

# Undersøgelse af udvalgte plantepatogene nematoder- *Meloidogyne hapla* og *Pratylenchus penetrans*

Erhvervsprojekt - 15 etcs

Forfatter: Asbjørn M. Madsen

Hovedvejleder: Mette Vestergård, forsker, Institut for Agroøkologi, AU

Medvejleder: Lars Møller, konsulent, HortiAdvice

Virksomhed: HortiAdvice

Den Europæiske Landbrugsfond for Udvikling af Landdistrikterne:  
Danmark og Europa investerer i landdistrikterne



## Indholdsfortegnelse

<b>1. Forord</b> .....	<b>1</b>
<b>2. Introduktion</b> .....	<b>1</b>
2.1 <i>lagttagelser fra rådgivningsarbejdet</i> .....	1
2.2 <i>Problemformulering</i> .....	4
<b>3. Baggrund</b> .....	<b>4</b>
3.2 <i>Meloidogyne hapla</i> .....	7
3.3 <i>Pratylenchus penetrans</i> .....	13
<b>4. Metode og analyse</b> .....	<b>17</b>
4.1 <i>Dataindsamling</i> .....	17
4.2 <i>Jordprøve udtagning</i> .....	19
<b>5. Resultater og diskussion</b> .....	<b>21</b>
<b>6. Konklusion</b> .....	<b>26</b>
<b>7. Referencer</b> .....	<b>28</b>
<b>8. Bilag 1 - Udkast til Artikel til GartnerTidende</b> .....	<b>30</b>

## 1. FORORD

Denne opgave er blevet til i forbindelse med et Erhvervsprojekt i samarbejde med konsulent Lars Møller ved HortiAdvice og forsker Mette Vestergård Madsen, Institut for Agroøkologi ved Aarhus Universitet.

Opgaven består af tre dele. Første del omhandler mit besøg i virksomheden og hvilke iagttagelser jeg har gjort i den forbindelse. Anden del og den langt overvejende del af opgaven, er arbejdet med at besvare problemformuleringen, lave en beskrivelse af de to udvalgte nematoder og undersøge jordprøve analyser der er foretaget af HortiAdvice konsulenter. Den tredje og sidste del er et udkast til en formidlende artikel om *Meloidogyne* til fagmagasinet Gartnertidende, denne er vedlagt som bilag til sidst i opgaven.

I starten af forløbet blev jeg koblet op på projektet ”Fangafgrøder mod nematoder i frilandsgrønsager”, som blev udgangspunkt for opgaven. I projektet er der fundet gode resultater for en nematodebekæmpelsesstrategi, baseret på fangafgrøder med bælgplanter, specifikt mod rodgalle nematoden *Meloidogyne hapla*. Strategien går ud på at man i efteråret etablerer en bælgplante der er en god vært for nematoden. Så lader man nematoden etablere sig i værtsplanten i foråret, mens man måler graddage. Når man så rammer omkring 300 graddage med en basetemperatur på 8 grader, nedmulder man planten og bryder dermed nematodens livscyklus og bringer populationen betragteligt ned.

I dialog med Lars Møller blev fokus med denne opgave rettet mod at undersøge jordprøve analyser foretaget i forbindelse med projektet, samt jordprøver foretaget i den daglige rådgivnings arbejde af konsulenter ved HortiAdvice, primært af Lars Møller, i perioden 2012-2018. Undersøgelsen skulle forsøge at belyse forekomsterne af nematoder i Danmark og evt. tendenser i løbet af året. Målet har været at sammenholde disse iagttagelser af data, med et litteraturstudie på nematoder. For at holde opgaven inden for rammen af et Erhvervsprojekt af 15 etcs points størrelse, og undgå at komme for overfladisk ind på de biologiske aspekter af nematoder, blev *Meloidogyne hapla* og *Pratylenchus penetrans* udvalgt som fokus for opgaven.

## 2. INTRODUKTION

### 2.1 Iagttagelser fra rådgivningsarbejdet

Jeg har været tilknyttet HortiAdvice i løbet af mit erhvervsprojekt. HortiAdvice er en virksomhed der leverer rådgivning inden for gartneri og frugtproduktion. Det gælder væksthushavsgartneri, med både

prydplanter, medicinplanter(hamp), grønsager og udplantningsplanter, frilandsgartneri med fokus på grønsagsproduktion samt frugtplantager. Jeg har primært været med i den del af virksomheden der beskæftiger sig med grønsags produktion på friland.

