer opp og kommer til syne på rot-overflaten. Når eggene er dannet dør hunnen og danner en cyste (Colon 2006; C. Magnusson pers. comm.). Hver cyste inneholder ca. 400 egg.



Cyster av kløvercystenematode. Eggene kan skimtes inne i cystene. Foto: Christer Magnusson

De mest vanlige rotsårnematodene i Norge er *Pratylenchus crenatus*, *P. fallax* og *P. penetrans*. De to første er funnet i hele landet, *P. penetrans* er funnet nord til Bodø. Rotsårnematoder er frittlevende endoparasitter som kan legge egg i både røtter og jord. De trives best i fuktig jord. Juvenilene klekkes når de er i stadium to, og infekterer røttene. De spiser innholdet i cellene rundt seg, noe som gir langsgående nekroseaktige flekker på røttene og kaviteter i rotbarken. Angrep gir flekkvis dårlig vekst i felt. Rotsårnematoder har ca. 400 vertsplanter, mange er viktige kulturplanter. Når de får sjansen til å oppformere seg på kløver kan de gjøre stor skade, ikke bare i eng, men også på åkervekster årene etter. Spredning skjer hovedsakelig med infisert plantemateriale, men også med infisert jord og dreneringsvann.



Rotgallnematoden Pratylenchus crenatus er funnet over hele landet. Foto: Christer Magnusson

Rotgallnematoder (*Meloidogyne spp.*) er kjent som de mest skadelige nematodene for landbruksvekster globalt. Tjue arter er funnet i Europa, flere av disse også i Norge (Holgado m.fl. 2009). Rotgallnematoder ble første gang påvist i Norge i 1927, i veksthus. Som skadegjører i kløver er *M. hapla* den viktigste. Hunnene legger sine egg i en gelatinøs eggsekk som gir eggene en viss beskyttelse. Juvenilene går ikke i dvale, og det gjør at brakking er en effektiv måte å bli kvitt rotgallnematoder på. Vertsplantenes rotsekudater eller vann stimulerer larvene til å klekke. De trenger inn i rotspissen, og injiserer stoffer som får noen celler å vokse kraftig og danne såkalte kjempeceller med tykke cellevegger. Planten forsyner nematodene med næring via kjempecellene. Juvenilene utvikler seg til hanner og hunner i planterota (Colon 2006). Rotgallnematoder har mange tofrøbladete vekster som vertsplanter, inkludert forskjellige ugrasarter. Hos vertsplanten forstyrrer de saftstrømmen i røttene, og de forstyrrer også nitrogenfikseringen. I motsetning til belgvekstenes rotknoller med nitrogenfikserende *Rhizobium*-bakterier, vokser det små røtter ut av rotgallene, slik at det er lett å skille disse gallene fra hverandre. Rotgallnematode er funnet på Sørlandet, i Rogaland og i Vestfold, men det er lite kunnskap om utbredelsen i landbruksjord lenger nord.

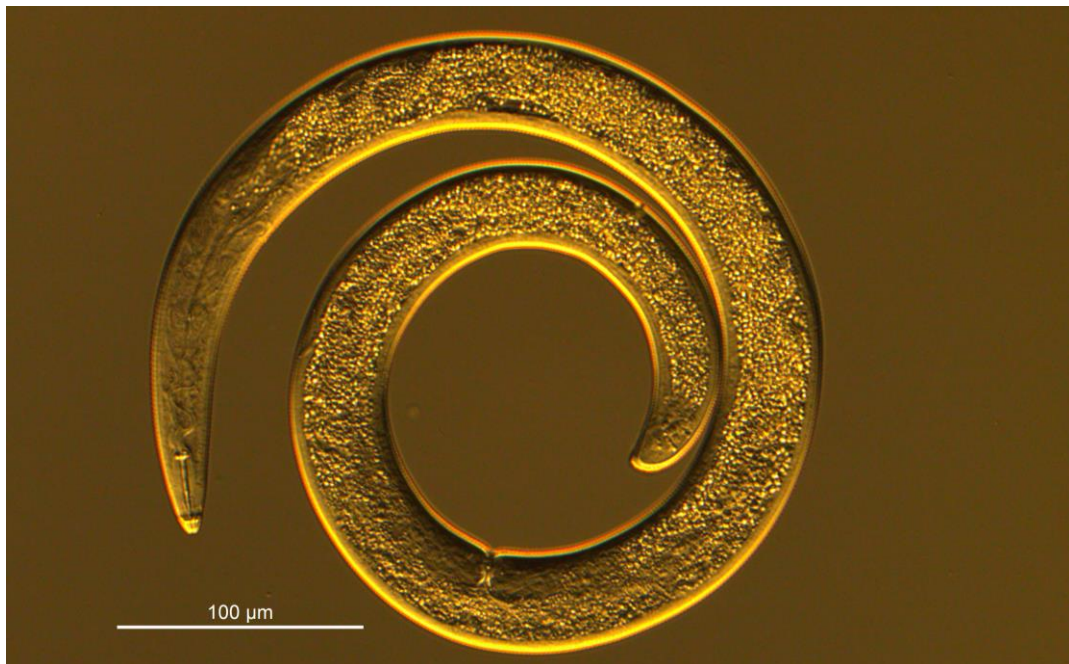
Stengelnematoder (*Ditylenchus dipsaci*) er endoparasitter, dvs. at de lever inne i vertsplanten. De legger eggene sine inne i planten. Nematodenes 4. juvenilstadium overvintrer i dvale som såkalt «nematodeull» i døde og tørre plantester. På våren blir de aktive igjen og på en fuktig dag vandrer de på jordoverflaten til en ny vert. De infiserer planten via spalteåpninger eller penetrerer epidermis direkte. Der skiller de ut et enzym som gjør at plantecellene løsner fra hverandre slik at nematodene kan bevege seg fritt mellom cellene. Nederste del av stengelen svulmer opp, og etter hvert blir plantens vekst forstyrret. Som «nematodeull» kan nematodene overleve i jorda i minst 20 år. Stengelnematoder har minst 500 vertsplanter. På 40- og 50-tallet oppsto omfattende problemer med stengelnematoder i kløverdyrking i Norden og et stort foredlingsarbeid resulterte i resistente kløversorter (Bingefors 1957). Stengelnematode er vanlig i hele landet.



Skade på kløver av stengelnermatode (*Ditylenchus dipsaci*). Foto: Gudmund Taksdal

Andre nematodegrupper som også kan gi skade på planter:

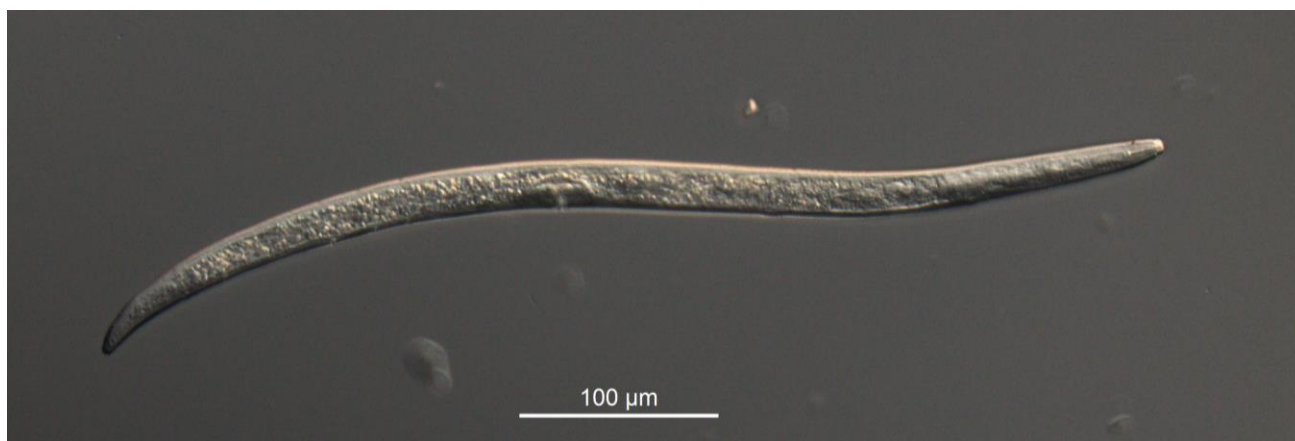
Spiralnematode (*Helicotylenchus* spp. og *Rotylenchus* spp.) kan gi skade i mange ulike kulturer. De har blitt vanligere de siste årene. Nematodene går bl.a. på bærbusker og frukttrær i Norge (Magnusson & Hammeraas 2003). Kløver kan opprettholde bestanden i jorda. Med stor tetthet kan de også gi skade på kløver (C. Magnusson pers. med. 2013). De regnes som den vanligste planteparasittære nematoden på økologisk drevet jord i Minnesota. *H. pseudorobustus* er antakelig den vanligste arten i sentrale deler av nordlige USA, men regnes som «a mild pathogen» (Chen m. fl. 2012). Registreringene i prosjektet har påvist både *H. canadiensis* og *H. pseudorobustus*.



Spiralnematode (*Helicotylenchus canadensis*). Foto: Christer Magnusson

Nålnematode (*Longidorus elongatus*) er vanlig i hele landet nord til Dyrøy og har mange kulturvekster som vertsplanter. Nematoden er særlig alvorlig i jordbær dyrking. Flere arter av gras, samt rødkløver, regnes som gode vertsplanter (Alphey 1985, Magnusson & Hammeraas 2005).

Stuntnematode (*Tylenchorhynchus* spp. og *Merlinius* spp.). Frittlevende nematoder, som i litteraturen beskrives som å kunne forårsake problemer i mange vekster, blant annet soyabønner, korn, luserne og salat. Angrep av disse gir små planter. Denne nematoden er påvist i hele landet.



Stuntnematode-hunn (Merlinius nothus), i en prøve fra kløvereng. Foto: Christer Magnusson

Stubbrot-nematode (*Paratrichodorus pachydermus*) er frittlevende og angriper røttenes apikale meristem og strekkings-sonen, noe som medfører at planten stadig danner nye røtter som angripes raskt. Dette gir rotsystemet et «stubbete» utseende. Denne nematoden er kjent nord til Vesterålen (Alphey 1985).



Stubbrot-nematode (Paratrichodorus pachydermus) fra en prøve i prosjektet. Foto: Christer Magnusson

Pin-nematode (*Paratylenchus* spp. og *Gracilacus* spp.). I litteraturen er det oppgitt at disse nematodene sjelden gir skade på plantene, bare hvis de opptrer i svært stort antall. I en undersøkelse hos grønnsaksprodusenter i Lier i 2006 ble det funnet pin-nematoder i 30 % av jordprøvene (Holgado m. fl. 2008).



Pin-nematoden Paratylenchus projectus, fra en prøve tatt i en åker med knollselleri. Foto: Christer Magnusson

Ringnematode (*Macroposthonia* spp. og flere arter i u.fam. criconematinae). I følge Magnusson & Hammeraas (2003) kan disse nematodene opptre på frukttrær i Norge. De er også oppdaget i grasplen og i kløvereng her til lands.



Ringnematode fra en prøve tatt i kløvereng. Foto: Christer Magnusson

Spisshalenematoder har en uklar posisjon som planteskadegjørere. Mange ulike spisshalenematoder ble registrert i prøvene i prosjektet: *Tylenchus*, *Coslenchus*, *Filenchus*, *Boleodorus sp.* og *Neopsilenchus*. Spisshalenematoder var tilstede på alle gårdene i Midt-Norge.

Eksempler på undersøkelser hvor nematoder er påvist som årsak til planteskade

En stor undersøkelse på 1940-tallet i Danmark viste at kløvertretthet skyldtes stengel nematoder. I det danske prosjektet «Kløvergræs i økologisk kvægbrug (Orggrass)» som ble avsluttet i 2010, ble det bekreftet at nematoder påvirker kløverplantene negativt. Det var særlig rotsårnematoder som ble observert i store mengder (Anon. 2011). I tillegg til direkte skade, gjør disse nematodene det lettere for skadelige sopper, f.eks. kløverråte, å trenge inn i røttene (Hansen & Søegaard 2009). Forskerne i prosjektet konkluderer med at også rotsårnematoder kan ha betydning for forekomsten av kløvertretthet (Eriksen 2011). På 1950-tallet ble det konstatert at dårlig kløvervekst i eng i Norge kunne skyldes ulike skadegjørere, blant annet stengel nematode (*Ditylenchus dipsaci*) (Støen 1956). Flere undersøkelser har påvist sammenheng mellom forekomst av kløvercystenematoder og redusert vekst av hvitkløver (Ennik 1982, Baars 2002, ref. i van Eekeren 2004).

Problemer med planteparasittære nematoder kan også oppstå ved intensiv dyrking av andre kulturer enn kløverrik eng. Hallmann m.fl. (2007) undersøkte forekomsten av planteparasittære nematoder på 55 økologiske gårder i Tyskland. De undersøkte særlig gårder med grønnsaks- og kornproduksjon og fant blant annet rotsårnematode (*P. penetrans*) i mer enn 90 % av prøvene. Prøver fra mer enn 200 grønnsaksjorder på disse gårdene ble undersøkt. Mer enn halvparten av jordene hvor planteparasittære nematoder ble påvist, hadde sandjord. Avlingsreduksjoner på mer enn 50 % ble registrert på 40 % av jordene. Gulrot var den kulturen som fikk størst skade (Paffrath & Frankenberg 2005). På mange av gårdene startet problemene med nematoder 5-10 år etter omlegging til økologisk drift.

Sopp

Sopp er en annen hovedgruppe av organismer som kan gi skader på kløverplanter. Det er særlig sopper som forårsaker skade i form av kløverråte og rotråte som knyttes til misvekst og skade på kløver.

Kløverråte (*Sclerotinia trifoliorum*)

Kløverråte ble først rapportert i Storbritannia i 1849, og ble påvist i Danmark og Sverige på 1870-tallet (Öhberg 2008). Kløverråte er vanlig på en lang rekke belgvekster og har lenge vært sett på som den mest alvorlige kløversjukdommen i Nord-Europa (Lager 2002). Størst problem gir kløverråte på rødskløver (Öhberg 2004, P. Marum, Graminor, pers. med. 10.2.2012), i motsetning til hvitkløver som har stoloner som kan dekke hullene i plantedekket etter planter som har gått ut pga. kløverråte (Öhberg 2004).



Skade på grunn av kløverråte på rødskløverplanter. Foto: Anne Marte Trønsmo

Kløverråte er den viktigste årsaken til at rødkløver som regel går ut etter to-tre år i eng (Lunnan, pers. med. 30.1.2012). Angrepene starter om høsten. Små, brune bladflekker er det første symptomet og etter hvert får bladene et «kokt» utseende. Skadene synes best om våren og kan minne om is- eller vannskader. Det sikreste symptomet er sklerotiene, overvintringsorganene til soppen, som ser ut som svarte, avlange klumper. Disse kan sees med det blotte øye. Sklerotiene ligger vanligvis i hvile over sommeren, og danner fruktlegemer på høsten. Disse sprer store mengder sporer som spres med vinden og infiserer bladverket til friske planter. Angrepne blader får mengder av små, svarte prikker.

Soppen kan være latent i planten til forholdene blir gunstige, for eksempel ved høy luftfuktighet. Da kan den spre seg raskt gjennom hele planten. Kløverråtesoppen kan også vokse fra plante til plante, og på den måten drepe kløverplanter flekkvis i enga. Kløverråte utvikles særlig i fuktige perioder på ettersommeren og høsten. Sklerotiene kan holde seg spiredyktige i jorda i 7-8 år (Tronsmo m.fl. 1994). Angrepsomfanget bestemmes av værforholdene, noe som gir store årsvariasjoner (Öhberg 2008). En tørr sommer fremmer overlevelsen av sklerotier, uansett temperatur, mens en fuktig sommer vil redusere antallet kraftig (Öhberg 2004). Det anbefales et vekstskifte med 4-5 år mellom kløverårene for å kontrollere kløverråte (Lager 2002). Tidlig såing og god innvintring gjør plantene mer motstandsdyktige mot angrep av soppen som forårsaker kløverråte, og dyp pløying kan begrense smitten der det har vært utbrudd tidligere (Öhberg 2008).

Undersøkelser i VARCLIM-prosjektet (2010 -2014) viste at det er forskjeller blant rødkløversorter som brukes i Norge mht. resistens mot soppen (Tronsmo, unpubl.) Tetraploide rødkløversorter viste lavere dødelighet enn diploide ved dyrking i Nord-Sverige, mens ingen slik forskjell ble påvist ved dyrking av de samme sortene i Sør-Sverige (Öhberg 2008). Av de sortene som brukes i Sverige har de seine sortene vist seg å klare seg bedre enn halvseine sorter (Öhberg 2004). I finske forsøk viste sortene 'Bjursele' og 'Betty' større motstandskraft mot soppen enn 'Jokioinen' og 'Ilte' (Yli-Mattila m.fl 2005).

Kløverrottråte (*Fusarium avenaceum*, *Fusarium sp.*, *Phoma sp.*, *Cylindrocarpon sp.*, *Verticillium sp.*)

Rotråte er et kompleks av forskjellige jordlevende sopper (Lager 2002). Kløverrottråte angriper alle engbelgvekster, men rødkløver får mest skade. Hos hvit- og alsikekløver utvikles sykdommen saktere, noe som gjør at slike planter ikke svekkes like raskt som rødkløver (Rufelt 1994). De kommer inn i plantene gjennom sår, enten i den overjordiske delen (f.eks. sår etter slått og beiting) eller i rota (f.eks. frostsprekker og insekt- eller nematodeangrep). Soppen sprer seg både opp- og nedover. Ved angrep ser plantene svake ut, noen skudd visner mens andre kan være friske. Et tegn på angrep av rottråte er at plantene lager få overjordiske skudd, og har råte i kronen. Rota blir etter hvert brun innvendig. Sjøl ved kraftige angrep inne i rota kan den se frisk ut utpå.

Rotråte skyldes ulike jordbundne patogene organismer, hvor *Fusarium avenaceum* regnes som den viktigste. Dette har blant annet blitt påvist i Finland, der årsaken til skade av rottråte på rødkløver ble undersøkt (Yli-Mattila m. fl. 2010). I denne undersøkelsen ble det påvist forskjellige patogene organismer avhengig av tidligere vekstskifte. For eksempel var *F. avenaceum* og *F. culmorum* mest vanlig på gårder med mye korndyrking. Utviklingen av sykdommen påvirkes sterkt av ulike miljøfaktorer, slik at årsakssammenhengen kan være vanskelig å se (Rufelt 1994).

På slutten av 1960-tallet fant Sundheim (1970), ref. i Henriksen (2005), at nesten halvparten av de kløverrøttene han undersøkte, hadde skade av ulik årsak allerede i 1. engår. Mange sopper ble isolert, deriblant *Fusarium avenaceum*, fra røtter med nekroser eller råte. Mange av soppene som infiserer rødkløver-røttene er regnet som svake parasitter. De angriper derfor særlig planter som er svake fra før. Er plantene svekket av f.eks. hyppig slått og beiting, konkurranse fra grasvekstene, kjøreskader, andre skadegjørere og vanskelige overvintringsforhold, gir det gunstige forhold for rottråten (Rufelt 1994). Eldre planter og planter i kjørespor er spesielt utsatt (Öhberg 2008). Öhberg & Bång (2003) antyder at sekundære angrep av rottråte kan oppstå etter primærangrep av kløverråte.

Det fins forskjeller mellom svenske kløversorter mht motstandskraft mot rottråte, selv om det ikke er snakk om resistens. I svenske forsøk fikk tetraploide sorter større skade av soppen enn diploide i de fleste tilfellene (Öhberg 2008). Motstandskraft mot andre skadegjørere, som kløverråte, virus og nematoder kan gi plantene bedre evne til også å stå imot angrep av rottråte (Rufelt 1994).

Eksempler på undersøkelser hvor sopp er påvist som årsak til planteskade

Betydningen av kløverråte som problem ble kjent på 1970-tallet i Sverige, etter en nasjonal kartlegging (Wallenhammar m.fl. 2005). I forsøk har rødkløverplantene hatt symptom på skade allerede i etableringsåret. Det vanligste problemet er imidlertid at rødkløveren forsvinner fra eng etter andre engår (Wallenhammar 2010). Öhberg (2004) hevder at kløverråte er den mest alvorlige sykdommen på kløver i Sverige, og antas å være hovedårsaken til at kløver går ut etter 2. engår. Rødkløver er spesielt mottakelig.

Forekomsten av rotråte i rødkløver ble undersøkt på fem ulike steder i Sverige. Alvorlige angrep ble påvist på alle stedene og i alle fem sortene som ble undersøkt. Bare 1,6 % av de undersøkte røttene ble bedømt som friske, mens 75 % av alle undersøkte røtter var hardt angrepet. Det var en tydelig tendens til at røttene på tetraploide sorter var sterkere angrepet enn røtter på diploide sorter i forsøket (Öhberg & Bång 2003). Andre undersøkelser har vist at skader av rotråte forårsaket av *Fusarium*-sopper er vidt utbredt på økologiske gårder i Sør- og Mellom-Sverige (Wallenhammar m.fl. 2005). I forsøk ble rødkløveren angrepet om høsten i innsåingsåret, og etter to år hadde 96 % av alle undersøkte planter symptomer på smitte. Angrepsnivået var signifikant lavere i hvitkløver. Det var liten forskjell i angrepsgrad mellom ulike sorter (Wallenhammar 2010). I sine feltforsøk fant Lager (2002) at også avlingene av hvitkløver kunne bli sterkt redusert av rotråte.



Kløverplante hardt angrepet av rotråte. Foto: Ann-Charlotte Wallenhammar

Samspill mellom ulike skadegjørere

Rotsystemet er plantens største kontaktoverflate med omgivelsene. Rotsystemet er en viktig næringsressurs for mange jordboende dyr og for mikroorganismer. Skader på røtter, f.eks. sårskader forårsaket av rotsårnematoder, stuntnematoder, spiralnematoder eller invasjon av cystenematodenes juveniler kan åpne veien for infeksjoner av mikroorganismer. Undersøkelser i Danmark har påvist høye antall av rotsårnematoder i røtter i sterkt kløvertrøtt jord, og man mener her at bla. kløverråte kan trenge inn i røttene via sårene og bidra til at plantene svekkes (Hansen & Sjøegaard 2009).

I tillegg til sårskader kan angrep fra planteparasittære nematoder sterkt forandre plantenes struktur, og forstyrre metabolisme og tilvekstregulering. Dette vil åpne for involvering av nematoder i sykdomskompleks (Magnusson 1986). Ved angrep av betecystenematode (*Heterodera schachtii*) i røtter på planten *Arabidopsis thaliana* transporteres sukrose til næringsvevet syncytiet (mangekjernet cytoplasma), som ved dette får en forhøyet konsentrasjon av sukker (Hofmann m.fl. 2007). Dette kan være tilfellet også i andre relasjoner mellom cystenematode og plante. Dette betyr at vevsforandringer som forårsakes av cystenematoder og rotgallnematoder kan fungere som et næringsrikt substrat for mikroorganismer som f.eks. sopp.

Planteparasittære nematoder og sopp har betydning for flere forhold knytta til skade på planterøtter (Evans & Haydock 1993). En har lenge hatt mistanke om at skade på planterøtter kan skyldes et samspill mellom jordboende sopper og nematoder (Powell 1971). Det har blitt påvist at rotsårnematoder, cystenematoder og rotgallnematoder kan delta i og forsterke plantesykdommer. I engbelgvekster er slike samspill mest hyppig rapportert for luserne, men det finnes grunn til å anta at liknende samspill også forekommer på kløver. Kløvercystenematode er f.eks. kjent for å delta i råteutvikling forårsaket av *Fusarium oxysporum* og *F. avenaceum* på jordkløver (*Trifolium subterraneum*) (Tronsmo m.fl. 1994). Det er sannsynlig at dette også gjelder andre arter av kløver og andre arter av sopper. Særlig er nematodeangrep kjent for å predisponere plantene for angrep også av svakt patogene sopper. Spiralnematoder kan være involvert i rotråte på flere kulturplanter (Krall 1985).

Den danske forskningen omkring årsakene til kløvertretthet konkluderer med at planteparasittære nematoder antakelig er hovedårsaken, men at jordboende sopper også kan ha betydning (Møller & Sjøegaard 2004).

Metoder

Prøvetaking

Jord- og planteprøver fra to økologiske gårder, i henholdsvis Møre og Romsdal og Nord-Trøndelag, ble analysert for nematoder i 2011, på grunn av dårlig vekst både på rødkløver og gras. Den ene av disse gårdene har det blitt tatt prøver fra i alle år fra 2012 til og med 2016, den andre ble det tatt prøver fra i 2014 og 2015.

For å få en viss innsikt i status for kløvertretthet forårsaket av nematodeangrep i Norge ble det sendt ut forespørsel om prøvetaking til landbruksrådgivere over hele landet i 2012. Prøvetaking var mest aktuelt på økologiske bruk med intensiv engdyrking i lang tid. Aktuelle steder for prøveuttak var på arealer i overgangen mellom god og dårlig kløvervekst. Noen av prøvene ble tatt på jord med godt tilslag av kløver, mens andre prøver ble tatt på jord der det er vanskelig for kløveren å trives.

Prøver fra i alt seks gårdsbruk ble tatt ut høsten 2012. På fire av gårdene ble det tatt to prøver, på to av gårdene ble det tatt fire prøver. To av gårdene lå i Østfold, to i Vest-Agder og en i Sogn og Fjordane, foruten gården i Møre og Romsdal som hadde blitt undersøkt året før. På denne gården var veksten jevnt over mye bedre enn året før, men det ble likevel tatt ut to prøver fra områder med god vekst. De fleste prøvene ble tatt av landbruksrådgivere i Norsk Landbruksrådgivning (NLR).

I 2013 ble det tatt fem prøver fra ett av jordene som det tidligere år var tatt prøver fra på gården i Møre og Romsdal. Fire av prøvene ble tatt i en vektor med ulik vekst, mens en var en samleprøve fra randsoner mellom god og dårlig vekst. I disse prøvene ble det også analysert for bakteriekonsumenter, omnivorer og predatorer blant nematodeartene. Prøvene ble tatt i september.

Etter at Landbruksdirektoratet bevilget midler til et prosjekt om kløvertretthet fra 2014 ble det mulig å utvide prøvetakingen. Med god hjelp av landbruksrådgivere i NLR ble det i 2014 valgt ut 11 gårder i Midt-Norge med ulik vekstskiftepraksis. De to gårdene det ble tatt prøver fra i 2011 var med i dette utvalget. I tillegg ble det tatt prøver fra åtte gårder i Sør-Trøndelag og ytterligere en gård i Nord-Trøndelag. På tre av gårdene var det ensidig engdyrking, uten korn i vekstskiftet. Fire av gårdene hadde vekstskifter med eng og korn, men brukte kløver som underkultur i kornet. Fire gårder hadde vekstskifter med eng og korn, uten bruk av kløver som underkultur.

Helst skal prøver for nematodeanalyser tas i grensesonen mellom god og dårlig vekst av kløver. Det var stort sett jevn vekst på de engarealene som var med i prosjektet, selv om kløverprosenten varierte fra eng til eng. Det ble dermed vanskeligere å bestemme prøvested.

I september 2014 ble det tatt prøver av både jord og planter. Jordprøvene ble tatt med en jordprøvetaker. Hver av disse prøvene bestod av åtte stikk i sjiktet 0-25 cm. Jorda fra stikkene ble blandet, og stein og gras ble fjernet. Rundt 3 dl jord av hver prøve ble brukt i analysene. Det ble sendt inn en samleprøve per gård.

I 2014 ble det også tatt planteprøver for å undersøke forekomst av råtesopper på kløverplantene. Til planteprøvene ble det gravd opp en rødkløverplante, som ble sendt inn med røtter med noe jord på, rothals og den nederste delen av bladverket.

Våren 2015 ble prøvestedene oppsøkt på nytt. Visuell bedømming av forekomst av sklerotier av *Sclerotinia* ble foretatt på prøvestedene, og det ble på nytt tatt prøver av rødkløverplanter.

Høsten 2015 ble det tatt prøver på 7 av gårdene i Midt-Norge. Utvalgskriteriet for seks av disse gårdene var høyt antall spiralnematoder i analysene fra året før. Det ble denne gangen tatt 10 prøver per gård, 5 på steder der kløveren så ut til å trives, og 5 på steder der det var lite kløver.

Nematodeprøvene i 2012-2015 ble tatt om høsten, og prøvene ble tatt på samme skifte på hver gård.

I 2016 ble det tatt prøver av jord på tre av gårdene det ble tatt prøver av i 2015. To av disse har stort sett eng i vekstskiftet, mens en gård har både korn og eng i vekstskiftet. De tre ble valgt ut på bakgrunn av høyt antall spiralnematoder i prøvene i 2015. Det ble tatt prøver på de samme stedene i april og i slutten av juni. Dette ble gjort for å få et bedre bilde av nematodeforekomsten fordi nematodenes livssyklus tilsier at antallet på et sted vil variere gjennom vekstsesongen. Begge gangene ble det tatt seks prøver per gård, tre prøver fra steder der kløveren så ut til å trives, og tre fra steder med lite kløver.

Alle prøvene som ble tatt av planter var av rødkløver. Rødkløver er den viktigste engbelgveksten i Norge.



Prøvetaking i april 2016. Åtte stikk med jordprøvetaker er tatt ut til en samleprøve i et felt med lite kløver. Foto: Anne de Boer

Analyser

Alle analyser ble utført ved det som tidligere var Bioforsk Plantehelse, og fra 1.7.2015 er NIBIO, Divisjon for bioteknologi og plantehelse, på Ås.

Nematodeanalysene omfattet jord og rødkløverplanter med røtter og rothals i 2014 og 2015. I 2016 ble det bare utført analyser av jord. Prøvestørrelsen var 250 ml jord.

Jordprøvene ble ekstrahert med Seinhorst Elutriator (Seinhorst 1988). Planteparasittære nematoder ble bestemt i familie, underfamilie og generisk nivå i Leica M10 stereomikroskop.

Prøvene som ble tatt høsten 2014 ble også analysert for forekomst av sopp. Til disse analysene ble kløverplantene skylt i rennende vann samme dag som prøvene ble tatt. Før dyrking ble rothals og rot delt på langs med skalpell, deretter inkubert på fuktig filterpapir i fuktig atmosfære ved 20 °C. Symptomer på rotråte, målt som overflatesår på røttene, nekrose inne i røttene og «decay», ble gradert som 0, 1, 2 og 3, hvor 0= ingen skade og 3= stor skade. Soppvekst ble også registrert. Registreringene ble gjort etter 1 og 2 ukers dyrking.

Rotbiter med symptomer på rotråte ble overflatedesinfisert og lagt på agar (PDA). Soppvekst ble registrert etter tre og fem dager.

Våren 2015 ble de samme prøvestedene som i 2014 oppsøkt. Visuell bedømming av forekomst av sklerotier av *Sclerotinia* ble foretatt på prøvestedene. Planterprøver ble inkubert i 4 uker med tanke på tilstedeværelse av sklerotier.

Prøvene fra 2015 ble analysert for ulike nematodegrupper, ikke bare de planteparasittære nematodene.



Nematoder i vannsuspensjon under mikroskopet. Foto: Christer Magnusson

Kunnskapsinnhenting

Det er foretatt litteratursøk gjennom hele prosjektperioden. Søket har bl.a. omfattet forekomst av kløvertretthet, og sopp som skadegjørere på kløver og planteparasittære nematoder på kløver og på andre kulturvekster. Det har også vært søkt på sammenheng mellom kløvertretthet og ulike skadegjørere, hvilke faktorer som påvirker bestanden av skadegjørere og mulige forebyggende og direkte tiltak mot kløvertretthet.

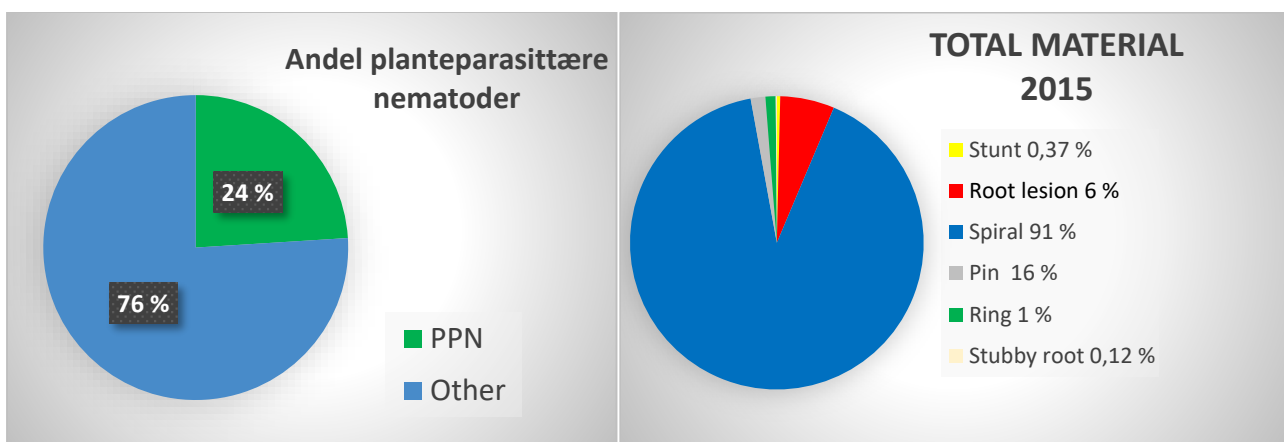
Kunnskap har også blitt innhentet gjennom kontakt med forskere i inn- og utland, blant annet i Danmark, Sverige og Nederland.

Resultater

Planteparasittære nematoders andel av nematodesamfunnet

I 2015 ble prøvene analysert for alle typer nematoder. Nematodefaunaen var dominert av andre næringsøkologiske grupper enn de planteparasitterende. De utgjorde 62-93 % av totalt antall i prøvene, og blant dem dominerte de bakteriespisende nematodene. I snitt for alle prøvene utgjorde de planteparasittære 24 % av det totale antallet nematoder. Diversiteten av planteparasittære nematoder var lav, med bare 2-4 grupper eller arter på de fleste prøvestedene. På to av gårdene ble det påvist flere, henholdsvis 5 og 8 grupper/arter.

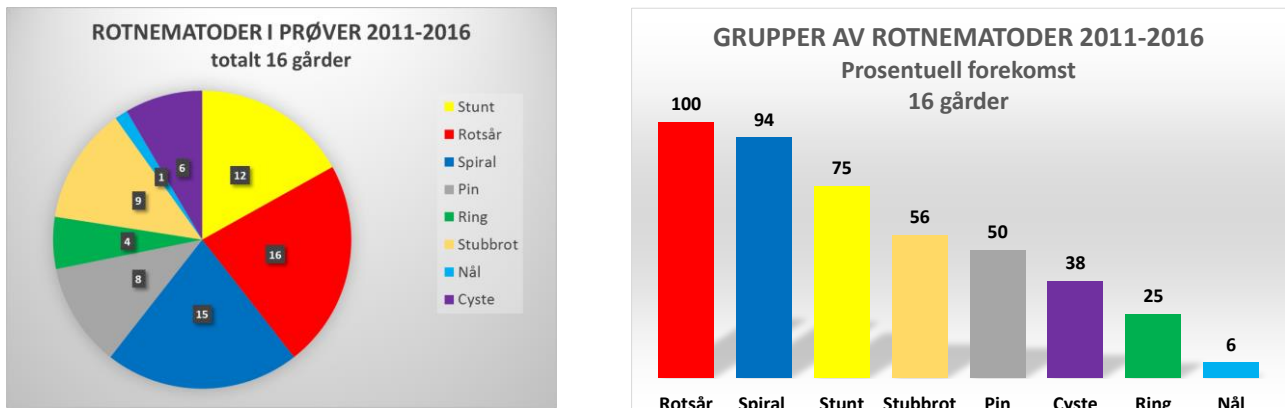
Figur 1. Diagrammet til venstre viser antall planteparasittære nematoder (PPN) i prosent av alle nematoder påvist i 2015. Diagrammet til høyre viser fordelingen av ulike grupper av planteparasittære nematoder (i prosent) av totalt antall planteparasittære nematoder i 2015.



Forekomst av planteparasittære nematoder

I perioden 2011-2016 ble forekomsten av planteparasittære nematoder undersøkt i jordprøver fra 16 gårder i Midt- og Sør-Norge (Fig. 2). Spisshaler (*Tylenchus*, *Coslenchus*, *Filenchus*, *Boleodorus sp.* og *Neopsilenchus*) var tilstede på alle gårder. Denne gruppen har en uklar posisjon som planteskadegjørere. I prøvene ble 8 slekter av rotnematoder notert. Rotsårnematoder (*Pratylenchus*) var den vanligste gruppen og ble observert på alle 16 gårdene, fulgt av spiralnematoder (*Helicotylenchus* og *Rotylenchus*) på 15 gårder, stuntnematoder (*Tylenchorhynchus* og *Merlinius*) på 12 gårder, stubbrotnematoder (*Paratrichodorus*) på 9 gårder, pin-nematoder (*Paratylenchus*) på 8 gårder, cystenematoder (*Heterodera*) på 6 gårder, ringnematoder (*Macroposthonia*) på 4 gårder og nålnematoder (*Longidorus*) på 1 gård.

Figur 2. Funn av rotnematoder i jordprøver fra 16 gårder i Midt- og Sør-Norge 2011-2016. Diagrammet til venstre viser antall gårder (i %) med funn av de ulike nematodeslektene. Diagrammet til høyre viser antall gårder med funn av de ulike nematodeslektene i prosent.

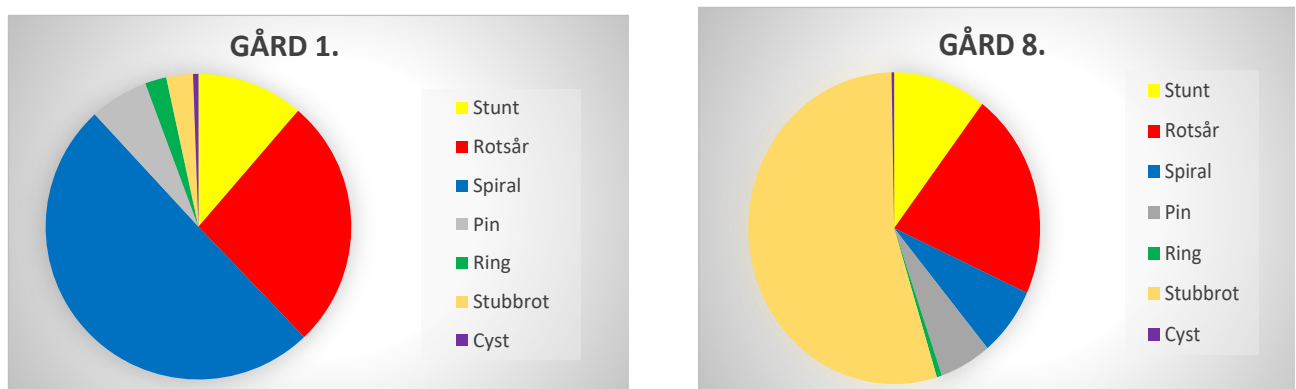


Materialet viser tydelig at rotsårnematoder er allment forekommende (100 %) fulgt av spiralnematoder (94 %), stuntnematoder (75 %), stubbrotnematoder (56 %), pin-nematoder (50 %), cystenematoder (38 %), ringnematoder (25 %) og nålnematoder (6 %).