I mit forløb ved HortiAdvice har jeg udover at følge med i projektet om nematoder også været med til en række andre aktiviteter. Dette har i høj grad været kundebesøg med forskellige konsulenter for at lære om, hvordan rådgivningsarbejdet hos grønsagsavlere, foregår i Danmark. Derudover har jeg også deltaget i opstart af forskellige projekter og et konsulentseminar afholdt af HortiAdvice. På kundebesøg har jeg fulgt Lars Møller, Pernille M. B. Kynde, Emma Christiani Skov, Ole Henrik Scharff og Peder Krosgård. Mine ture med de forskellige konsulenter har givet indsigt i forskellige virksomheder. Jeg har besøgt DanRoots, Axel Månsson, Yding Grønt og Østerkrog Gartneri. Kulturerne har blandt andet talt gulerødder, bladgrønt/babyleaf, icebergsalat, broccoli, spidskål, løg og porrer.

Besøgene hos avlerne har givet et godt indblik i hvilke udfordringer, der ligger i grønsagsproduktionen. De konsulenter jeg har været med, har kompetencer inden for de biologiske og dyrkningsmæssige aspekter. Det daglige arbejde går i stor grad med fokus på strategier og bekæmpelse af ukrudt, insekter og sygdomme, samt fokus på gødskning, etablering og høstkvalitet. En almindelig dag i forårs perioden går med besøg af avlernes marker for at følge med i væksten og udviklingen i kulturerne. Ved nogle avlere gælder det alle marker ved ugentlige besøg og andre, ofte de mindre producenter, med mere sporadiske besøg. De sporadiske besøg kan være en gang hver 14 dag, en gang om måneden eller i nogle tilfælde kun et par gange om året eller pga. et opstået problem. De hyppige besøg giver konsulenterne mulighed for at opdage problemer tidligt og nogle gange opdage dem næsten før de er opstået. Dette giver bedre handlemuligheder, end hvis man først bliver tilkaldt når skaden er sket. Som eksempel var jeg med i en bladselleri mark, hvor vi observerede forekomst af Sellerifluen (*Euleia heraclei*), men det var før end havde udviklet sig til et alvorligt problem. Det gjorde at konsulenten kunne rapportere til avleren og anbefale en strategi. Dette havde måske ikke været tilfældet hvis besøget havde været hver 14. dag, frem for ugentlige besøg. De hyppige besøg gør at de fleste markbesøg ikke giver anledning til at rapportere noget, men de få gange hvor der er noget galt har konsulenterne mulighed for at handle på det tidligt.

Udover de daglige aktiviteter hos kunderne er en stor del af konsulenterne også aktive i forskellige projekter, som enten søges hjem af HortiAdvice eller hvor de deltager som projekt partner. I disse

projekter søges der indsigt i aktuelle problemstillinger i erhvervet og hvordan man kan hjælpe avlerne i fremtiden. Projekter er også en god mulighed for at konsulenterne kan dygtiggøre sig fagligt og sætte sig ind i kendt viden, mens de er med til at generer ny viden. Aktuelt er netop projektet om nematoder i gulerødder, hvor en række konsulenter ved HortiAdvice har arbejdet med en tysk strategi til bekæmpelse af rodgalle nematoder. Nye fosfor reguleringer har også været afsat til et projekt med bedre udnyttelse af fosfor, samt at undersøge hvilke konsekvenser reguleringerne kan medføre i forskellige kulturer.