Følgende arter ble observert: *Tylenchorhynchus dubius*, *T. maximus* og *Merlinius nothus*, alle på 1 gård, *Pratylenchus crenatus* på 8 gårder, *P. fallax* på 3 gårder, *P. penetrans* på 2 gårder, *Helicotylenchus canadiensis* på 6 gårder, *H. pseudorobustus* på 1 gård, *Paratylenchus neoamblycephalus* og *P. projectus* på 1 gård hver, *Paratrichodorus pachydermus* på 1 gård, *Longidorus elongatus* på 1 gård og *Heterodera trifolii* på 6 gårder. Dette viser at de aller vanligste artene er rotsårnematoden *P. crenatus* og spiralnematoden *H. canadiensis*.

Antall typer av planteparasittære nematoder varierte mellom gårder. Gården i Møre & Romsdal og en av gårdene i Sør-Trøndelag hadde sju grupper av typiske rotparasitter (Fig. 3), begge gårdene i Nord-Trøndelag og to av gårdene i Sør-Trøndelag hadde 4-5 grupper, mens resten av gårdene i Sør-Trøndelag hadde 2-3 typer av rotparasitter.

Figur 3. Fordelingen av ulike typer planteparasittære nematoder varierte mellom gårdene. Diagrammet til venstre viser fordelingen mellom typer på gården i Møre og Romsdal. Diagrammet til høyre viser fordelingen av ulike typer på en av gårdene i Sør-Trøndelag..



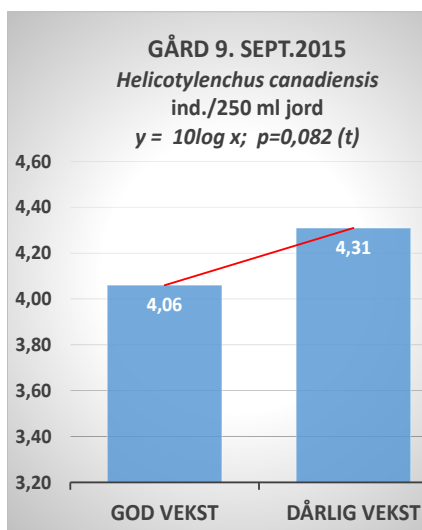
Nematodetettheter i enkeltprøver, målt som ind./250 ml jord, varierer betraktelig mellom nematodegrupper og gårder. Stuntnematoder forekom i tettheter på 0 - 97, spiralnematoder 0 - 5 713, rotsårnematoder 0 - 438, stubbrotnematoder 0 - 190, ringnematoder 0 - 113 og pin-nematoder fra 0 til 553 individer. For stuntnematoder ble den høyeste tettheten observert i en av prøvene fra Sogn og Fjordane, for spiralnematoder i en prøve fra Sør-Trøndelag, for rotsårnematoder i en prøve fra Møre og Romsdal, for stubbrotnematoder i en prøve fra Sør-Trøndelag, for ringnematoder i en prøve fra Sør-Trøndelag og for pin-nematoder i en prøve fra Møre og Romsdal.

Tabell 1. Funn av spiral- og rotsårnematoder (ind./ 250 ml jord) på en gård (nr. 9) i Sør-Trøndelag i 2016. Prøvetaking i april og i juni, prøvene tatt på steder med hhv. god og dårlig vekst av kløver.

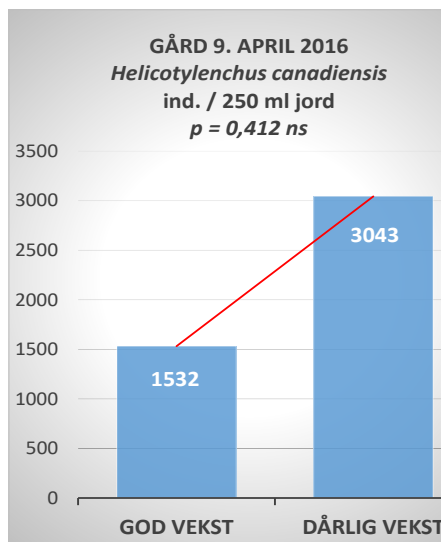
Gård nr. 9				
Nematodegruppe	April		Juni	
	Bra	Dårlig	Bra	Dårlig
Spiralnematoder	2237	1008	3500	2500
	1708	2408	4300	600
	650	5713	2800	500
Gjennomsnitt	1532	3043 (p=0,103)	3533 t (p=0,058)	1200
Rotsårnematoder	3	0	4	50
	4	129	0	20
	0	225	0	8
Gjennomsnitt	2	118	1	26

Situasjonen på gård 9 gir et godt bilde av den dynamikk vi står overfor i dette studiet (Fig. 4). I september 2015 forelå en tendens ($p=0,082$) til høyere tettheter av spiralnematoden *H. canadiensis* i dårlig kløvervekst sammenliknet med god vekst (Fig. 4 A). Forskjellen i april 2016 ser ut til at være forsterket (Fig. 4 B), men pga. den store variasjonen i tettheter (Tab. 1) er dette ikke en signifikant forskjell ($p=0,412$). Hvis verdiene fra september 2015 og april 2016 kombineres (Fig. 4 C) er det signifikant ($P= 0,047$) høyere nematodetettheter i de prøver hvor kløveren vokste dårlig sammenliknet med tetthetene i prøver fra god kløvervekst. Hvis vi sammenlikner situasjonen i april 2016 (Fig. 4 B) med tallene fra juni (Fig. 4 D) ser vi at tallene er helt forandret. Nematodetetthetene i god vekst tenderer til å være de høyeste ($p=0,058$).

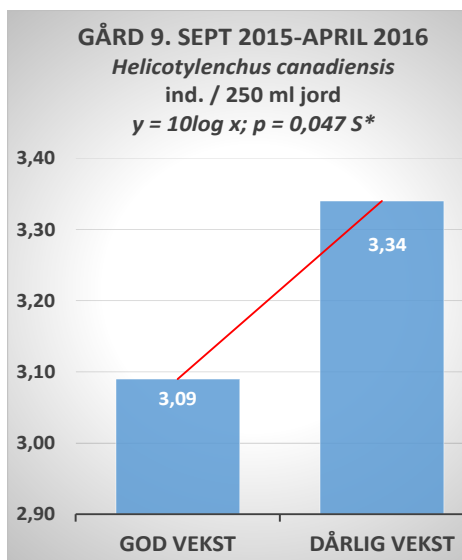
Figur 4. Populasjonsnivåer av spiralnematoden *Helicotylenchus canadiensis* (ind./250 ml jord) i forhold til god og dårlig vekst hos rødkløver på Gård 9 i Sør-Trøndelag. A. September 2015; B. April 2016; C. Verdier fra september 2015 og april 2016 kombinert; D. Situasjonen i juni 2016.



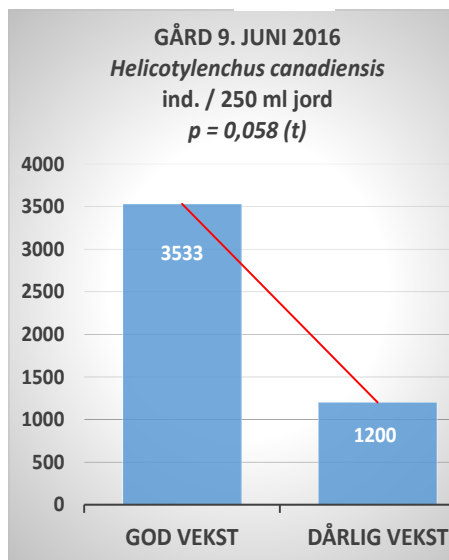
A



B



C



D

Tabell 2. Funn av spiral- og rotsårnematoder (ind./ 250 ml jord) på en gård (nr. 3) i Sør-Trøndelag i 2016. Prøvetaking i april og i juni, prøvene tatt på steder med hhv. god og dårlig vekst av kløver.

Gård nr. 3				
Nematodegruppe	April		Juni	
	BRA	DÅRLIG	BRA	DÅRLIG
Spiralnematoder	1350	2900	1050	700
	1000	650	2000	800
	1850	2500	1800	2700
Gjennomsnitt	1400	2017	1617	1400
Rotsårnematoder	100	40	4	25
	60	25	50	6
	50	24	8	10
Gjennomsnitt	70	30	21	14

På denne gården har det lenge vært stort sett dyrket eng. Det er ingen tilsvarende tendenser her mht. mer spiralnematoder der det er dårlig kløvervekst.

Tabell 3. Funn av spiralnematoder (*H. canadiensis*), gjennomsnittlig antall ind./ 250 ml jord, på to gårder i Sør-Trøndelag i 2014-16. Prøvene er tatt på steder med hhv. god og dårlig vekst av kløver.

Prøvedato	Gård nr. 9		Gård nr. 3		
	Bra	Dårlig	Bra	Dårlig	
1.-2.9. 2014	620 ¹		279 ²		¹⁾ 1-års-eng; ²⁾ 2-års-eng
Sept. 2015	1339	2075	1587	972	
15.4. 2016	1532	3043	1400	2017	
29.6. 2016	3533	1200	1617	1400	

I god vekst ser vi en økning i nematodetallene, spesielt for gård nr. 9.

Kløvercystenematoder (*Heterodera trifolii*) er kjent for å kunne gjøre skade på kløver. Forekomsten var svært begrenset i prøvematerialet. Slike nematoder ble påvist på begge gårdene i 2011. I 2012 ble de påvist på fire av gårdene, men antallet per prøve var lavt, i en prøve ble det påvist 16 cyster. Det høyeste antallet cyster ble påvist i 2013, da ble 83 stk. funnet i en prøve. Prøvene som ble tatt i 2014-2016 inneholdt svært få kløvercystenematoder.



Kløvercystenematoder ble funnet i flere prøver, men i svært begrenset antall. Bildet viser en knust cyste og dens innhold av egg og juveniler. Foto: Christer Magnusson

Forekomst av råtesopper

Alle prøvene var infisert av rotråte (*Fusarium* spp.), for det meste *F. avenaceum*. Plantene fra tre av gårdene var alvorlig angrepet, med mørkfarge på rothalsen og på innsiden av røttene. To av disse gårdene hadde ikke korn i vekstskiftet. Prøvene fra den tredje gården ble tatt fra en fem år gammel eng. Her var prosentandelen kløver den laveste blant alle prøvene som ble tatt. Kløverplantene fra de andre gårdene hadde mindre angrep av rotråte. De to gårdene hvor kløverplantene var minst angrepet av rotråte var blant de gårdene med høyest andel kløver i enga og med lavest alder på enga.

Det ble ikke konstatert kløveråte (*S. trifoliorum*) på plantene ved prøvetaking eller i observasjonsperioden om høsten. Sclerotier av denne soppen ble ikke påvist visuelt ved prøvetaking våren 2015 eller etter inkubasjonsforsøk av prøvene tatt den våren.

Det ble ikke funnet noen sterk sammenheng mellom antall nematoder i jorda og angrepsgraden av *Fusarium* på kløverplantene eller prosentandel kløverdekke i enga. Resultatene fra 2014 er publisert tidligere (Serikstad m.fl. 2015). Se vedlegg for tabell med data for funn av nematoder og sopp i 2014.

Diskusjon

At de planteparasittære nematodene inntar en relativt liten del av nematodesamfunnet kan være en effekt av det økologiske dyrkingssystemet, hvor husdyrgjødsel spiller en viktig rolle, men kan også speile en sesongdynamikk mellom nematodenes næringsøkologiske grupper. For bedre å forstå denne dynamikken må prøver tas hele året.

Rotsårnematoder var til stede i lave eller moderate tettheter på alle gårdene som det ble tatt prøver fra. Spiralnematoder og stuntnematoder var også meget vanlig forekommende. Spiralnematoden *H. canadensis* opptrer hyppig i Norge, og var den nematodearten som ble påtruffet med den høyeste tettheten, og i forbindelse med dårlig kløver-tilslag. Stubbrottnematoder (fam. *Trichodoridae*) var også vanlige i prøvene. Kløvercystenematoder forekom i lavere frekvens enn forventet.

Kløvercystenematode, rotsårnematode (*P. penetrans* og *P. crenatus*), stuntnematode (*T. dubius*) og spiralnematode (*H. canadensis* og *H. digonicus*) har ofte vært assosiert med dårlig vekst i rødkløver i Polen (Kornobis, sitert i Cook & Yeates 1993). Stubbrottnematodenes status som skadegjørere på kløver er foreløpig ukjent. Arten *Paratrichodorus pachydermus* er den vanligste og mest utbredte trichodorid-arten i Norge (Alphey 1985). Trichodorider er meget skadelige ved at de angriper apikale meristem og røttens strekkingszone (Pitcher 1967) og danner svært stubbete røtter (Zuckermann 1962). Betydningen av disse potensielt meget skadelige nematodene i kløver er ikke undersøkt.

Nematodegruppene som ble påvist stemmer godt overens med funnene i en tysk undersøkelse, hvor jord fra 12 økogårder med kløvereng deltok. Her ble i alt sju nematodegrupper påvist: kløvercyste-, spiral-, rotgall-, pin-, rotsår-, stubbrot- og stuntnematoder. En av gårdene hadde alle sju gruppene, tre av gårdene hadde seks ulike grupper i jorda. Rotsår- og stuntnematoder ble påvist på alle gårdene. Det høyeste antallet i en enkeltprøve var 480 rotgallnematoder per 100 ml jord (Vormann & Leisen 2006).

At spekteret av nematodegrupper kan variere sterkt mellom gårder er vanskelig å forklare, men kan ha forklaringsårsaker som vekstskifte, jordart, topografisk beliggenhet, vannforhold mm. Gård 1 og 9 har begge en lettere jordtype. Gård 1 har hatt ensartet kløvereng, mens gård 9 har hatt vekstskifte med grønnsaker.

I de tilfellene kløvertretthet rammer hele felt synkront er det lite sannsynlig at årsaken er nematoder. Dårlige vekstforhold, for eksempel næringsmangel, blant annet av kalium eller svovel, kan være årsak til at kløver ikke trives. Symptomene kan forveksles med kløvertretthet. Nematodepopulasjoner er imidlertid sterkt aggregert i felt (Goodell & Ferris 1990) og det er derfor mer sannsynlig at nematoder kan være involvert når symptomene opptrer flekkvis.

Resultatene fra registreringene i prosjektet viser liten sammenheng mellom forekomst av nematoder i jorda og skadeomfang på kløveren som dyrkes. I det undersøkte materialet ble planteparasittære nematoder påvist også der rødkløveren så ut til å trives godt. I enkelte tilfeller har vi imidlertid sett tendenser til at høye funn av nematoder kan kobles til svak vekst av kløver. Variasjoner mellom år og tidspunkt i sesongen gjør imidlertid resultatene usikre.

Direkte bevis for at disse nematodene forårsaker kløvertretthet finnes ikke, men i enkeltprøver ble spiralnematoder og rotsårnematoder påtruffet i tettheter som sannsynligvis er høyere enn en anslått skadeterskel på henholdsvis 3 000 og 100 ind./250 ml jord. Disse nivåene er skadelige i andre kulturer, men dessverre savner vi i dag sikker informasjon for rødkløver. Kløver er imidlertid en god vertsplante for spiral-, rotsår-, pin-, nål- og stubbrottnematoder og kan derfor bidra til at de oppformerer seg tilstrekkelig for siden å kunne gi skade på kulturer som f.eks. jordbær og gulrot.

I forbindelse med nematoders skadelighet er observasjonene fra gård nr. 3 spesielt interessante. Selvsagt kan de variasjoner vi ser være helt tilfeldige, men de kan også speile en komplisert dynamikk. Resultatet kan tyde på at spiralnematodene allerede i september 2015 begynte å nå skadelige nivåer på de steder hvor kløveren vokste dårlig. I april 2016 er variasjonen i materialet så stor at de høyere nematodetallene under dårlig kløver ikke er statistisk signifikante. Disse problemene med å kunne fastlegge statistisk sikre koblinger skyldes sannsynligvis den store variasjonen i nematodeantall i feltet. Man kan dog se et statistisk sikkert samband ved sammenslåing av nematode-tetthetene fra september 2015 og i april 2016. Vi spekulerer derfor i at *H. canadiensis* fra høsten 2015 til våren 2016 har blitt oppformert på røttene og herved skadet kløverrøttene så mye at næringsressursen til nematodene er ødelagt slik at populasjonen under de dårlige kløverplantene kollapser i juni 2016. Under god kløvervekst vil derimot *H.*

canadiensis oppformerer utover sommeren 2016. Rollen til rotsårnematodene kan også kompliseres av en liknende dynamikk i tid og rom. Arten *P. penetrans* oppgis å kunne gi 45 % avlingstap i rødkløver (Eriksson 1972).

Som nevnt varierer nematodene i antall i tid og rom. For å bedre kunne klarlegge nematodenes rolle i utgang av rødkløver trengs et større antall prøver gjentatte ganger under ett eller flere år.

Våre resultater påviste ingen sammenheng mellom forekomsten av nematoder og angrep av *Fusarium* spp. Det er sannsynlig at skader på kløverrøttene forårsaket av rotsårnematoder kan fremme en seinere infeksjon av *Fusarium* spp., men i vårt tilfelle har kanskje det begrensede tallmaterialet og den store variasjonen i antall nematoder skjult en slik mulig sammenheng. Forholdene i felt, med stor kompleksitet og store variasjoner i tid og rom når det gjelder populasjonene av skadegjørere, gjør det spesielt vanskelig å påvise slikt samspill mellom ulike skadegjørere (Powell 1979).

Nematoder har mange naturlige fiender i jorda, som sopp, bakterier, protozoer og spretthaler. Skader på nematoder, i form av blærer, forekommer ofte og tyder på angrep av *Pasteurea*-bakterier. Flere typer av nematodeparasitter, som *Paecilomyces lilacinus*, *Pochonia clamydosporea* (Holgado & Crump 2003; Holgado m.fl. 2010) og *Pasteuria penetrans* (Bioforsk unpubl.), er kjent for å forekomme og angripe planteparasittære nematoder i Norge. Vi mangler kunnskap om hvilken virkning de har og hva som skal til for at de skal trives.

Planteparasittære nematoder i økologisk landbruk

Sammensetningen av nematodepopulasjonen i jord påvirkes av måten jorda blir drevet på. Det betyr at populasjonsforskjeller kan oppstå mellom ulike driftsmetoder, som økologisk og konvensjonell drift. Dette kan skyldes flere faktorer ved drifta, f.eks. tilførsel av organisk materiale, nitrogen gjødsling, jordarbeiding og valg av kulturvekst. Forsøk har også vist at herbicider, brukt mot ugras i konvensjonell drift, kan endre nematodepopulasjonen i jord (Zhao m.fl. 2013). I dette forsøket økte mengden av bakteriespisende, omnivore og planteparasittære nematoder ved bruk av slike ugrasmidler.

Kunnskap om forekomsten av planteparasittære nematoder i økologisk landbruk er begrenset, og også hvilken skade de eventuelt gjør (Briar m.fl. 2016). Kartleggingsprosjekter på økologiske gårder viser imidlertid at mange planteparasittære nematodegrupper kan være til stede. I en undersøkelse av 55 økologiske gårder i Tyskland med grønnsaks- og kornproduksjon ble produsentene spurt om når problemer med nematoder oppsto. Rundt 20 % av de 40 som svarte hadde merket problemene fra første år etter omlegging, mens 40 % av dem som svarte fikk problemer først etter mer enn 10 år etter omlegging. Forskerne antyder at endring til mer permanent plantedekke og et mer allsidig vekstskifte ved omlegging har gitt planteparasittære nematoder med mange vertsplanter gode vilkår (Hallmann m.fl. 2007).

Få undersøkelser er gjort i økologisk engdyrking. Van Eekeren m.fl. (2004) fant kløvercystenematoder på fem av åtte økologiske gårder med mjølkeproduksjon i Nederland. Femtiseks prosent av de undersøkte prøvene inneholdt moderate til høye mengder nematoder. Mengden nematoder var ikke relatert til antall år siden omlegging og antall foregående år med kløver.

Noen flere undersøkelser er utført i vekstskifter med ettårige vekster. I staten Minnesota ble 108 jordprøver fra økologiske gårder i fire regioner analysert for innhold av planteparasittære nematodegrupper. Elleve ulike nematodegrupper ble registrert. Forekomsten og mengden av de ulike gruppene varierte mellom de fire regionene. Spiralnematoder (*Helicotylenchus*) ble funnet i 42 % av prøvene. Ellers var det gruppene cystenematoder (*Heterodera*), rotsårnematoder (*Pratylenchus*) og stuntnematoder (*Tylenchorhynchus*) som ble påvist flest steder. Rotgallnematoder ble bare funnet i noen få av prøvene. Prøvene ble tatt av jord hvor det ble dyrket ulike vekster, både korn, grønnsaker og fôrvekster. For de fleste nematodegruppene var det ikke korrelasjon mellom antall nematoder og faktorer som organisk materiale i jord og pH (Chen m. fl. 2012).

En tysk studie på økologiske gårder med korn- og grønnsaksproduksjon påviste stunt- og rotsårnematoder i mer enn 90 % av prøvene som ble tatt, mens mer enn halvparten av prøvene også inneholdt rotgallnematoder. Det var også mange prøver som inneholdt pin-nematoder. Cystenematoder og stubbrotnematoder ble påvist i rundt halvparten av prøvene fra gårder med mye korndyrking (Hallmann m.fl. 2007).

I Egypt ble nematodebestanden registrert i prøver av jord hvor det ble dyrket grønnsaker, frukt og urter økologisk. Elleve ulike nematodegrupper ble påvist. Rotgallnematoder (*Meloidogyne*) var til stede i rundt halvparten av de i alt 216 prøvene. Stuntnematoder (*Tylenchorhynchus*) ble påvist i rundt en tredjedel av prøvene. Spiralnematodene *Rotylenchus* og *Helicotylenchus* viste høyest konsentrasjon, med mer enn 2000 individer per 100 g jord. Det var færre nematoder i 2011 sammenlignet med 2009, noe som forklares med ulike agronomiske og klimatiske forhold i de to årene. Forskerne konkluderer med at planteparasittære nematoder utgjør en alvorlig trussel mot økologisk dyrking i tørt klima (Adam m.fl. 2013).

Sammenlignende studier

Studier som har sammenlignet konvensjonell og økologisk drift med hensyn til forekomst og skade av planteparasittære nematoder har gitt forskjellige resultater. I en oversikt utarbeidet av Briar m.fl. (2016) presenteres noen av disse undersøkelsene. Griffiths m.fl. (1994) og Ferris m.fl. (1996) fant færre slike nematoder ved økologisk drift. Resultatene varierte imidlertid mellom ulike nematodearter. Større forekomst av rotsårnematoder ved økologisk drift ble observert av Berkelmans m.fl. (2003) og van Bruggen & Termorshuizen (2003) fant flere rotgallnematoder i jord fra slik drift sammenlignet med konvensjonelt drevet jord. Derimot fant Briar (2007) færre rotsårnematoder etter fire års omlegging til økologisk drift, sammenlignet med konvensjonell drift.

Forskjeller i nematodepopulasjonen mellom økologisk og konvensjonell drift ble påvist av Quist m.fl. (2015), som fant forskjeller mellom driftsformene for tre av 13 ulike nematodegrupper. Noen av de bakteriespisende nematodegruppene var vanlige ved økologisk drift, mens de var nærmest fraværende i jorda med konvensjonell og integrert drift. Det motsatte var tilfelle for en annen nematodegruppe. Forfatterne antyder at enten økt tilførsel av organisk materiale eller fravær av pesticider i det økologiske systemet kan ha størst betydning for forskjellene.

Noen studier konkluderer med at gir økologisk drift flest planteparasittære nematoder, sammenlignet med konvensjonell drift, bl.a. Kapp m.fl. (2014). Det samme resultatet gav et annet forsøk, hvor forekomsten av nematoder ble undersøkt på parvis like arealer i USA mht. jordtype, men med ulike driftsmåter. De parvise prøvene ble tatt hhv. på jord som hadde blitt omlagt til økologisk for minst åtte år siden og konvensjonelt drevet jord. Planteparasittære og bakteriespisende nematoder var størst i antall, både i økologisk og konvensjonelt drevet jord. Begge disse nematodegruppene hadde imidlertid flest individer i den økologisk drevne jorda, noe forfatteren forklarer med et større mangfold av vertsplanter på det økologiske arealet, sammenlignet med konvensjonelt areal (Neher 1999). Mer ugras og dermed flere vertsplanter er også en av forklaringene Briar m.fl. (2016) har på at forekomsten av planteparasittære nematoder kan være større i økologisk landbruk, sammen med bruk av belgvekster i næringsforsyningen og kontinuerlig plantedekke for å hindre næringslekkasje.

Andre undersøkelser viser derimot at økologisk drift gir lavest antall planteparasittære nematoder, sammenlignet med konvensjonell drift. I et sammenlignende forsøk i Ohio i USA ble totalt antall planteparasittære nematoder redusert i det økologiske systemet, sammenlignet med antallet i det konvensjonelle, etter fire år med slik drift. I det konvensjonelle systemet ble det gjødslet med mineralgjødsel og dyrket mais og soya, i det økologiske systemet ble det tillegg dyrket havre og eng. Her ble det gjødslet med husdyrgjødsel (Briar m.fl. 2005).

Tsiafouli m.fl. (2007) refererer forskere som har kommet til samme konklusjon, at antall planteparasittære nematoder reduseres ved omlegging til økologisk drift, bl.a. Widmer m.fl. (2002) og Akhtar & Mahmood (1996), og at antall bakteriespisende nematoder øker ved omlegging fra konvensjonell til økologisk drift (Neher & Olson 1999, García-Álvarez m.fl. 2004).

Endringen av sammensetningen av nematodefaunaen forsterkes med antall år etter omlegging til økologisk. Dette var konklusjonen da forskere registrerte nematodeforekomsten i jord hvor det ble dyrket asparges. Jord med konvensjonell aspargesdyrking ble analysert, sammen med jord under omlegging til økologisk, og jord som var drevet økologisk i 4 eller 5 år. Mangfoldet av nematoder økte gradvis etter omlegging. De fant også at det ble flere bakterie- og sopp-spisende nematoder etter omlegging til økologisk, samtidig som mengden planteparasittære nematoder ble redusert. Bakteriespisende nematoder, blant annet *Heterocephalobus*, utgjorde nær halvparten (48 %) av nematodene i økologisk drevet jord. I jorda som ble drevet konvensjonelt økte imidlertid andelen planteparasittære nematoder og utgjorde 50 % av det totale antallet, mens bakteriespisende utgjorde 30 %. Det var flest av spiralnematoder (*Helicotylenchus*), ved innhøsting utgjorde de hele 50 % av nematodene i konvensjonelt drevet jord. Forekomsten av stuntnematoder (*Tylenchorhynchus*) ble også redusert etter omlegging til økologisk (Tsiafouli m.fl. 2007).

En viktig forskjell mellom driftsmetodene er type og mengde gjødsling. Flere studier konkluderer med at uorganisk gjødsling øker forekomsten av nematoder som lever av planterøtter, bl.a. Tsiafouli m.fl. (2007). I en frukthage ble nematodeforekomsten brukt for å måle virkningen på agroøkosystemet ved tilførsel av ulike mengder ammoniumnitrat. Jorda hadde på forhånd ikke vært gjødslet på seks år. Bakteriespisende og planteparasittære nematoder var de vanligste nematodegruppene både i ugjødslet og gjødslet jord. Antallet planteparasitterende nematoder var lavere i jord gjødslet med 10 kg N/daa, enn i ugjødslet jord og jord gjødslet med 20 kg N/daa. Forskerne

konkluderer med at tilførsel av 20 kg N/daa forstyrret jordas økosystem og hadde effekt på sammensetningen av nematodegruppene (Azpilicueta m.fl. 2014).

Forsøk har også vist at ulike typer uorganisk gjødsel kan ha ulik virkning på nematodepopulasjonen. Pan m.fl. (2015) fant at uorganisk nitratgjødsel reduserte antall planteparasittære nematoder og økte antall bakteriespisende nematoder i forhold til total mengde nematoder, mens ammoniumkarbonat delvis hadde den motsatte effekten.

I et forsøk hvor gjødsling med høy fra hamp ble sammenlignet med ammoniumnitrat, ble antall planteparasittære nematoder redusert ved bruk av den organiske gjødsla i forhold til den mineralske gjødsla. Forskerne konkluderte dessuten med at den organiske gjødsla bidro til å opprettholde et høyere antall nematoder knyttet til næringsomsetningen i jorda i forhold til gjødsling med ammoniumnitrat (Wang m.fl. 2006).

Bruk av organisk gjødsel gir gode vilkår for jordlivet, og kan gi større biologisk mangfold og større aktivitet i jorda (Hallmann m.fl. 2007). Fravær av kjemiske sprøytemidler er også positivt for det biologiske mangfoldet i jorda (Lager 2002). Et stort biologisk mangfold kan bl.a. omfatte mange fiender av de planteparasittære nematodene, som sopp, bakterier, virus og spretthaler. Adam m.fl. (2014) undersøkte forekomsten av rotgallnematoder i tre jordtyper, både i ubehandlet og sterilisert form. I alle tre jordtypene ble det utviklet signifikant færre rotgallnematoder på tomatplantene i den ubehandlete jorda enn i den steriliserte jorda. Antall egg ble redusert med 93 %. Forskerne antar at dette skyldes mikrolivet i jorda.

Frittlevende nematoder ble registrert på 6 økologiske og 19 konvensjonelle gårder med potetdyrking i Västra Götaland i Sverige. Det var færre rotsårnematoder og stubbrotnematoder på de økologiske gårdene enn på de konvensjonelle gårdene. På de økologiske gårdene var det i snitt 30 stubbrotnematoder og 246 rotsårnematoder per 250 g jord. På de konvensjonelle gårdene var de respektive tallene 40 og 408 individer per 250 g jord. Forfatterne konkluderer med at en forklaring på forskjellene kan være det fins flere organismer i jorda på de økologiske gårdene som virker som antagonister og dermed holder populasjonen av de planteparasittære nematodene nede (Andrae 2011).

Naturlige fiender til planteparasittære nematoder er kjent fra litteraturen, men lite forskning er gjort. Molendijk (2006) fant at med naturlige fiender til stede i jorda trengtes det opptil 50 ganger flere planteparasittære nematoder for å gi like mye skadesymptomer på potet som der det ikke var naturlige fiender. Men han konkluderer med at de trenger et høyt antall nematoder for å overleve, fordi de er spesialiserte. Effekten av disse kommer derfor etter at skaden på avlingene allerede har skjedd. Som kontrollmetode vil naturlige fiender ikke være tilstrekkelig alene.

Flere studier har vist at tilførsel av husdyrgjødsel øker antall bakteriespisende nematoder (Birkhofer m.fl. 2008). Van Eekeren m.fl. (2009) fant at fordelingen mellom de ulike nematodegruppene endret seg med ulike typer gjødsling til eng. Det var flere bakteriespisende bakterier i jord gjødslet med husdyrgjødsel, og flest planteparasittære nematoder i jord gjødslet med uorganisk nitrogen gjødsel i form av kalsiumammoniumnitrat.

Hallmann (2006) påpeker at husdyrgjødsel generelt har en god fytosanitær virkning og dermed kan redusere skadene av planteparasittære nematoder. Ulike husdyrgjødseltyper, f.eks. bløtgjødsel kontra aerobt kompostert husdyrgjødsel, kan tenkes å ha ulik virkning. Men Birkhofer m.fl. (2008) fant ingen signifikante forskjeller mellom gjødseltypene da de registrerte antall individer blant de ulike nematodegruppene i jord gjødslet med kompostert husdyrgjødsel og vanlig bløtgjødsel gjennom 27 år.

Hallmann m.fl. (2007) oppgir at det ikke er klare tendenser mellom økologisk og konvensjonell drift mht. forekomsten av planteparasittære skadegjørere og skadeomfang på avling, men at årsakene til skade likevel kan være forskjellige.

Andre faktorer enn driftsmåte kan ha større betydning på nematodepopulasjonen i jord enn driftsmåten. Briar m.fl. (2011) og Briar m.fl. (2012) sammenlignet ulike driftssystem og ulike vekstskifter med blant annet jordtype og sted. Disse undersøkelsene viste at fordelingen av ulike aggregatstørrelser i jorda og historikken på arealene påvirket nematodepopulasjonen mer enn driftsform og vekstskifte.

I en tysk undersøkelse med nematoderegistreringer i kløverrik eng deltok konvensjonelle gårder som var naboer til økologiske gårder. Ut fra resultatene konkluderer forskerne med at der det ble registrert et høyt antall planteparasittære nematoder ikke kunne påvises en sammenheng med verken økologisk drift eller antall år med kløver i vekstskiftet (Vormann & Leisen 2006).

Briar m.fl. (2016) mener at cystenematoder, rotgallnematoder og rotsårnematoder er de som gir størst økonomisk skade i økologisk landbruk. De konkluderer med at økologisk landbruk har de samme problemene med plante-parasittære nematoder som det konvensjonelle landbruket har.

Tiltak mot nematodeskader i økologisk landbruk

Hallmann (2006) oppsummerer hvordan nematodeskader kan unngås i økologisk landbruk. Først og fremst er det viktig å vite hvilken organisme som gir skade. Tiltak som virker mot en skadegjører, kan fremme andre. Ingen av tiltakene virker mot alle skadegjørere og det kan være en fordel å velge tiltak etter den organismen som gjør størst skade. Følgende tiltak nevnes som aktuelle for å kontrollere nematoder i ulike kulturer i økologisk landbruk:

- Bruk av arter som ikke er vertsplanter
- Ugraskontroll
- Resistente sorter
- Bruk av fiendeplanter, f. eks *Tagetes patula* mot rotsår- og pin-nematoder
- Fangplanter, f.eks. oljereddik mot rotgallnematoder og cystenematoder
- Brakking
- Såtidspunkt
- Biofumigasjon
- Damping av jord i veksthus

De følgende kapitlene omhandler de enkelte tiltakene. Det er særlig de tre første tiltakene som er aktuelle for å kontrollere nematodeskader i kløverdyrking.



Kløverrik, økologisk førsteårseng – uten tegn til kløvertretthet! Foto: Anne de Boer

Virkemidler mot kløvertretthet

Myndighetene har mulighet til å innføre virkemidler med mål om å begrense problemer knyttet til kløvertretthet. Det forutsetter en erkjennelse av at skadeomfanget kan bli stort hvis ikke vi øker kunnskapsnivået og en vilje til å gjennomføre tiltak som kan redusere skadene. Oppmerksomheten rundt kløvertretthet som problem er generelt liten. Det er et helt annet nivå på vektleggingen av problemer knytta til f.eks. potet- og korncystenematoder, eller sopp-sykdommer med et raskt angrepsforløp. Da potetcystenematoder ble oppdaget i 1955, ble det allerede året etter innført lovreguleringer for å redusere skadeomfanget (Mathiesen 2014).

Nasjonal innsats mot skadegjørere i kløver?

Symptomer på kløvertretthet er et diffust problem, og som kan bli forklart på andre måter enn som angrep av jordboende skadegjørere. Identifisering av hvilken organisme som gir misvekst på kløver er avgjørende for å kunne sette inn de rette tiltakene. Generell kunnskap om utbredelse av de ulike jordboende skadegjørerne danner grunnlaget for mer målretta analyser på steder hvor problemer blir påvist.

En ekspertgruppe i regi av EU har vurdert status for integrert plantevern mot jordboende skadegjørere, som sopp og nematoder. De nevner en rekke generelle hindringer knyttet til kontroll av jordboende skadegjørere. Flere av dem er relevante for de mulige årsakene til kløvertretthet (Anon. 2015):

- Få nematologer til å arbeide med kartlegging og forskning
- Mangel på oppmerksomhet rundt problemet
- Mangel på kunnskap og liten tradisjon for å analysere jordprøver
- Liten vektlegging av problemet i landbruksutdanninga
- Stadig større driftsenheter – vanskelig for bøndene å ha bevissthet omkring jordforholdene
- Mye leiejord – begrensa satsing på langsiktige og preventive mottiltak

For planteparasittære nematoders vedkommende er det liten kunnskap blant landbruksrådgivere og produsenter om aktuelle skadegjørere og skader som disse nematodene kan gjøre på kløver. Det er svært få nematologer i Norge og ellers i Europa og innsatsen innen nematologi har blitt redusert i forhold til tidligere. Registreringsarbeidet har også vært begrenset i seinere år, det er lenge siden det ble foretatt landsdekkende undersøkelser. Det er viktig med kompetanse innafor landets grenser. Kjennskap til lokale forhold er avgjørende for dem som skal analysere med slike jord- og planteprøver og siden gi råd på bakgrunn av resultatene. Kunnskapen om utbredelsen av kløverråte og rotråte i Norge er også begrenset.

Det trengs derfor midler til et nasjonalt registreringsarbeid for de viktigste jordboende skadegjørerne i kløver. For å kunne gjøre seg best mulig nytte av resultatene, må forskningsinnsatsen på området styrkes. I tillegg må kunnskap om skadegjørerne spres, i første omgang gjennom undervisning på ulike nivå av landbruksutdanninga. Landbruksrådgivere trenger bedre kunnskap om skadegjørerne og hvilke tiltak som kan settes inn mot dem. Styrking av kunnskapsnivået hos produsentene vil dessuten ha avgjørende betydning. En godt oppbygd jordanalyse-tjeneste, med god kapasitet og lave priser, vil lette arbeidet med å kunne sette inn rett tiltak mot rett skadegjørere.

Nasjonal innsats mot potetcystenematode

Til sammenligning har det i mer enn 50 år vært gjort en innsats på nasjonalt nivå for å kontrollere potetcystenematode (PCN). Potetcystenematode er definert som karanteneskadegjørere i Norge. Gul og hvit potetcystenematode (PCN) er regulert i forskrift om planter og tiltak mot skadegjørere og er dermed forbudt å introdusere og spre. Forskriften omhandler tiltak knyttet til resistente potetsorter og vekstskifte. Konstant kontroll av felt med sertifiserte settepoteter og forbud mot import av settepotet er blant tiltakene som er satt i gang (Holgado & Magnusson 2014). Forskriften gir dessuten Mattilsynet hjemmel til å foreta kartlegging av forekomst. Et flerårig kartleggingsprogram for potetcystenematode ble startet av Mattilsynet i 2009, hvor målet var å undersøke jord fra alle potetprodusenter som mottar produksjonstilskudd. Fram til 2012 var det analysert mer enn 10 000 prøver (www.potet.no). I 2010 ble det vedtatt ny forvaltningsstrategi for PCN, som har bidratt til økt bevissthet om smittestatus på potetarealer (Røyneberg 2014). I 2011 ble retningslinjene for forvaltningspraksis ved påvisning av gul og/eller hvit potetcystenematode oppdatert, for å sikre enhetlig forvaltning når PCN blir påvist.

Norske myndigheter har hatt et strengt regelverk for dette, sammenlignet med andre land. Innsatsen som har vært gjort i Norge for å registrere og kontrollere potetcystenematoder har vist at systematisk innsats er svært nyttig. Det har hindret spredning av skadegjørerne og det har vært mulig å unngå bruk av nematicider (Mathiesen 2014).

I tillegg til potetcystenematode er stengelneematode også definert som karanteneskadegjørere.