I Danmark er tendensen ligesom i det øvrige landbrug at der bliver færre, men større grønsagsproducenter. I takt med at producenterne bliver større, køber de også flere timer hos konsulenterne. Det kan gøre at de enkelte konsulenter har færre kunder og bruge større del af deres tid hos enkelte avlere. Derved får de enkelte konsulenter også større indsigt i virksomheden, og det har for nogle konsulenter været aktuelt at forholde sig til avlernes bekymringer i forhold til forretningshemmeligheder. Dette sætter høje krav til konsulenternes professionalisme, og at levere den bedste rådgivning de kan, samtidigt med at de skal holde sig fra at udbrede ting de er blevet vidende om ved andre kunder, som ikke ønskes delt. Der er også stor forskel på hvordan de enkelte rådgivere arbejder; nogle har kun kunder, der producerer en bestemt kultur, mens andre favner mere bredt i deres daglige arbejde. De voksende avlere giver også muligheder for at enkelte avlere kan få besøg af flere konsulenter, hvilket kan være positivt i forhold til professionel sparring mellem konsulenterne. Typisk er konsulenterne meget selvstændige og har stort set kontor i bilen hen over vækstsæsonen. Det betyder også at de i mindre grad interagerer med deres kollegaer, udover via. telefonisk kontakt. Når de besøger samme avlere, giver det anledning til at sparre konsulenterne imellem og hjælpe i tilfælde af tvivlsspørgsmål. De store avlere får en mulighed for selv at ansætte rådgivere direkte i virksomheden, hvilket i flere tilfælde kan være en fordel. Men der er en klar fordel i at benytte sig af en uvildig konsulentvirksomhed, som HortiAdvice. De har et meget nært netværk af kollegaer, med erfaring på mange forskellige områder, som står klar hvis der er noget en kollega er i tvivl om. Denne fordel af det nære netværk ville en konsulent ansat direkte af avleren i markant mindre grad have.

Noget meget værdifuldt for rådgivningen hos HortiAdvice er at den er uvildig, og rådgiveren kan rådgive fri af særinteresser. Dette gør også at HortiAdvice rådgivere adskiller sig fra andre fagpersoner i erhvervet, fx konsulenter ansat af frø- eller gødningsvirksomheder.

## 2.2 Problemformulering

Planteparasitiske nematoder, særligt rodgallenematoden *Meloidogyne hapla* og rodsårsnematoden *Pratylenchus penetrans*, forårsager udbyttetab og kvalitetsforringelse i flere afgrøder. Jordprøver er et essentielt værktøj i forhold til at følge med i om forekomsten af nematoder ændrer sig, om der skal træffes valg om bekæmpelses-strategier skal iværksættes og om hvorvidt disse er succesfulde. Ud fra data fra flere års jordprøver og notater foretaget af HortiAdvice-konsulenter, samt undersøgelse af litteraturen, vil jeg søge at besvare følgende:

- Hvilke variationer forekommer af de nævnte nematoders forekomst i løbet af sæsonen?
  - o Hvordan kan evt. variationer i løbet af året forklares ud fra nematodernes biologi?
  - o Hvilke overlevelsesstrategier har nematoderne og hvor længe kan de overleve i jorden?
  - o Er skadestærsklerne forskellige alt efter hvornår prøven er taget?
- Hvor forekommer de nævnte nematoder i Danmark?
- Er der nogle sammenhænge mellem disse nematoders forekomst og jordbundsforhold eller lign.?

Ud over besvarelse af ovenstående spørgsmål, vil jeg udarbejde en generel redegørelse for de to udvalgte nematoders biologi og livscyklus, med henblik på en styrket forståelse i forhold til deres skadelige effekt på landbrugs- og gartneriafgrøder.

## 3. BAGGRUND

Planteparasitiske nematoder er en væsentlig udfordring i landbrug og gartneri. Det er estimeret at af det samlede afgrøde tab kan omkring 9 % i industrialiserede lande og 14 % i udviklingslande lande tilskrives nematode angreb (Nicol et al., 2011).

Nematoder eller rundorme er en række af ormelignende dyr der hovedsageligt er vandlevende. De hører til gruppen Ecdysozoa, og er bl.a. kendetegnet ved at de skifter ham. Nematoder er generelt ens af udseende. De er bilateralt symmetriske med en langstrakt ormelignende krop, uden segmentering, som er tilspidset i begge ender. Nematoders bevægelsesmønster minder om ålens, hvorfor man også tidligere populært har brugt betegnelsen ”ål” fx kartoffelål/kartoffelcystnematoden/*Globodera rostochiensis* (Funch and Cedhagen, 2015).