Resistensforedling

Myndighetene kan også legge til rette for økt satsing på foredling av rød- og hvitkløver med tanke på resistens/toleranse mot angrep av nematoder og råtesopper. Sortsresistens mot nematoder betyr ikke at sorten ikke kan skades av nematodeangrep, men at nematodene hemmes helt eller delvis i å øke i antall. Dermed kan resistente sorter fungere som fangvekster ved at de lokker nematodene til klekking og infeksjon, men de klarer ikke å utvikle seg (Magnusson 2014). Foredling for resistens hos rødkløver mot stengelneematode (Bingefors 1957) var tidligere en viktig grunn til at skadeomfanget av nematoden kunne reduseres. I Sverige var det fram til 1970-tallet et foredlingsprogram for rødkløver som omfattet resistens mot ulike raser av stengelneematode. Denne foredlingsstrategien har redusert stengelneematodenes betydning kraftig (Engqvist 2002). Slik foredling og testing gjøres ikke lenger, noe som på sikt kan medføre økt skadeomfang, særlig i rødkløver (Brandsæter m.fl. 2006). Bekjempelse ved hjelp av resistens forutsetter god kjennskap til arter og patotyper av nematoder som fins, slik at sorter med riktig resistens kan benyttes. Per i dag er det kun to sorter av rødkløver (de danske sortene Raja og Titus) som er resistente.

Kløverråte og rotråte er begge vanlige i svensk engdyrking, og gjør sannsynligvis skade også i Norge. De forårsaker alvorlig skade på rødkløver og kan bidra til at plantene går ut etter få år. Motstandsevne mot jordboende patogener er et viktig mål for foredling av rødkløver i Sverige (Nilsson-Linde m.fl. 2014).

Tetraploide sorter er generelt mer motstandsdyktige mot kløverråte, men mer mottakelige for rotråte enn de diploide sortene. Rødkløversorter som blomstrer seint er mer motstandsdyktige mot begge sykdommene enn sorter som blomstrer tidlig. Soppen som forårsaker kløverråte omfatter flere genotyper, som har ulik evne til å utvikle sykdom på kløver. Generelt forårsaket genotypene fra Nord-Sverige størst skade på plantene, men aggressive genetiske linjer fra Sør-Sverige ble også identifisert. Ved hjelp av kuldebehandling kunne svenske forskere identifisere graden av resistens mot kløverråte hos ulike rødkløversorter (Öhberg 2008). I et forsøk med fem rødkløversorter hadde den nordlige sorten 'Nord' signifikant mindre rotråteangrep enn flere av de andre sortene. Forsøket ble utført på fem ulike steder i Sverige, og alvorlige rotråteangrep ble påvist i alle fem sortene på alle stedene (Öhberg & Bång 2003). I et annet svensk forsøk ble sju ulike sorter ble testet. De to norske sortene 'Lea' og 'Reipo' var med i forsøket, men var ikke mer resistente mot rotråte enn de svenske sortene. I forsøket var det ingen forskjell i angrepsnivå mellom noen av sortene (Wallenhammar 2010).

I et finsk forsøk var rødkløversortene 'Betty' og 'Bjursele' mer motstandsdyktige enn sortene 'Jokioinen' og 'Ilte' mot rotråte (Yli-Mattila m.fl. 2005).

I et nederlandsk forsøk ble to sveitsiske rødkløversorter sammenlignet med fire nederlandske rødkløversorter, for å vurdere varigheten. Kløveren ble dyrket sammen med flerårig raigras og hvitkløver. De sveitsiske sortene omtales som «mattenklee» i motsetning til «ackerklee», men begge deler er *Trifolium pratense*, rødkløver. Mattenklee-sortene bygger på lokale sorter i Sveits, avlet for varighet, ved at frø tidligere bare har blitt høstet av gamle planter. Mattenklee-sorter kan være både di- og tetraploide. I forsøket i Nederland hadde den tetraploide mattenklee-sorten Astur best overlevelse av alle, med 74 % kløver i 4.slåtten i 2.engår (Iepema m. fl. 2006).

Resultatene og erfaringene som er referert her, viser at resistens som et av målene i kløverforedlinga bidrar til å redusere forekomsten av kløvertretthet. Dette gjelder uansett om det er sopp eller nematoder som er årsaken til kløvertretthet. Svenske forskere påpeker nødvendigheten av sortsforsøk med avlingsregistreringer i minst tre engår for å kunne bedømme nye sorter på en god måte (Nilsson-Linde m.fl. 2014).

Det er særlig mot skadegjørere med mange vertsplanter at resistensforedling er nyttig, fordi det er vanskelig å lykkes med andre tiltak, som f.eks. vekstskifte. Foredlingsarbeid mot stengelneematode, som har mange vertsplanter, er et eksempel på at utvikling av resistente sorter har vært viktig.

Ut fra våre funn av spiralnematoder bør sortsmaterialet for nye rødkløversorter testes for resistens mot *H. canadiensis*.

Kontrollstrategi

Problemer knyttet til jordboende skadeorganismer, som nematoder, i kulturer som potet, korn og grønnsaker er kjent. Mye tyder på at tilsvarende problemer kan komme til å øke i engdyrking, med symptomer som kløvertretthet, både i konvensjonelt og økologisk landbruk. Registreringene i prosjektet viser at ulike planteparasittære nematoder kan forekomme i forholdsvis stort antall på bruk med engdyrking. Fra tidligere er det kjent at sopper som kløverråte og rotråte kan gjøre stor skade på kløver. Det kreves imidlertid langt flere registreringer for å kunne si noe generelt om forekomsten av slike skadegjørere ulike steder i Norge og dermed hvilken betydning de har for utbredelsen av de vekstproblemene som med en samlebetegnelse kalles kløvertretthet. Per i dag er kunnskapen om utbredelsen av de aktuelle skadegjørerne svært begrenset. Dette gjelder ikke minst plante-parasittære nematoder, hvor det også er nødvendig å ha arts kunnskap for å kunne sette inn riktige tiltak.

Ekspertgruppen i regi av EU, som vurderte status for integrert plantevern mot jordboende skadegjørere, valgte å legge vekt på en strategi knyttet til jordhelse. Deres strategi for jordhelse kombinerer følgende elementer (Anon. 2015):

- Hindre spredning av skadegjøreren
- Registrering
- Vekstskifte
- Tilleggstiltak

Jordhelse defineres av denne ekspertgruppen som mer enn fravær av sykdom og omfatter derfor også jordas evne til å opprettholde balanse mellom ulike organismer, slik at for eksempel skadegjørere ikke oppformerer til et nivå som skader kulturplantene. Ekspertgruppen mente at lite biologisk mangfold og dårlig jordstruktur er viktige årsaker til at ulike skadegjørere kan forekomme i skadelige mengder.

Strategi for nematodekontroll

I Nederland har det lenge blitt satt inn ressurser for å finne tiltak som kan erstatte bruken av kjemiske sprøytemidler mot nematoder. Det er utviklet en integrert kontrollstrategi hvor nematicider bare brukes i nødstilfelle. Strategien bygger på et økonomisk forsvarlig vekstskifte på gardsnivå, avhengig av nematodetilstanden på gården. Nøyaktig kunnskap om hvilke nematodegrupper som er tilstede, vertsplanter for disse og hvilke planter som nematodene ikke trives med, er helt nødvendig for å lykkes.

Figur 5. Skjematisk framstilling av kontrollstrategien mot nematoder i Nederland (NCS). Strategien gjelder for åkervekster. Etter Molendijk & Korthals (2006).



På bakgrunn av denne strategien er det utarbeidet tabeller for de viktigste kulturplantene og de viktigste nematodegruppene. Disse er utarbeidet som redskap for rådgivere og produsenter (Molendijk & Korthals 2006). Disse tabellene er seinere også tilpasset for bruk i Tyskland, se utsnitt av tabellen i figur 6.

Figur 6. Utsnitt av tabell for vertsplanter for noen nematodearter. Tabellen er informasjonsrik: Fargene angir grad av mottakelighet for skade for de enkelte kulturplantene. Tegnene i rutene angir i hvilken grad vekstene stimulerer til formering av nematodene. Grå farge - vertsplante. R – sortsavhengig. Hvit rute eller O betyr ukjent. Etter Frankenberg & Paffrath (2004).

Nematodenarten	Gallenbildende Nematoden					Wandernde Wurzelneematoden						Blatt u. Stängel Nematoden		Zystenbildende Nematoden								
	Meloidogyne hapla	Meloidogyne naasi	Meloidogyne chitwoodi	Meloidogyne falax	Meloidogyne incognita	Pratylenchus penetrans	Pratylenchus crenatus	Paratylenchus hamatus	Paratylenchus projectus	Tylenchorhynchus claytoni	Longidorus maximus	Rotylenchus reniformis	Aphelenchoides rizemabosi	Ditylenchus dipsaci	Ditylenchus destructor	Heterodera schachtii	Heterodera betae	Heterodera trifolii trifolium	Heterodera cruciferae	Globodera rostochiensis/G. pallida		
Kulturen	Deutsches Weidelgras	-	***	-	***	0	**	**	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-	-	0	-	
	Flachs	*	-	-	0	0	**	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-	-	0	-	
	Gelber Senf	*	-	**1)	**1)	0	***	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-	-	0	-	
	Hafer	-	-	0	0	0	**	***	0	0	0	0	0	0	0	**	-	-	-	0	-	
	Kartoffel	***1)	-	***	***	0	***	*	0	0	0	0	0	0	**	***	-	-	-	0	***	
	Klee	***R	-	***R	***R	0	***	**	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-	-	0	-	
	Lupine	***	0	0	0	0	***	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	
	Luzerne	**	0	-	0	0	***	*	0	0	0	0	0	0	***	-	-	-	-	0	-	
	Mais	-	-	**	*	0	***	***	0	0	0	0	0	0	**	-	-	-	-	0	-	
	Öfretlich	**1)	-	*1)	*1)	0	***	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-	-	0	-	
	Phacelia	**	-	*	*	0	***	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-	-	0	-	
	Roggen	-	**	***	*	0	**	***	0	0	0	0	0	0	**	-	-	-	-	0	-	
	Sommergerste	-	***	**4)	*	0	**	***	0	0	0	0	0	0	-	-	-	-	-	0	-	
	Sommerweizen	-	***	**4)	**	0	**	***	0	0	0	0	0	0	***	-	-	-	-	0	-	
	Sonnenblume	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Tagetes	-	-	-	-	0	---	---	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-	-	0	-
	Triticale	-	***	**	*	0	**	***	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-	-	0	-	
	Welsches Weidelgras	-	***	**	***	0	***	**	0	0	0	0	0	0	*	-	-	-	-	0	-	
	Wintergerste	-	***	**4)	*	0	**	***	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-	-	0	-	
	Winterweizen	-	***	**4)	*	0	**	***	0	0	0	0	0	0	*	-	-	-	-	0	-	
Zuckerrübe	***	*	*	***	0	*	*	0	0	0	0	0	0	0	-	-	2)	***	***	0	-	

For kløver oppgis det følgende i tabellen:

Galledannende nematoder: ingen av artene skader kløver, bortsett fra *M. incognita*, som er vertsplante. For tre av nematodeartene fins det resistente kløverarter, for fire arter kan kløver (som ikke er resistent) virke sterkt stimulerende for oppformering.

Frittlevende nematoder: For fem av nematodeartene fins det ikke data. For to rotsårnematodearter angis at de skader kløver noe, og kløver stimulerer også til formering av disse nematodene.

Stengelneematode – For en av artene er kløver vertsplante. Kløver er ikke mottakelig for skade av de to andre artene av stengelneematode, men stimulerer likevel til formering.

Cystenematoder – Kløver er kun mottakelig for skade av kløverscystenematode. Kløver stimulerer også til formering av denne.

Skadeterskler

Det har vært forsøkt å fastslå økonomiske skadeterskler for planteparasittære nematoder som gjør skade på kløver. Brandsæter m.fl. (2006) oppgir ett egg per ml jord som skadeterskel for kløvercyste-nematode. Van Eekeren m.fl. (2004) refererer Plowright (1985), som oppgir at skade på hvitkløverspirer oppstår ved mer enn 2 000 juveniler og egg per 100 g jord, og at en tetthet på 4 000 juveniler og egg per 100 g jord kan medføre at kløverspirene dør. Danske forskere oppgir skadeterskelen for samme nematode til 40 000 egg og larver per kg tørr jord (Møller & Sjøegaard 2004).

Det har imidlertid vist seg å være vanskelig å kunne angi eksakte tall for slike skadeterskler. Skadeterskelen kan for eksempel variere med naturgitte forhold, blant annet jordart, i tillegg til driftsmåte. Magnusson & Hammeraas (2003) angir at skadeterskelen for rotsårnematoden *P. penetrans* er 63-100 individer per 250 g jord i sandjord, mens den i leirjord er 113-200 individer per 250 g jord. Antall nematoder vil også kunne variere i løpet av en vekstsesong, slik at prøvetidspunktet vil være avgjørende for resultatet. Molendijk (2006) hevder at produktprisen kan være en avgjørende faktor for økonomisk skadeterskel ved dyrking av grønnsaker Nederland.

For cystenematoder er det spesielt vanskelig, hvor antall cyster ikke kan brukes til angivelse av skadeterskel. Derimot er det antall egg og juveniler per gram jord som gir svar på oppformeringsevne eller populasjonsnivå, og som derfor må brukes for å fastsette en skadeterskel. I et dansk forsøk var antall cyster i prøvene mellom 55 og 380 per kg jord. De målte ikke antall egg og juveniler og fant ingen sammenheng mellom antall cyster av kløvercystenematode og grad av kløvertretthet blant hvitkløverplantene på de respektive prøverutene (Sjøegaard m.fl. 2004).

Registreringene i vårt prosjekt viste at det ofte ikke var sammenheng mellom antall nematoder og omfang av kløvertretthet og dermed skade på avlingen. Resultatene fra en av gårdene i Trøndelag, hvor antall spiralnematoder var spesielt høyt og hvor dårlig kløvervekst kunne relateres til høyeste antall nematoder, antyder imidlertid at 2 000 - 3 000 *H. canadensis*/250ml jord kan være en hypotetisk skadeterskel på rødkløver i felt.

I tillegg gjør den manglende kunnskapen om de fleste nematodearters evne til å gjøre skade at kunnskap om antall nematoder sjelden gir svar på hvor alvorlig angrepet er og dermed hvilke tiltak som er nødvendige.

Forebyggende tiltak

Forebyggende tiltak er helt avgjørende for at problemene med kløvertretthet ikke skal øke i omfang. Noen av tiltakene kan gjennomføres på gardsnivå.

Vekstskifte

Vekstskifte er antatt å være det viktigste tiltaket mot alvorlige, jordboende sykdommer i belgvekster. I Danmark og Nederland er vekstskifte en viktig del av rådene som gis til dyrkerne for å unngå kløvertretthet. Vekstskifte kan både være et forebyggende og et direkte tiltak. Her presenteres undersøkelser som har undersøkt effekter knyttet til vekstskifte.

Vekstskifte som tiltak er ikke like effektivt mot alle arter av planteparasittære nematoder. Det er nødvendig å identifisere skadegjøreren og dens livssyklus for å få best mulig utbytte av vekstskiftet. Kløvercystenematoden kan for eksempel overleve i jord med varierende temperatur og fuktighet i mer enn 3,5 år (Yeates & Visser 1979). For stengelnematode er det angitt at med 3-årig kløvereng er et samlet vekstskifte på 6-8 år ikke nok for å holde angrep nede (Hofsvang 1983).

Det er også nødvendig å dyrke vekster som ikke er vertsplanter for den aktuelle nematodeart for å oppnå en tilstrekkelig reduksjon i nematodepopulasjonen. Resultater fra flerårige forsøk i Sverige viser at havre var den kulturen som reduserte forekomsten av rotgallnematoden *M. hapla* mest, forutsatt tilnærmet ugrasfri åker. Oljereddiksorten Terranova reduserte også forekomsten, mens ved dyrking av hvitsennepssorten Achilles økte forekomsten av *M. hapla* (Juhlin 2010).

Frittlevende nematoder med mange vertsplanter kan trives i allsidige vekstskifter. Rik ugrasflora gir nematodene mulighet til å overleve sjøl om kulturvekstene ikke er vertsplanter.

I forsøket til van Eekeren m.fl. (2004), hvor kløvercystenematoder ble påvist på økologiske gårder med mjølkeproduksjon i Nederland, var mengden nematoder ikke relatert til antall år siden omlegging og antall foregående år med kløver. Forsøk med vekstskifte viste at en kunne holde mengden av nematoder på et akseptabelt nivå med et vekstskifte med treårig eng, fulgt av tre år med fôrmais. Økningen i antallet larver og egg i eng-årene var større enn reduksjonen i åker-årene, men bare ett år med åker halverte forekomsten av larver og egg. Forfatterne konkluderer med at forsøket viser at kløvercystenematodeangrep på økologiske mjølkeproduksjonsgårder forårsaket små problemer for kløver i engårene, men kunne være et problem i etableringsåret.

Kløverrik eng kan være uegnet som forgrøde til andre kulturer da kløver kan være en god vertsplante for nematoder. I et forsøk med effekt av ulike vekstskifter på jordliv ble antall planteparasittære og mikrobespisende nematoder redusert i jord som ble pløyd. Allerede etter ett eller to år med eng var antallet igjen på høyde med antallet i varig eng. Registreringene ble gjort i tre ulike vekstskifter i et forsøksfelt som hadde hatt de samme vekstskiftene i 36 år (van Eekeren m.fl. 2008).

Levenfors (2003) hevder at vekstskifte som et effektivt botemiddel mot sykdommer forutsetter følgende: patogenet må være lokalt forkommende, patogenet må ha få arter som vertsplanter og patogenet må ha begrenset levetid uten vertsplanter til stede. Sjøl om ikke disse kriteriene er oppfylt helt, vil et godt planlagt vekstskifte kunne holde skadeomfanget på et akseptabelt nivå.

Vekstskifte som tiltak mot kløvertretthet er mest effektivt mot nematoder med få vertsplanter. Dette gjelder f.eks. kløvercystenematoder. Identifikasjon av skadegjøreren er derfor avgjørende for å lykkes med vekstskiftetiltak.

Andre agronomiske tiltak

I første omgang er det viktig å forhindre smitte ved å ha god hygiene i alle ledd av dyrkingen. Nematoder kan spres med infisert plantemateriale (for stengel nematode også med frø), jord og dreneringsvann. De kan derfor spres med redskap og utstyr som ikke er vasket før de blir brukt et annet sted. Andre måter de kan spres på er ved hjelp av beitende dyr. På New Zealand har det blitt påvist at sauer kan være en effektiv spredningsvei for kløvercystenematode (Yeates 1978). Spredning med vind er også mulig (Magnusson 2014).

Her nevnes ulike agronomiske tiltak som har betydning for forekomsten av planteparasittære nematoder og råtesopper som skader kløverplantene.

Jordarbeiding i form av god pløying er viktig for å kunne kontrollere sykdommer som overlever på planterester i jord (Henriksen 2005, Öhberg 2004). I områder med tele og kalde vintre vil høstpløying være særlig effektivt, da mange nematoder vil fryse og/eller tørke i hjel med en sånn behandling. Hallmann m.fl. (2015) fant ingen forskjell i nematodepopulasjonene i jord hvor det var pløyd kontra jord med redusert jordarbeiding. Dette ble målt i et vekstskifte med to år eng, høsthvete med dekkvekst og potet.

Tidlig såing og god innvintring av enga øker kløverplantenes motstandskraft og gir dermed økte sjanser til å overleve et angrep av f.eks. kløverråte.

Slåttetidspunkt har også betydning for plantenes vitalitet. Sein slått eller beiting om høsting svekker kløverplantene. Hyppig slått vil også svekke plantene. Rufelt (1994) anser rett slåttetidspunkt som det viktigste tiltaket for å unngå rotråteangrep.

Ugrasregulering er et viktig tiltak mot nematoder. Fjerning av vertsplanter vil redusere smittepresset på kulturplantene. Dette gjelder imidlertid ikke for cystenematoder, som er mer artsspesifikke mht. vertsplanter (Brandsæter m.fl. 2006).

Brakking kan være effektivt mot rotgallnematode, fordi deres livssyklus ikke omfatter noe dvalestadium (Colon 2006). Hallmann m.fl. (2007) fant også at brakking i vekstsesongen var effektivt mot rotgallnematoder, sammen med bruk av belgvekst fram til våren før og isåing av høstkorn etterpå. Brakking kan også være effektivt mot frittlevende nematoder som rotsårnematoder. Nyttan av metoden må veies opp mot faren for næringstap når brakking benyttes.

Tilførsel av organisk materiale som kompost, grønn gjødsel og husdyrgjødsel stimulerer bakterielivet i jorda og dermed nematodenes naturlige fiender. Gjødslingen styrker også kulturplantene. Effekten av slik gjødsel kan dermed redusere skadene av de planteparasittære nematodene (Magnusson 2014).

Et større mangfold av belgvekster kan bidra til å dempe skadeomfanget av nematoder. I et dansk forsøk ble ulike belgvekster dyrket i jord hvor det var påvist mye kløvercystenematoder. Artene blodkløver, tiriltunge og sneglebelg hadde færre nematoder per rot og lavere angrepsgrad enn alsike-, hvit- og rød kløver. Avlingene av disse tre artene ble heller ikke påvirket av angrepene. Forskerne konkluderte med at de tre belgvekstartene hadde god resistens mot og var i tillegg i liten grad vertsplanter for kløvercystenematode (Søegaard & Møller 2006). Svenske forskere anbefaler også å variere mellom ulike engbelgvekstarter, og foreslår hvitkløver, luserne og tiriltunge i langvarig eng som alternativ til kun rød kløver, for å øke varigheten av den totale belgvekstandelen i engdyrkinga og redusere angrepene av rotråte. I et flerårig engforsøk fant de at særlig hvitkløver og tiriltunge hadde bedre motstandskraft mot rotråte enn rød kløver (Nilsdotter-Linde m.fl. 2014).

Mikronæringsstoffinnhold i jorda kan ha betydning for skadegjørerne. Stoltz & Wallenhammar (2012) undersøkte sammenheng mellom innholdet av noen mikronæringsstoffer i jord og angrep av rotråte på rød kløverrotter. De fant at gjødsling med mangan (Mn) og sink (Zn) kunne redusere skadene av råten. For bor (B) og kobber (Cu) var det imidlertid en svak motsatt tendens – tilførsel av disse gav økte skader.

I et svensk forsøk ble det undersøkt om kalking kunne redusere rotråteangrep forårsaket av *Fusarium*-sopp på rød kløver. Resultatene viste imidlertid ingen sammenheng mellom angrepsmengde og tilførsel av kalk, selv om det fra tidligere forsøk er vist at slik sopp trives i sur jord (Wallenhammar m.fl. 2012).

Spiretest

Innsending av jord- og planteanalyser for å undersøke årsaker til kløvertretthet kan oppleves kostbart og tidkrevende for den enkelte bonde. En enkel spiretest, som gardbrukeren sjøl kan utføre, ville gjøre det lettere å iverksette eventuelle mottiltak.

I regi av Århus Universitet i Danmark har det blitt dyrket hvitkløver under kontrollerte forhold i kar. Jorda som ble brukt i forsøket kom fra ulike arealer der det var observert kløvertretthet, i tillegg til en kontrolljord hvor det ikke hadde vært dyrket kløver på flere år. Forsøket viste at de fleste hvitkløverplantene døde 5-8 uker etter såing. De plantene som overlevde, vokste svært dårlig (Søgaard m. fl 2004).

På bakgrunn av dette spiretestforsøket ble det i 2015-2016 utført enkle spireforsøk med hvitkløver for om mulig å utvikle et enkelt testopplegg som bøndene selv kunne bruke for å vurdere om egen jord lider av kløvertretthet. Kløveren ble sådd i fire omganger, hver med tre gjentak, i løpet av forsøksperioden. Hver gang ble det brukt jord fra to konvensjonelle og 6 økologiske gårdsbruk med kløvertretthetsproblemer. I tillegg var det med et kontroll-ledd med jord hvor det ikke hadde vært dyrket kløver de siste 20 årene. Resultatene samsvarte ikke med forsøket ved Århus Universitet. Det var ikke klare forskjeller i spiring og vekst mellom hvitkløveren dyrket i jorda med kløvertretthet og kontrolljorda. Ut fra resultatene i utprøvingene var det ikke mulig å gi svar på om jorda som ble brukt var egnet til å dyrke kløver i. Det lyktes derfor ikke å utvikle et enkelt testregime i prosjektet (Lambertsen 2016).

Direkte tiltak

For dem som har fått konstatert skadegjørere og skader av disse på kløver er også de forebyggende tiltakene viktige. I tillegg kan direkte tiltak ha god effekt. Kjemiske midler mot planteparasittære nematoder, nematicider, fases ut i stadig flere land, så det er behov for andre direkte tiltak både i konvensjonelt og økologisk landbruk.

For å lykkes med direkte tiltak, må en vite hvilke organismer som er skadegjørere. Dette er ikke minst viktig for å vite hvilke vertsplanter skadegjøreren har. Økt bevissthet omkring spredningsveier kan bidra til å unngå spredning. Desinfeksjon og vask av utstyr kan derfor være aktuelt for å unngå økt skadeomfang hvis angrep blir påvist.

Noen direkte tiltak brukes i jord i veksthus og på friland, f.eks. bruk av varm vanddamp. Flere tiltak er under utprøving, for eksempel har bruk av ozongass mot nematoder vist seg å gi lovende resultater i forsøk, men metoden er ennå ikke utviklet til å kunne brukes i praksis (Msayleb & Ibrahim 2011).

Noen sorter av *Tagetes* har vist seg å ha en sanerende effekt på nematoder. *Tagetes* produserer stoffet alfatertienyl, som hindrer blant annet klekking av nematodeegg. Det er uklart hva som virker, om stoffet i seg selv virker hemmende eller om plantene ikke er vertsplanter for nematoder (Krueger m. fl. 2016). Korthals m. fl. (2014) refererer forskning som antyder at nematoder blir drept av *Tagetes* bare når de trenger inn i røttene. Ikke alle sorter virker på alle arter nematoder. Effekten kan være stedsspesifikk, og effekten ved store mengder nematoder kan være utilstrekkelig (Krueger m. fl. 2016). I følge Hallmann (2006) kan dessuten *Tagetes* stimulere stubbrottnematoder, samtidig som plantene hemmer andre nematodegrupper. I forsøk fant Molendijk (2006) at dyrking av *Tagetes* i ett år hadde effekt i flere år etterpå.

I Nederland har ulike direkte tiltak blitt prøvd ut i et vekstskifte med poteter, gulrot og liljer, dyrket på sandjord. Virkningen av tiltakene på de to skadegjørerne rotsårnematoder og kransskimmelsopp (*Verticillium dahliae*) ble undersøkt, og sammenlignet med et kontrollledd uten behandling og et ledd med et kjemisk-syntetisk middel. Tiltakene ble utført to ganger, med to eller tre års mellomrom. Dyrking av *Tagetes patula* og nedmolding av plantematerialet etterpå hadde bedre effekt enn det kjemiske middelet. Størst reduksjon i forekomsten av rotsårnematoder gav en blanding av dyrking av tagetes, tilførsel av kitinrikt rekeskall (2 t/daa) og plantekompost (5 t/daa). Tilførsel av kitin gav størst avlingsøkning. Forfatterne konkluderer med at for å lykkes med å redusere skadene av skadegjørere i jord må en ha en systemtilnærming og utvikle tiltak som styrker jordas helse (Korthals m. fl. 2014).

De nevnte tiltakene er tilpasset åkerkulturer og kan være økonomisk forsvarlig i mer intensive kulturer. De fleste er imidlertid mindre aktuelle å benytte mot nematoder som gjør skade på kløver i eng, både av praktiske og økonomiske årsaker.

Biofumigasjon

Bruk av visse vekster, med stoffer som virker hemmende på andre organismer ved nedbrytning i jorda, kalles biofumigasjon. Det er særlig arter i kålfamilien (*Brassicaceae*) som kan være aktuelle. Noen Brassica-arter inneholder ulike glukosinolatforbindelser. Glykosinolat brytes ned til isothiocyanat-forbindelser ved hydrolyse. Disse forbindelsene kan virke direkte toksisk eller hemme reproduksjon hos nematoder, for eksempel oljereddik (*Raphanus sativus*) og hvitsennep (*Sinapis alba*) (Kirkegaard m. fl. 1993, Magnusson 2014). Samtidig har forskning vist at fordelene ved metoden ikke bare kan knyttes til aktiviteten rundt glukosinolat-forbindelsene. Andre effekter ved tilførsel av den store mengden plantemateriale som tilføres, som bedret jordstruktur, bedre næringstilgang for plantene og stimulering av mikrolivet, har vist seg også å bidra til skadebegrensningene (Clarkson m. fl. 2015).

Ved biofumigasjon blir vekstene slått og frest ned i jorda når plantemassen er stor, gjerne under blomstring. God temperatur og en viss fuktighet i jorda gir best effekt. Oljereddik kan redusere mengden av rotgallnematoder (*M. hapla*). Oljereddik og hvitsennep kan redusere mengden av rotsårnematoder (*P. penetrans*) og stubbrottnematoder (Magnusson 2014).

Biofumigasjon forårsaker generelle endringer i jordas mikroliv, noe som kan gi uønskete effekter. Med tanke på belgvekster som kløver gjelder det ikke minst mulige negative effekter på *Rhizobium*-bakterier og dermed nitrogenfikseringen (Öhberg 2008).

Forsøk viser at ulike patogener reagerer forskjellig på ulike isothiocyanat-forbindelser, det samme gjelder for ulike livsstadier og strukturer, som sporer, mycel og sklerotier (Clarkson m. fl. 2015). Biofumigasjon har vært prøvd ut i forsøk både i Norge og i utlandet. Resultatene fra de norske forsøkene er ikke entydige (Graneng 2013). Forsøket Korthals m.fl. (2014) gjorde i Nederland omfattet også biofumigasjon. Metoden gav ikke ønsket effekt på rotsårnematoder og gav i liten grad økt avling sammenlignet med kontrolledet. Forsøk i Tyskland har derimot vist god effekt av biofumigasjon på rotsårnematoder, men metoden hadde liten effekt på populasjonen av rotgallnematoder (*M. hapla*) (Hallmann m. fl. 2009). Biofumigasjon har også vist seg å være effektivt mot ulike jordboende planteparasittære sopper, men mer forskning trengs for å belyse metoden brukt mot sopp som forårsaker rotråte og kløverråte og andre patogener (Öhberg 2008).

Korthals m.fl. (2014) konkluderer med at for tida er ikke biofumigasjon en tilstrekkelig effektiv metode for å kontrollere planteparasittære nematoder. Metoden må forbedres og forskerne anbefaler at det blir arbeidet med å finne sorter og arter i kålfamilien som er mer effektive.



Forsøksfelt i Trøndelag med dyrking av sennep til biofumigasjon for kontroll av potetcystenematode. Foto: Mette Feten Graneng

Biologisk kontroll

Mange mikroorganismer har vist seg å ha effekt mot jordboende patogener og nematoder. Interessen for bruken av disse har økt i takt med utfasing av kjemisk-syntetiske sprøytemidler mot disse skadegjørerne. To aktive substanser er tillatt brukt i EU mot nematoder, *Bacillus firmus* og *Purpureocillium lilacinum*. *B. firmus* parasitterer nematodenes egg og larver i området rundt planterøttene, særlig gjelder dette rotgallnematoder. *P. lilacinum* fins naturlig i jord og infiserer egg, larver og voksne hunner av bla. *Meloidogyne* spp., *Globodera* spp. og *Pratylenchus* spp. Middelet kan blandes med vann før spredning. En rekke aktive substanser er tillatt brukt mot sopp, f.eks *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Streptomyces* og *Tricoderma*. De kan være effektive mot patogene sopper som *Fusarium* spp., *Phoma* spp. og *Sclerotinia* spp. De kan tilføres frø og røtter på kulturplantene. Godkjenningen av disse midlene gjelder bare enkelte kulturer. Midlene er bare i bruk i enkelte land (Pertot m.fl. 2015).

Soppen *Coniothyrium minitans* med handelsnavn Contans®WG er et biologisk middel mot sopp. Middelet virker også på sklerotiene til *Sclerotinia* spp. Contans®WG kan brukes som et jordbehandlingsprodukt i veksthus og på friland. Contans®WG virker på sklerotiene i jorda uavhengig av hva som dyrkes. Resultater fra et svensk forsøk indikerer at *C. minitans* muligens kan være et egnet middel mot kløverråte (Øhberg 2008). Imidlertid kan slike midler med direkte virkning rent praktisk være vanskelig å bruke på kløver i flerårig eng. Generelt er norske myndigheter restriktive med å godkjenne bruk av slike mikroorganismer, med tanke på hvilke negative bieffekter de kan ha.

Konklusjon

Problemer med kløvertretthet er kjent fra flere land i Nord-Europa. Kunnskap om situasjonen i Norge er mangelfull, men noen dyrkere har rapportert om dårlig kløvervekst, noe som kan skyldes kløvertretthet. Analyseresultatene fra tidligere arbeid og i dette prosjektet viser at skadeorganismer som kan forårsake kløvertretthet forekommer på norske engarealer. Dette gjelder i særlig grad ulike planteparasittære nematodearter, men også rotråte ble påvist i undersøkelsene. Økt bruk av kløver i eng og i andre kulturer, kombinert med et mildere klima, tilsier at det er nødvendig å være oppmerksom på at disse problemene sannsynligvis vil bli forsterket i tida framover.

En samordnet virkemiddelbruk fra myndighetenes side er nødvendig for å unngå en økning av problemene med skadegjørere som forårsaker kløvertretthet. Kontrollstrategier er utarbeidet for jordboende skadegjørere i andre kulturer. Arbeidet mot potetcystenematoder viser at målrettet innsats kan gi gode resultater. Det trengs derfor en landsdekkende kartlegging av situasjonen for kløvertretthet i Norge. For at kartleggingen skal bli best mulig, må prøver tas på flere gårder over hele landet, og disse prøvene bør tas flere ganger i vekstsesongen på hvert sted. Prøve-arealene bør representere ulike driftsmåter, ulike vekstskifter og ulike jordarter, i tillegg til ulik beliggenhet. Det bør analyseres for ulike grupper av skadegjørere. Det er viktig å undersøke i hvilken grad individantall er korrelert med skadeomfang på avling. Myndighetene bør sørge for tilstrekkelig analysekapasitet, god forskningskompetanse og en overkommelig kostnad for prøvetakingen gjennom finansiering av hele eller deler av arbeidet.

Det er også behov for å styrke nematologi som fag i Norge og i nabolandene. Faget må bli mer synlig og rekruttering er nødvendig for å styrke kompetansen. Samarbeid med forskere og rådgivere i andre land er nødvendig for å få ny kunnskap og et bedre erfaringsgrunnlag, men nasjonal kompetanse med kunnskap om norske forhold er avgjørende for å lykkes. En satsing fra myndighetenes side vil være et godt grunnlag for en større bevissthet hos rådgivere og produsenter om jordboende skadegjørere på kløver.

Det fins per i dag ikke nok kunnskap og godt nok rådgivningsapparat til å kunne hjelpe produsenter som får konstatert kløvertretthet og/eller forekomst av skadegjørere på kløver. Avlingstap og økonomiske konsekvenser oppstår når antall skadegjørere har nådd et visst nivå. I dette prosjektet har det ikke vært mulig å fastsette skadeterskler generelt for organismer som kan forårsake kløvertretthet. Ut fra analyseresultatene kan mye tyde på at 2 000-3 000 individer per 250 ml jord av spiralnematoden *H. canadensis* kan være en hypotetisk skadeterskel på rødskløver i felt.

Det trengs svært mye grunnleggende kunnskap for å kunne fastsette skadeterskler for ulike skadegjørere som forårsaker dårlig vekst på kløver, for å kunne bestemme om sanerende tiltak er nødvendig.

Foredlingsmål for rødskløver bør omfatte resistens mot skadegjørere som forårsaker kløvertretthet, både sopper og nematoder. Ut fra våre funn av spiralnematoder vil det være spesielt viktig at sortsmaterialet for nye rødskløversorter testes for resistens mot spiralnematoden *H. canadiensis*. Det vil også være aktuelt å stimulere til økt bruk av andre engbelgvekster som er mer motstandsdyktige mot angrep.

Resultatene fra registreringene i prosjektet viser liten sammenheng mellom forekomst av nematoder i jorda og skadeomfang på kløveren som dyrkes. I enkelte tilfeller har vi imidlertid sett tendenser til at høye funn av nematoder kan kobles til svak vekst av kløver. Variasjoner mellom år og tidspunkt i sesongen gjør imidlertid resultatene usikre. Driftsmåten påvirker sammensetningen av jordfaunaen. Flere sider av en økologisk driftsmetode kan tenkes å påvirke mengden av jordboende skadegjørere. Utstrakt bruk av belgvekster, mer ugras og kontinuerlig plantedekke for å unngå næringstap kan stimulere til økt antall av planteparasittære nematoder, særlig dem som har mange vertsplanter. Andre driftstiltak kan derimot tenkes å virke mot skadegjørerne. Tilførsel av organisk materiale er gunstig for mikroorganismene i jorda og gir gode forhold for et allsidig jordliv, inkludert naturlige fiender av de planteparasittære nematodene. Registreringene i prosjektet er kun gjort på økologisk drevet jord, og gir derfor ikke svar på om det er forskjell på forekomst og skade av organismer som forårsaker kløvertretthet mellom økologisk og konvensjonelt dyrket jord. Effekt av ulike driftsmetoder bør studeres nærmere, for å bidra til å klargjøre hva som påvirker forekomst og skade, og hva som kan gjøres for å forhindre et økt skadeomfang.

Alt som styrker kløverplantene gjør det vanskeligere for skadegjørerne å angripe, og reduserer skaden på kløverplantene hvis de blir angrepet. Den enkleste metoden for å unngå kløvertretthet er å forebygge spredning og oppformering av skadegjørerne som forårsaker problemet. Det må derfor legges vekt på formidling av forebyggende tiltak overfor rådgivere og produsenter. Bruk av vekstskifte i alle typer produksjoner er nødvendig for å unngå oppformering. Nematoder kan spres med infisert plantemateriale, jord og dreneringsvann. God hygiene i alle ledd av dyrkingen vil hindre at skadegjørerne kommer inn i jorda på gården, f.eks gjennom frøsmitte eller ved lån av redskaper fra andre. Ugrasregulering er et viktig tiltak mot de nematodene som har mange vertsplanter.