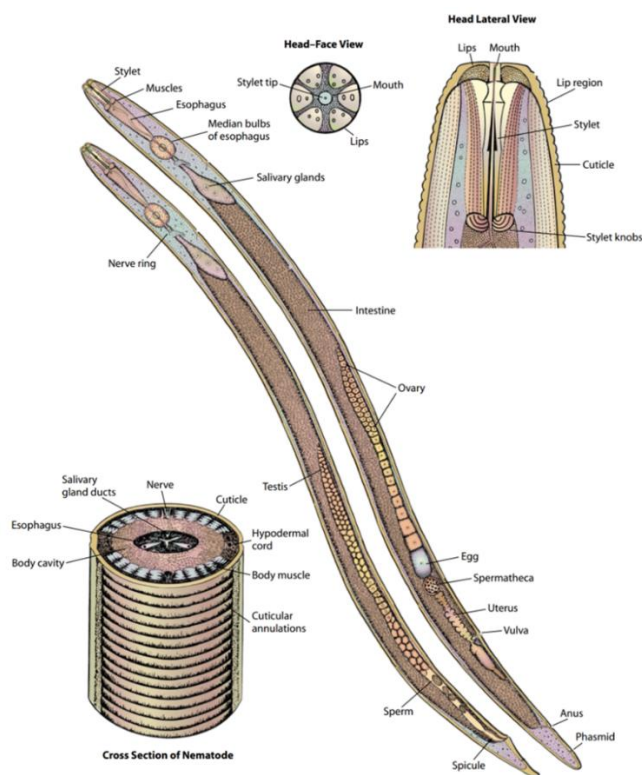
Nematoder findes i mange forskellige miljøer både i fersk- og saltvand, i jorden, i rådne substanser, i planter, dyr og mennesker. Generelt kræver nematoder vand for at kunne bevæge sig og leve, mange har dog strategier til at overleve situationer hvor vand ikke er tilstede eller er meget begrænset. Nematoder ernærer sig på mange forskellige måder. De lever af bakterier, svampe, i døde organismer eller af andre nematoder, hvis de ikke er snyltere hos mere højtstående dyr eller planter (Funch and Cedhagen, 2015). De kan være både fritlevende og parasitter (Decraemer and Hunt, 2006; Funch and Cedhagen, 2015). Nematoder er blandt de mest artsrige grupper i dyreriget. Rækken Nematoda indeholder mere end 25.000 arter og der er omkring 4.100 beskrevne arter som er plante parasitiske, hvoraf de fleste lever på eller i rødderne og færre lever på stængel eller blade over jorden (Decraemer and Hunt, 2006; Nicol et al., 2011; Perry and Moens, 2011).

En udfordring ved nematoder er at de skader de påfører planten ofte er mindre synlige end andre skadevoldere, fx. svampesygdomme eller insekter. Konsekvensen af nematode angreb er ikke nødvendigvis celle død, nekroser eller sygt celle væv. Skaderne kommer ofte i forbindelse med skadelige effekter på rodnettet, som reducerer røddernes effektivitet i forhold til adgang og optag af vand og næringsstoffer. Derfor kan nematode angreb tit fejlagtigt bliver antaget for at være stress symptomer på vand eller næringsstof mangel. Udover at nematoderne angriber planten direkte og kan reducere udbyttet kvantitativt og kvalitativt, kan de også agere vektor for andre skadegørere, fx. virus, svampe og bakterier (Nicol et al., 2011).

Grønsagsproduktion og særligt produktion af rodfrugter oplever udover et tab i udbyttevægt, også et tab i salgbare grønsager, kvalitative skader. Rodgallenematoder (*Meloidogyne hapla*) kan forårsage, at gulerødderne bliver grenede med et stort antal utilsigtede rødder, som derfor bliver sorteret fra. I Danmark skyldes de største tab i grønsager *M. hapla*. Ved angreb i gulerødder eller andre rodgrønsager, kan hele marker blive kasseret ved svære angreb (Møller, 2019).

I økologisk dyrkning er problemet med nematoder ofte større end i konventionelt, fordi sædskiftet med især mange afgrøder af ærteblomst-familien giver flere nematoder gunstige vilkår. Derudover har konventionelle sædskifter oftere perioder med enkimbladede afgrøder især korn, hvor marken holdes forholdsvist ren for tokimbladet ukrudt pga. flere ukrudtsbekæmpelsesmuligheder, særligt kemiske metoder. Flere nematoder har i disse perioder ikke nogen vært, derfor kan de have svære forhold og populationen ville falde (Hallmann et al., 2007).

De nematoder der findes i jorden og som er planteparasitiske, er almindeligvis omkring 1 mm lange. Et vigtigt morfologisk træk ved plante-parasitiske nematoder er den stilet, der kan beskrives som en hul nål, som de har i mundhulen, se Figur 1. Stiliten er et nåleagtigt mundspyd som benyttes til at prikke hul på plante cellerne for at få adgang til indholdet (Funch and Cedhagen, 2015; Perry and Moens, 2011).