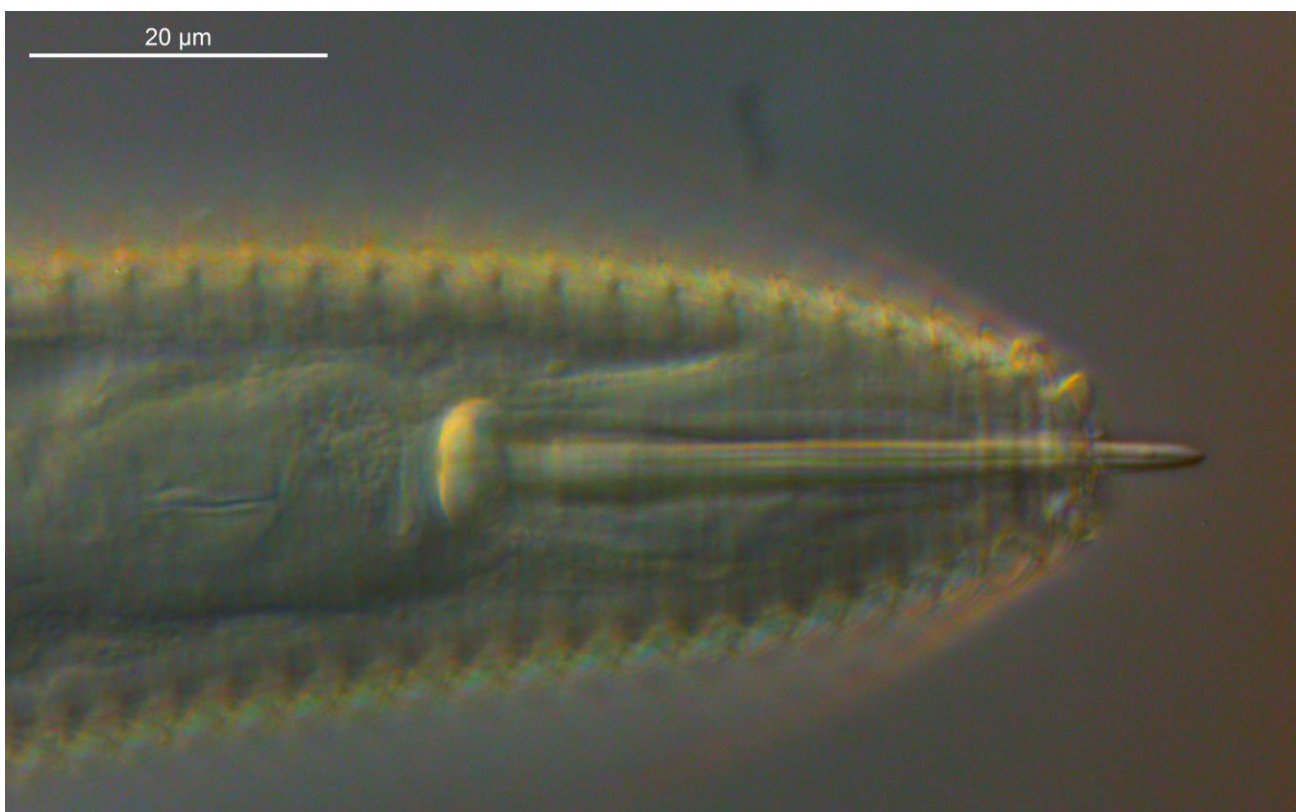
Rådgivning til produsenter som har fått påvist kløvertretthet og angrep av skadegjørere må ta utgangspunkt i type organisme for å målrette innsatsen. Vekstskifte, ugraskontroll og ikke minst god hygiene vil være nødvendig. Kjemisk-/syntetiske sprøytemidler er ikke lenger tillatt brukt i konvensjonelt landbruk. Forebyggende tiltak vil derfor være aktuelle for alle produsenter uansett driftsform. Det samme gjelder direkte tiltak som ikke innebærer bruk av kjemisk-syntetiske sprøytemidler. Noen slike metoder fins for åkervekster, men bør utvikles videre. Det bør vurderes i hvilken grad de også kan videreutvikles for bruk i vekstskifter med kløvereng.

Anbefalinger til gardbrukere

Dårlig etablering, vekst og overlevelse av rødkløver i enga kan ha ulike årsaker. For å kunne sette inn rett tiltak, må en først identifisere årsaken. Kløverplantene taper for grasveksten hvis det er gjødslet rikelig med nitrogen. Kløver krever dessuten gjerne noe mer enn grasartene mht. andre næringsstoffer, pH og grøftetilstand, og kan bli satt tilbake forholdsvis mer hvis ikke vekstvilkårene er optimale. Uttak av plante- og jordprøver for eventuell påvisning av mangel på kalium, svovel eller andre næringsstoffer kan bidra til å klargjøre årsaken til eventuell observert misvekst.

Hvis det ikke kan påvises slike årsaker, og særlig hvis det er flekkvise skader på kløverveksten, bør en gå videre og undersøke om det er jordboende skadegjørere som er årsaken. Skaff deg kunnskap om planteparasittære nematoder og råtesopper og om hvordan symptomene av disse kan vise seg. Spesielt på lette jordarter bør en være oppmerksom på mulighet for skader av frittlevende nematoder, men også på tyngre jordarter vil stengel-nematode, kløvercyste-nematode og spiralnematoden *H. canadiensis* være aktuelle skadegjørere. For å påvise råtesopper: Let etter svarte sklerotier om våren, grav opp røtter på skadde planter og se om de er skadet innvendig. Planteparasittære nematoder kan også gi synlige skader på kløverplantene. Analyse av jord- og plantep prøver vil være nødvendig for eksakt å kunne artsbestemme skadegjørerne.

Slike jordboende skadegjørere er vanskelig å bli kvitt hvis de først har etablert seg. Ett tiltak alene vil neppe være tilstrekkelig for å få kontroll over problemene. De forebyggende tiltakene er derfor helt avgjørende for å unngå problemer. Vekstskifte og andre tiltak som gir god agronomi er nødvendig for at disse organismene ikke skal få gode vekstvilkår. Bruk resistente rødkløversorter og bruk ulike belgvekstarter hvis mulig. Tenk god hygiene i alle deler av drifta, ikke minst ved bytte av redskap med andre bønder. God ugraskkontroll reduserer antall vertsplanter og kan være avgjørende for å unngå spredning av nematoder med mange vertsplanter.



På denne ringnematoden vises munnbrodden tydelig. Ved hjelp av denne sprøyter nematoden stoffer inn i planta. Dette endrer plantens fysiologi og forenkler næringsopptaket for nematoden. Foto: Christer Magnusson

Referanser

- Adam, M., H. Heuer, E.-S. M. Ramadan, M. A. Hussein & J. Hallmann 2013. Occurrence of plant-parasitic nematodes in organic farming in Egypt. *Int. Journ. of Nematology*, Vol 23, no 1, pp. 82-90
- Adam, M., A. Westphal, J. Hallmann & H. Heuer 2014. Specific microbial attachment to root knot nematodes in suppressive soil. *Appl. Environ. Microbiol.* 2014 May 14; 80(9):2679-86
- Alphey, T.J.W. 1985. Atlas of plant parasitic nematodes of Fennoscandia- Distribution of Longidoridae, Xiphenemidae and Trichodoridae. Scottish Crop Research Institute, Dundee, Scotland. 38 p.
- Andrae, L. 2011. Förekomsten av frilevande nematoder i Västsvenska jordar och deras inverkan på potatisens kvalitet avseende rost (TRV) och *Rhizoctonia solani*. En förstudie. http://fou.sjv.se/fou/sok_detalj_delredo.lasso?id=6595
- Anon. 2015. EIP-Agri Focus Group. IPM practices for soil-borne diseases. Final Report October 2015. EIP-Agri Network. www.eip-agri.eu
- Anon. 2011 Kløvergræs i økologisk kvægbrug (Orggrass) www.icrofs.dk/pdf/2011_FOEJOIIIbog_orggrass.pdf
- Azpilicueta, C.V., M.C. Aruani, E. Chaves & P.D. Reeb 2014. Soil nematode responses to fertilization with ammonium nitrate after six years of unfertilized apple orchard. *Spanish Journal of Agricultural Research* 12 (2): 353-363.
- Bingefors, S. 1957. Studies on breeding red clover for resistance to stem nematodes. *Växtodling* 8. Almqvist & Wiksells Boktryckeri AB, Uppsala. 123 s.
- Birkhofer, K., T. M. Bezemer, J. Bloem, M. Bonkowski, S. Christensen, D. Dobois, F. Ekelund, A. Fließbach, L. Gunst & K. Hedlund 2008. Long-term organic farming fosters below and aboveground biota: Implications for soil quality, biological control and productivity. *Soil Biology and Biochemistry* 40 (9), p. 2297-2308
- Brandsæter, L.O., S.M. Birkenes, B. Henriksen, R. Meadow & T. Ruissen 2006. *Plantevern og planteheelse i økologisk landbruk. Bind 1: Bakgrunn, biologi og tiltak.* Bioforsk og Gan Forlag, 2006. ISBN 10: 82-492-0732-7
- Briar, S.S., C. Barker, M. Tenuta & M.H. Entz 2012. Soil Nematode Responses to Crop Management and Conversion to Native Grasses. *Journal of Nematology* 44 (3): 245-254
- Briar, S.S., S.J. Fonte, I. Park, J. Six, K. Scow & H. Ferris 2011. The distribution of nematodes and soil microbial communities across soil aggregate fractions and farm management systems. *Soil Biology & Biochemistry* 43 (2011): 905-914
- Briar, S.S., P.S. Grewal, N. Somasekhar, D.H. Stinner & S.A. Miller 2007. Soil nematode community, organic matter, microbial biomass and nitrogen dynamics in field plots transitioning from conventional to organic management. *Applied Soil Ecology*, Vol 37(1), pp. 256-266
- Briar, S.S., P.S. Grewal, D.H. Stinner & S.A. Miller 2005. Predictive values of nematode community in organic and low-tilled conventional farming systems. In: Abstracts of nematologists 44th annual meeting Fort Lauderdale, Florida 9–13 July 2005. *Journal of Nematology* 37(3):354–405
- Briar, S.S., D. Wichman & G.V.P. Reddy 2016. Plant-Parasitic Nematode Problems in Organic Agriculture. I: Nandwani, D. (ed.) *Organic Farming for Sustainable Agriculture, Sustainable Development and Biodiversity*, Vol 9, s. 107-122
- Carlsen, S.C.K., H. A. Pedersen, N. H. Spliid & I.S. Fomsgaard 2012. Fate in Soil of Flavonoids Released from White Clover (*Trifolium repens* L.). *Applied and Environmental Soil Science*, Vol 2012, Article ID 743413, 10 p.
- Carlsen, S.C.K. & I.S. Fomsgaard 2008. Biologically active secondary metabolites in white clover (*Trifolium repens* L.) – a review focusing on contents in the plant, plant-pest interactions and transformation. *Chemoecology* 18: 129-170

- Chen, S.Y., C.C. Sheaffer, D.L. Wyse, P. Nickel & H. Kandel 2012. Plant-parasitic Nematode Communities and their Associations with Soil Factors in Organically Farmed Fields in Minnesota. *Journal of Nematology* 44 (4), p. 361-369
- Chitwood, D. J. 2003. Research on plant-parasitic nematode biology conducted by the United States Department of Agriculture - Agricultural Research Service. *Pest Management Science* 59, pp. 748-753.
- Clarkson, J., M. Vincent & R. Neilson 2015. Biofumigation for the control of soil-borne diseases. Mini-paper from Focus Group Soil-borne diseases. EIP-AGRI Focus Group. www.eip-agri.eu
- Colon, L. 2006. Aaltjesresistentie in klaver. Perspectieven voor aaltjesresistente kløver als stikstofleverancier in biologische teelten. Rapport 117, Plant Research International B.V., Wageningen UR
- Cook, R. & G.W. Yeates 1993. Nematode pests of grassland and forage crops. *In: Evans, K., D.L. Trudgill & J.M. Webster (eds.) Plant parasitic nematodes in temperate agriculture.* CAB International, UK: 305-350.
- Eekeren, N. van, H. de Boer, J. Bloem, T. Schouten, M. Rutgers, R. de Goede & L. Brussard 2009. Soil biological quality of grassland fertilized with adjusted cattle manure slurries in comparison with organic and inorganic fertilizers. *Biol Fertil Soils* 45:595-608
- Eekeren, N. van, L. Bommele, J. Bloem, T. Schouten, M. Rutgers, R. de Goede, D. Reheul & L. Brussard 2008. Soil biological quality after 36 years of ley-arable cropping, permanent grassland and permanent arable cropping. *Applied Soil Ecology* 40 (2008): 432-446
- Eekeren, N. van, L. Bommelé & J.P. Wagenaar 2004. Is clover cyst-nematode a problem for organic dairy farms? *In: Frankow-Lindberg m. fl. (ed.) Adaptation and Management of Forage Legumes – Strategies for Improved Reliability in Mixed Swards* 2004. <http://www.louisbolk.org/downloads/1445.pdf>
- Engqvist, G. 2002. Sjukdomar på vallbäljväxter. Faktablad om växtskydd 113 J, Sveriges Lantbruksuniversitet
- Eriksson, K.B. 1972. Nematode Diseases of Pasture, Legumes and Turf Grasses. *In: Webster J.M. (ed.) Economic Nematology.* Acad. Press Inc. (London) Ltd., pp. 66-96
- Eriksen, J. 2011. Kløvergræs i økologisk kvægbrug (Orggrass). I: Sørensen, L.S & S.O. Rebsdorf (eds.): Resultater fra den økologiske forskning 2006-2010. ICROFS, Tjele, Danmark
- Evans, K. & P.P.J. Haydock 1993. Interactions of nematodes and root-rot fungi. I: Khan M.W. (ed.) *Nematode Interactions.* Chapman & Hall, St. Edmundsbury Press Ltd., UK, pp. 104-133.
- Ferris, H., R.C. Venette & S.S. Leu 1996. Dynamics of nematode communities in tomatoes grown in conventional and organic farming systems, and their impact on soil fertility. *Applied Soil Biology* 3, pp. 161-175
- Frankenberg, A. & A. Paffrath 2004. Nematoden im Ökologischer Gemüsebau. Landwirtschaftskammer NRW. <http://www.orgprints.org/6115>
- Goodell, P. & H. Ferris 1990. Plant-parasitic Nematode Distributions in an Alfalfa Field. *Journal of Nematology* 12: 136-141.
- Graneng, M.F. 2013. Sennep mot nematoder. www.lr.no 13.3.2013
<http://sortrondelag.lr.no/media/ring/1228/Rapport%20sennep%20web.pdf>.
- Griffiths, B.S., K. Ritz & R.E. Wheatley 1994. Nematodes as indicators of enhanced microbiological activity in a Scottish organic farming system. *Soil Use Manage* 10: 20-24.
- Hallmann, J. 2006. Abschliessende bewertung. *In: Pflanzenschutz im ökologischen Landbau – Probleme und Lösungsansätze. Pflanzenparasitäre Nematoden.* Berichte aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Heft 131, s.58-61

- Hallmann, J., H. Buck, F. Rau, M. Daub, W. Schütze, R. Grosch & M. Schlathölter 2009. Chancen und Grenzen der Biofumigation für die Bekämpfung pflanzenparasitärer Nematoden.
http://orgprints.org/view/projects/int_conf_2009_wita.html
- Hallmann, J., A. Frankenberger, A. Paffrath & H. Schmidt 2007. Occurrence and importance of plant-parasitic nematodes in organic farming in Germany. *Nematology*, Vol. 9 (6), s. 869-879.
- Hallmann, J., F. Rau & M. Puffert 2007. Bekämpfungsstrategien für den Wurzelgallennematoden *Meloidogyne hapla* im ökologischen Landbau. <http://www.orgprints.org/9488>
- Hallmann, J., J. Schmidt & M.R. Finckh 2015. Nematode dynamics under minimum tillage. Plant health for sustainable agriculture Conference, 11.-12. 5. 2015, Lubljana
- Hansen, L., & K. Søgaard 2009. Kløvertræthed, er nematoder årsagen? <http://orgprints.org/16173/1/16173.pdf>
- Henriksen, B. 2005. Sjukdommer på belgvekster. *Grønn kunnskap* 9 (2), s. 56-62
- Hofmann, J., K. Wiczorek, A. Blöchi & F.M.W. Grundler 2007. Sucrose supply to nematode-induced syncytia depends on the apoplasmic and symplasmic pathways. *Journal of Experimental Botany* 58: 1591-1601.
- Hofsvang, T. 1983. Skadedyr på engvekster, korn og potet. Kompendium NLH, Landbruksbokhandelen
- Holgado, R. & D.H. Crump 2003. First record on the occurrence of nematofagous fungi parasitising cyst nematodes in Norway. *International Journal of Nematology* 13: 65-71.
- Holgado, R. & C. Magnusson 2014. Bekjempelse av potetcystenematoder (PCN) over 50 år i Norge. *Bioforsk FOKUS* 9(2), s. 94
- Holgado, R. & C. Magnusson 2005. Importance of Nematodes in Organic Farming. *NJF Report* 1/1 s. 177-180.
[http://www.njf.nu/filebank/files/20101023\\$211643\\$fil\\$52Q9XXi9m0GI0u07Dm4r.pdf](http://www.njf.nu/filebank/files/20101023$211643$fil$52Q9XXi9m0GI0u07Dm4r.pdf)
- Holgado, R., B. Niere, J.O. Forbord, A. Vagle & C. Magnusson 2010. Resultater fra pilotprosjektstudie om potetcystenematoder. *Bioforsk FOKUS* 5 (2), s. 148-149.
- Holgado, R., A. Stryken, C. Magnusson, I. Rasmussen, K. Strandenes & B. Hammeraas 2008. Forekomst av planteparasittære nematoder i grønnsaker - preliminnære resultater fra prosjekt i Lier område. *Bioforsk FOKUS* 3 (1), s. 14-15
- Holgado, R., J. I. Øverland & B. Hammeraas 2009. Ny rotgallnematode *Meloidogyne naasi* i Vestfold. *Bioforsk FOKUS* 4 (2), s. 246-247
- Iepema, G., N. van Eekeren & M. van Dongen 2006. Production and persistency of red clover (*Trifolium pratense*) varieties when grown in mixtures. *Grassland Science in Europe*, Vol. 11, pp.
- Juhlin, M.-L. A. 2010. Olika grödors inverkan på förekomst av rotgallnematod, *Meloidogyne hapla*, och andra frilevande nematoder i ekologisk växtföljd med morötter. Slutredovisning, Jordbruksverket FoU.
http://fou.sjv.se/fou/sok_detalj_delredo.lasso?id=6595
- Juhlin, M.-L. A. xxx. Frilevande nematoder och rotgallnematod. Notat ???
- Kapp, C., S.G. Storey & A.P. Malan 2014. Organic vs conventional: Soil nematode community structure and function. *Commun Agric Appl Biol Sci* 2014, 79 (2): 297-300
- Kirkegaard, J.A., P.A Gardener, J.M. Desmarchelier & J.F. Angus 1993. Biofumigation – using Brassica species to control pests and diseases in horticulture and agriculture. In: Wratten, N. & R.J. Maller (eds.) *Proceedings of the 9th Australian Research Assembly on Brassicas*, pp. 77-78
- Korthals, G.W., T.C. Thoden, W. van den Berg & J.H.M. Visser 2014. Long-term effects of eight soil health treatments to control plant-parasitic nematodes and *Verticillium dahliae* in agro-ecosystems. *Applied Soil Ecology* 76 (2014) 112-123

- Krall, E. L. 1985. Root Parasitic Nematodes, family Hoplolaimidae. Oxonian Press Pvt. Ltd. New Delhi. 580 s.
- Krueger, R., K.E. Dover, R. McSorley & K.-H. Wang 2016. Marigolds (*Tagetes* spp.) for Nematode Management. UF/IFAS Extension ENY-056, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida
- Lager, J. 2002. Soil-borne Clover Diseases in Intensive Legume Cropping. Agraria 362, SLU, Uppsala
- Lambertsen, L. 2016. Forsøg med udvikling af feltmetode til at identificere graden af kløvertræthed og derved forebygge, at kløvertræthed fører til betydelige udbyttereduktioner i økologisk kløvergræs. www.okologi.dk
- Levenfors, J. 2003. Soil-borne Pathogens in Intensive Legume Cropping – *Aphanomyces* spp. and root rots. Acta Universitatis Agriculturae Sueciae, Agraria 393. Doc. Thesis SLU, Uppsala
- Levenfors, J., J. Lager & B. Gerhardson 2001. Svampsjukdomar i baljväxtrika växtföljder. FAKTA Jordbruk Nr 1 2001, Sveriges Lantbruksuniversitet. www.slu.se/globalassets/ew/ew-centrala/forskn/popvet-dok/faktajordbruk/pdf01/jo01-01.pdf
- Magnusson, C. 1986. Organism interactions in disease. Växtskyddsnotiser 50: 165-167.
- Magnusson, C. 2014. Nematoder. I: Nilsson, U., E. Kärnestam & B. Sandskär (eds.) Växtskyddets grunder. Sveriges lantbruksuniversitet. Institutionen för Växtskyddsbiologi, Alnarp, s. 100-114. ISBN 978-91-576-9239-9
- Magnusson, C. & B. Hammeraas 2003. Nematoder på frukttrær. Grønn Kunnskap 7 (132)
- Magnusson, C. & B. Hammeraas 2005. Nålnematoder i jordbær. Grønn Kunnskap 9 (2), s. 550-556
- Magnusson, C. & R. Holgado 2005. Plant parasitic nematodes – Problems related to clover and organic farming. <http://orgprints.org/24544>
- Mathiesen, G. 2014. Loven trygger potetane. www.bioforsk.no, 6.3.2014
- Molendijk, L.P.G. 2006. Aaltjes en biologische landbouw. I: Wijnands, F.G & J. Holwerda (eds.) Op weg naar goede biologische praktijk. PPO Rapport 317, Nederland, s. 141-147. <http://edepot.wur.nl/43475>
- Molendijk, L.P.G. & G.K. Korthals 2006. Nematode control strategies in the Netherlands. In: Hallmann, J. (ed.) Pflanzenschutz im ökologischen Landbau – Probleme und Lösungsansätze. Pflanzenparasitäre Nematoden. Berichte aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Heft 131, s.58-61
- Msayleb, N. & S. Ibrahim 2011. Treatment of Nematodes with Ozone Gas: A Sustainable Alternative to Nematicides. Psysics Procedia 21 (2011) 187-192
- Møller, K. & K. Sjøgaard 2004. Kløvertræthed er koblet til tidlig nematodeangreb. FØJOenyt nr 6
- Neher, D.A. 1999. Nematode Communities in Organically and Conventionally Managed Agricultural Soils. Journal of Nematology 31 (2), pp. 142-154
- Neher, D.A. & R.K. Olson 1999. Nematode communities in soils of four farm cropping management systems. Pedobiologia 43, pp. 430-438
- Nilsdotter-Linde, N., A.-C. Wallenhammar, J. Jansson & E. Stoltz 2014. Rotröta påverkar uthålligheten hos vallbaljväxter. Svenska Vallbrev Nr 1, Feb 2014. www.svenskavall.se
- Paffrath, A. & A. Frankenberg 2005. Nematoden in Ökologischen Gemüsebau – Ergebnisse einer Status-Quo-Analyse. <http://www.orgprints.org/3575>
- Pan, K., P. Gong, J. Wang, Y. Wang, C. Liu, W. Li & L. Zhang 2015. Applications of nitrate and ammonium fertilizers alter soil nematode food webs in a continuous cucumber cropping system in Southwestern Sichuan, China. Eurasian J Soil Sci 4 (4), pp. 287-300.
- Pertot, I., C. Alabouvette, E.H. Esteve & S. Franca 2015. The use of microbial biocontrol agents against soil-borne diseases. . Mini-paper from Focus Group Soil-borne diseases. EIP-AGRI Focus Group. www.eip-agri.eu

- Pitcher, R.S. 1967. The host-parasite relations and ecology of *Trichodorus viruliferus* on apple roots, as observed from an under-ground laboratory. *Nematologica* 13: 547-557.
- Plowright, R.A. 1985. The host-parasite relationships in white clovers and the clover cyst nematode (*Heterodera trifolii*). PhD Thesis, University of Wales.
- Powell, N.T. 1971. Interactions between nematodes and fungi in disease complexes. *Ann. Rev. Phytopathol.* 9, pp. 253-274.
- Powell, N.T. 1979. Internal synergisms among organisms including disease. I: Horsfall J.G. & Cowling E.B (eds.) *Plant Disease IV*. Acad. Press, New York, pp. 113-133.
- Quist, C.W., M. Schrama, J.J. de Haan, G. Smant, J. Bakker, W.H. van der Putten & J. Helder 2015. Organic farming practices result in compositional shifts in nematode communities that exceed crop-related changes. *Applied Soil Ecology* 98, p. 254-260
- Rufelt, S. 1994. Rotröta på klöver. Faktablad om växtskydd 5 J. Sveriges Lantbruksuniversitet
- Røed H. 1956. Parasittære vinterskader på engvekster og høstsæd i Norge. *Nordisk Jordbruksforskning*, 38, s. 428-432.
- Røyneberg, T. 2014. Status for PCN-kartlegging og nasjonalt PCN-register. *Bioforsk FOKUS* 9(2), s. 95
- Seinhorst, J.W. 1988. The estimation of densities of nematode populations in soil and plants. *Växtskyddsrapporter Jordbruk* 51, 107 p.
- Serikstad, G.L., C. Magnussen, G. Brodal & A. de Boer 2015. Searching for the cause of clover fatigue. In: Zeverte-Rivza, S. (ed.) *Proceedings of the 25th NJF Congress, Riga, Latvia, 16th -18th of June, 2015*, s. 61-64
- Stoltz, E. & A.-C. Wallenhammar 2012. Micronutrients reduce root rot in red clover (*Trifolium pratense*). *Journal of Plant Diseases and Protection*, 119 (3), pp. 92-99
- Støen M. 1956. Utbredelse og skade av kløverål (*Ditylenhcus dipsaci* Kühn Filipjev) på rødkløver. *Forskning og forsøk i landbruket*, 7, s. 353-356.
- Sundheim L. 1970. Pathogenicity of *Fusarium* species on red clover roots. *Ann. Acad. Sci. Fenn. A, IV Biologica*, 168, s. 63-65.
- Søegaard, K. & K. Møller 2006. Can higher legume diversity reduce clover soil fatigue? <http://orgprints.org/7542>
- Søegaard, K., K. Møller, B. Jensen, S. Elmholt & J. B. Kjeldsen 2004. Kløvertræthed. *Grøn Viden Markbrug* nr. 305. <http://pure.au.dk/portal/files/455845/gvma305.pdf>
- Tronsmo, A.M., P. Marum & C. Magnusson 1994. «Råteproblemer» i kløver. Kløverråte, rotråte og nematoder. *FAGINFO* 4, Suppl. 7 s.
- Tsiafouli, M. A., M. D. Argyropoulou, G. P. Stamou & S. P. Sgardelis 2007. Is duration of organic management reflected on nematode communities of cultivated soils? *Belg. J. Zool.*, 137 (2), pp. 165-175
- Vormann, M. & E. Leisen 2006. Nematoden auf Klee grasflächen im ökologischen Landbau – erste Erhebungen. In: Hallmann, J. (ed.) *Planzenschutz im ökologischen Landbau – Probleme und Lösungsansätze. Pflanzenparasitäre Nematoden. Berichte aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Heft 131*, s. 13-18.
- Wallenhammar, A.-C. 2010. Field surveys of *Fusarium* root rot in Swedish organic red clover leys and susceptibility test of Nordic cultivars. *NJF Report*, Vol 6, No 3, s.41-44
- Wallenhammar, A.-C., E. Adolfsson, M. Engström, M. Henriksson, S. Lundmark, G. Roempke & P. Ståhl 2005. Field surveys of *Fusarium* root rot in organic red clover leys. I: *NJF-seminar 369, Organic Farming for a New Millenium – status and future challenges. Alnarp, Sweden June 15-17, 2005. NJF Report Vol 1 No. 1.*

- Wallenhammar, A.-C., N. Nilsson-Linde, J. Jansson, E. Stoltz & G. L-Bäckström 2012. Uthålliga vallbäljväxter för miljö- och kostnadseffektiv mjölkproduktion. Slutrapport för SLF-projekt 0330037 och V0730311
- Wang, K.-H., R. McSorley, A. Marshall & R.N. Gallaher 2006. Influence of organic *Crotalaria juncea* hay and ammonium nitrate fertilizers on soil nematode communities. *Applied Soil Ecology* 31 (2006): 186-198
- Yeates, G.W. 1978. Reinfestation of small plots by clover cyst nematode – a note. *N.Z. Journal of Agricultural Research* 21: 147
- Yeates, G.W. & T.A. Visser 1979. Persistence of *Heterodera trifolii* (Nematoda) cysts in the absence of host plants. *N.Z. Journal of Agricultural Research* 22: 649-651.
- Yli-Mattila T., G. Kalko, A. Hannukkala & K. Hakala & 2005. Clover rot (*Sclerotinia trifoliorum*) and *Fusarium* fungi in organic red clover in Finland. I: NJF-seminar 369, Organic Farming for a New Millennium – status and future challenges. Alnarp, Sweden June 15-17, 2005. NJF Report Vol 1 No. 1, p. 258
- Yli-Mattila T., G. Kalko, A. Hannukkala, S. Paavanen-Huhtala & K. Hala 2010. Prevalence, species composition, genetic variation and pathogenicity of clover rot (*Sclerotinia sclerotiorum*) and *Fusarium* spp. in red clover in Finland. *European Journal of Plant Pathology*, 126, s. 13-27.
- Zhao, J., D.A. Neher, S. Fu, Z. Li & K. Wang 2013. Non-target effects of herbicides on soil nematode assemblages. *Pest Manag Sci* 69 (6): 689-84
- Zuckerman, B.M. 1962. Parasitism and Pathogenesis of the Cultivated Highbush Blueberry by the Stubby Root Nematode. *Phytopathology* 52: 1017-1019
- Öhberg, H. 2004. Klöverröta. Faktablad om växtskydd 123J. Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala
- Öhberg, H. 2008. Studies of the persistence of Red Clover Cultivars in Sweden. With particular reference to *Sclerotinium trifoliorum*. *Acta Universitatis Agriculturae Sueciae* 2008:8, Doc. Thesis SLU, Umeå
- Öhberg, H. & U. Bång 2003. Betydelsen av rottrötaangrepp för bristande uthållighet hos olika rödklöversorter. Slutrapport RJN Dnr 25/200 + 7/2003. <http://www.rjnsverige.se/slutr/03-7.pdf>

Vedlegg

Vedleggene presenterer funn av skadegjørere mer detaljert enn i selve rapporten.

Funn av Nematodegrupper og -arter på 16 gårder i Sør- og Midt-Norge i 2011-2016. Fylkesvis plassering av gårdene: Ø = Østfold, S & Fj = Sogn og Fjordane, VA = Vest-Agder, M & R = Møre og Romsdal, ST = Sør-Trøndelag, NT = Nord-Trøndelag

NEMATODE	Ø	Ø	S&Fj	VA	VA	M&R	ST	ST	ST	ST	ST	ST	ST	ST	NT	NT	ST
Stuntnematoder	X		X	X	X	X	X		X		X	X			X	X	X
<i>Tylenchorhynchus dubius</i>															X		
<i>T. maximus</i>																	
<i>T. parvus</i>																	
<i>Merlinius nothus</i>						X											
Rotsårnematoder	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Pratylenchus crenatus</i>	X					X	X	X	X			X	X	X	X		
<i>P. fallax</i>	X					X	X										
<i>P. penetrans</i>						X	X										
Spiralnematoder	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Helicotylenchus canadiensis</i>						X		X		X		X	X	X			
<i>H. pseudorobustus</i>						X											
<i>H. vulgaris</i>																	
<i>Rotylenchus sp.</i>										X			X	X			
Pin-nematoder			X	X	X	X		X			X			X	X		
<i>Paratylenchus bukowinensis</i>																	
<i>P. curvatus</i>																	
<i>P. neoamblycephalus</i>								X									
<i>P. projectus</i>						X											
Ringnematoder						X		X		X	X						
<i>Macroposthonia sp.</i>						X		X									
Stubbrottnematoder	X		X	X	X	X	X				X			X	X		
<i>Patatrachodorus</i>						X											
<i>Pachydermus</i>																	
Nålnematoder			X														
<i>Longidorus elongatus</i>																	
Cystenematoder			X	X	X	X					X			X			
<i>Heterodera trifolii</i>						X								X			

Funn av planteparasittære nematoder i jord og grad av angrep av rotråte (*Fusarium*) i røtter/rothals av rødkløverplanter. I 2014 ble prøver tatt på elleve gårder i Midt-Norge. I 2015 ble jord fra 7 av gårdene analysert for nematoder. Gård 1-4 har bare eng i vekstskiftet, gård 5-11 har både korn og eng i vekstskiftet. Antall nematodeprøver per gård: En samleprøve i 2014, 10 i 2015. Angrep av rotråte: 1= svakt angrep, 2= middels angrep, 3= kraftig angrep.

Gård nr.	Spiral-nematoder		Stuntnem.		Spisshale-nem.		Stubbrot-nem.		Rotsårnem.		Pinnem.		Ringnem.		Cystenem.		Rot-råte
	-14	-15	-14	-15	-14	-15	-14	-15	-14	-15	-14	-15	-14	-15	-14	-15	
1	4	89	15	20	0	6	0	5	13	93	18	11	0	4	0	påvist	0,5
2	132		0		30		0		1		0		5				2
3	279	1279	0	20	5	54	0	0	0	28	0	0	0	1	0	0	3
4	14		10		6		0		35		0		0		0		3
5	1030	728	10	0,3	28	0	1	0	34	188	0	0	0	0	0	0	3
6	315	373	0	0	78	110	0	0	4	26	31	83	7	61	0	0	1
7	460	745	2	0	22	0	0	0	6	28	0	0	0	0	0	0	1,5
8	25		36		10		190		75		20		2		1		2
9	620	1707	10	0	80	21	0	0	2	164	0	0	0	0,4	0	0	1
10	215	181	34	0,6	55	0	2	0	23	22	4	0	0	0	0	0	2
11	190		93		25		8		29		25		0		0		2

I 2014 ble planteparasittære nematoder registrert i jordprøvene fra alle gårdene. I alt åtte nematodegrupper ble påvist: spisshalenematoder (*Tylenchus sensu lato*), rotsårnematoder (*Pratylenchus* spp.), spiralnematoder (fam. Hoplolaimidae), pin-nematoder (*Paratylenchus*), ringnematoder (subfam. Criconematinae), stubbrot-nematoder (fam. Trichodoridae), spisshalenematoder og cystenematoder (*Heterodera* sp). Spiralnematodene var den mest vanlige gruppen og forekom på alle gårdene. Det høyeste antall som ble målt i en prøve var 1 030 individer. Her var det lite kløver, med bare 5-10 % av totalt plantedekke. Men selv med 50-60 % kløverdekke i en ett års eng på en av de andre gårdene ble det registrert 620 spiralnematoder i en prøve.

Funn av planteparasittære nematoder i jordprøver fra en gård i Møre og Romsdal 2011-2016, i prøver av 250 ml jord. Tallene angir min-max antall individer, antall prøver i parentes. I 2016 ble prøver tatt både i april og juni.

	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Stuntnematoder			6-57 (5)	15 (1)	15-26 (10)	0-52 (12)
Spiralnematoder	0 – 1 (2)	3-57 (3)		4 (1)	18-160 (10)	0-18 (12)
Ringnematoder		0-1 (3)	0-9 (5)		1-7 (10)	
Rotsårnematoder	8-22 (2)	5-29 (3)	21-438 (5)	13 (1)	29-65 (10)	0-279 (12)
Kløvercystenematoder	Påvist (2)	1-8 (3)	3-83 (5)			1 (12)
Stubbrottnematoder		2-8 (3)			2-9 (10)	0-15 (12)
Pinnematoder	2-13 (2)	0-30 (3)	3-542 (5)	18 (1)	7-15 (10)	1-553 (12)
Spisshalenematoder			120-3104 (5)		6 (10)	Ikke registrert

Funn av planteparasittære nematoder i jordprøver fra en gård i Nord-Trøndelag, antall individer i prøver av 250 ml jord. I 2011 ble 2 prøver analysert og i 2014 en samleprøve, bestående av åtte stikk. Tallene for 2015 er gjennomsnitt av 10 prøver. Tidspunkt for prøvetaking: juli 2011, høst 2014 og 2015.

	2011	2014	2015
Stuntnematoder	påvist	34	0,6
Spiralnematoder	påvist	215	181
Rotsårnematoder	påvist	23	22
Kløvercystenematoder	påvist		
Stubbrottnematoder		2	
Pinnematoder	2-13 (2)	4	
Spisshalenematoder		55	
Ditylenchus sp. (ikke stengel-nematode, i planteprøve)	2		

Funn av planteparasittære nematoder i jord og planteprøver fra seks gårder i Sør-Norge og Midt-Norge i 2012, i prøver av 250 ml jord. Tallene angir min-max antall nematoder i prøvene. Antall prøver: To prøver på gård 1,2, 5 og 6, fire prøver på gård 3 og 4.

	Østfold	Østfold	Møre og Romsdal	Sogn og Fjordane	Vest-Agder	Vest-Agder
Stuntnematoder	0-4			13-97	12-56	11-17
Spiralnematoder	106-1320	124-265	3-57		5-262	9-420
Ringnematoder			0-1			
Rotsårnematoder	0-6	144-213	5-29	8-130	50-118	20-27
Nålnematoder				3-10		
Kløvercystenematoder			1-8	0-1	0-16	
Stubbrottnematoder	0-2		0-14	0-15	0-1	7-100
Pinnematoder			0-30	0-10	6-58	0-73

Funn av seks ulike nematodegrupper på de fire av gårdene i Midt-Norge i 2015 med størst forekomst av spiralnematoder. Nematodeantall oppgitt for prøver tatt på steder med god og dårlig vekst av kløver, i prøver av 250 ml jord.

	Gård nr. 1		Gård nr. 3		Gård nr.5		Gård nr. 7		Gård nr. 9	
	God	Dårlig	God	Dårlig	God	Dårlig	God	Dårlig	God	Dårlig
Spiralnematoder	18	160	1587	972	530	926	796	695	1339	2075
Rotsårnematoder	29	65	15	13	181	84	13	15	0	163
Stuntnematoder	26	15	0	0	0	0	0	0	0	0
Pinnematoder	15	7	0	0	0	0	0	0	0	0
Ringnematoder	7	1	0	2	0	0	0	0	1	0
Stubbrottnematoder	2	9	0	0	0	0	0	0	0	0

Spiralnematodene dominerte i antall blant de plantepatogene nematodene, med i alt 91 % av totalt antall. Av disse var *Helicotylenchus canadiensis* mest tallrik, fulgt av *Helicotylenchus pseudorobustus* og *Rotylenchus* sp. Antall spiralnematoder var generelt høyt, og mye høyere enn i prøvene som ble tatt de foregående årene. Prøven med flest spiralnematoder hadde hele 3 000 individer/250 ml av *H. canadiensis*. På tre av gårdene var spiralnematodene mest tallrike i prøvene som ble tatt der det var kløver i dårlig vekst. For to av disse gårdene var forskjellen i forekomst i jord fra kløver med god og dårlig vekst notert som en tendens ($0,05 > p < 0,10$). Imidlertid ble det på en av de andre gårdene påvist signifikant høyere antall spiralnematoder i jord fra arealer med god vekst ($p=0,04$).



Foto: Kirsty McKinnon

www.norsok.no



Norsk senter for økologisk landbruk, NORSØK er ei privat, sjølstendig stifting. Stiftinga er eit nasjonalt senter for tverrfagleg forskning og kunnskapsformidling for å utvikle økologisk landbruk.

NORSØK skal bidra med kunnskap for eit meir berekraftig landbruk og samfunn. Fagområda er økologisk landbruk og matproduksjon, miljø og fornybar energi.

Norsk senter for økologisk landbruk / Gunnars veg 6 / NO-6630 TINGVOLL / Telefon: +47 930 09 884 / E-post: post@norsok.no