Figur 1 - Generel morfologi for en planteparasitisk nematode, en han til venstre og en hun højre (Agrios, 2005, p. 927).

Plante-parasitiske nematoder interagerer på forskellig vis med deres værter i forhold til ernæring på planten og penetrering af plante væv. For overskuelighedens skyld kan disse ernæringsstrategier bruges til opdeling i følgende grupper: 1) ektoparasitter, der lever uden på værtsplanten og indsætter stiletten i de plante celler der er tilgængelige udefra og suger næring, disse inkluderer bl.a. stængel-nematoder (*Ditylenchus*), *Paratylenchus*, *Tylenchorhynchus* og *Trichodorus*; 2) migratoriske endoparasitter, disse nematoder kan i alle livsstadier bevæge sig ud og ind af plante væv og forbliver ormeformede, disse inkluderer rodsårs nematoder (*Pratylenchus*); 3) stationære endoparasitter, tidlige stadier af nematoden bevæger sig ind i plante vævet hvor den udvikler et permanent fødested, hvor den bliver indtil livscyklussen er gennemført, disse inkluderer bl.a. rod-galle nematoderne (*Meloidogyne*) og cyst-nematoderne (*Globodera* og *Heterodera*); 4) semi-endoparasitter, som i tidlige stadier delvist penetrere



plantens væv, men forbliver halvt eller 2/3 ude af planten, hvor de bliver fastsiddende og færdiggøre deres livscyklus, disse inkluderer *Tylenchulus* (Bridge and Starr, 2007a; Perry and Moens, 2011).

Forskellige afgrøder favoriserer forskellige nematode arter. En analyse foretaget i Tyskland fandt at et sædskifte med en høj andel af økologiske grønsager favoriserer slægterne *Meloidogyne* og *Pratylenchus*, mens sædskifter med en stor andel af økologiske cerealier favoriserer slægterne *Heterodera* og *Pratylenchus* (Hallmann et al., 2007). Disse er også de slægter der forårsager de største tab. Andre slægter med skadespotentiale indbefatter *Globodera*, *Paratylenchus*, *Tylenchorhynchus* og *Trichodorus*. På verdens plan vurderes cyst nematoder (*Globodera* og *Heterodera*) at have den største negative indflydelse på afgrøder, efterfulgt af rodgalle-nematoder (*Meloidogyne*) og rodsårs-nematoder (*Pratylenchus*) (Vovlas and Castillo, 2007).

I samme tyske analyse, fandt man blandt økologiske avlere at 40 % var blevet opmærksomme på problemer med nematoder mere end 10 år efter omlægning til økologisk produktion (Hallmann et al., 2007). Dette kan have flere årsager. Ved økologisk dyrkning søges ofte at undgå at have sort jord, og det kontinuerlige plantedække kan gøre at de planteparasitiske nematoder har god adgang til fødekilder. Ved økologisk jordbrug er der ofte mange forskellige afgrøder i sædskifterne og ofte dyrkes bælgplanter i hovedafgrøden for at fiksere kvælstof, hvilket giver gode vilkår for flere bredspektrede planteparasitiske nematoder fx *Meloidogyne* og *Pratylenchus* (Hallmann et al., 2007).

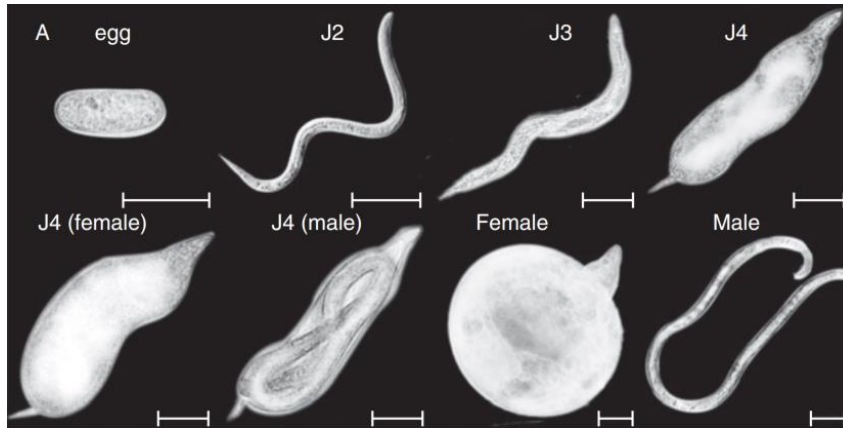
### 3.2 *Meloidogyne hapla*

*Meloidogyne* eller rodgalle nematoder er en gruppe af plante parasitiske nematoder. *Meloidogyne* har på slægts niveau tidligere fejlagtigt været grupperet med cyst nematoder (*Heterodera*), indtil 1949 hvor den blev placeret som sin egen slægt (Chitwood, 1949; Karssen and Moens, 2006).

Der findes mere end 90 beskrevne *Meloidogyne* arter, hvoraf *M. hapla*, *M. naasi*, *M. chitwoodi* og *M. fallax* er relativt almindelige i de nordlige og kølige egne af Europa. *M. chitwoodi* og *M. fallax* er også karakteriseret som karantæne organismer i Europa (Wesemael et al., 2011), de er dog ikke almindelige i Danmark.

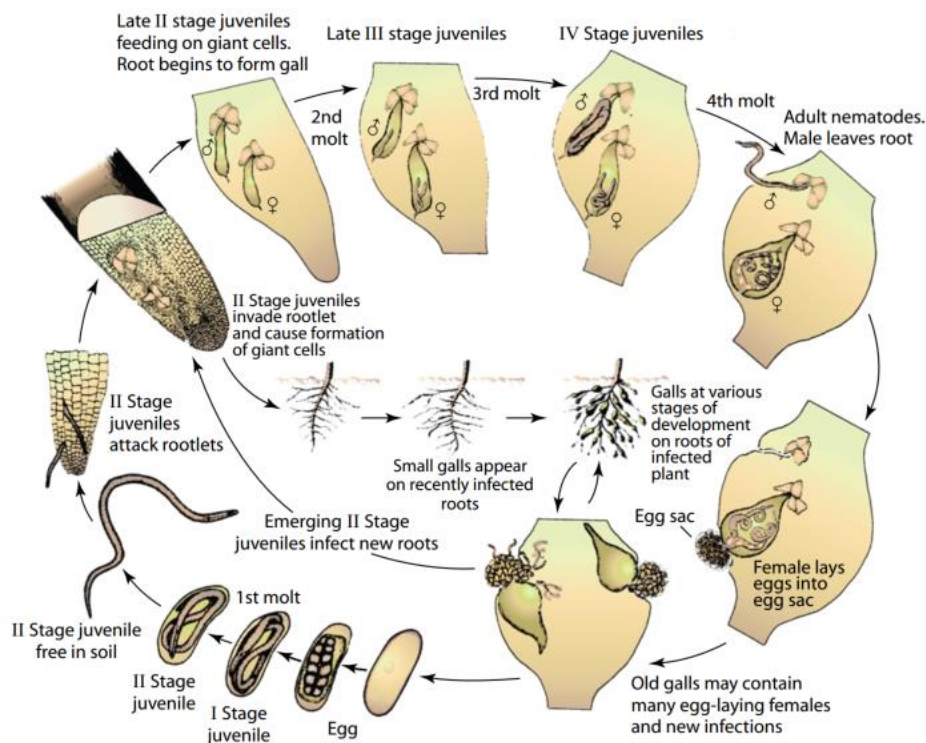
### 3.2.1 Livscyklus og morfologi

*Meloidogyne* er en stationær endoparasitisk nematode, dvs. når nematoden har fundet ind i roden på en værtsplante, sætter den sig der og afslutter sin livscyklus. Udviklingen sker gennem 6 stadier med 4 hamskifter, et mellem hver larvestadie og et i overgangen til voksenstadiet, se Figur 2.



Figur 2 - 5 af *Meloidogyne*'s 6 udviklingsstadier. Målestok angivet på figuren er 40  $\mu\text{m}$ , (Abad et al., 2009, p. 164)

Livscyklen for *M. hapla* er vist på Figur 3. I det befrugtede æg sker første hamskifte og udviklingen fra J1 til J2. Ved andet larvestadie (J2) klækkes ægget, hvorpå den opsøger en vært. Tredje larvestadie (J3) er fastsiddende i plantens rødder. Fjerde larvestadie (J4) er forsat fastsiddende. I voksen stadiet svulmer hunnen op og lægger æg, mens hanen søger ud af roden (Abad et al., 2009).



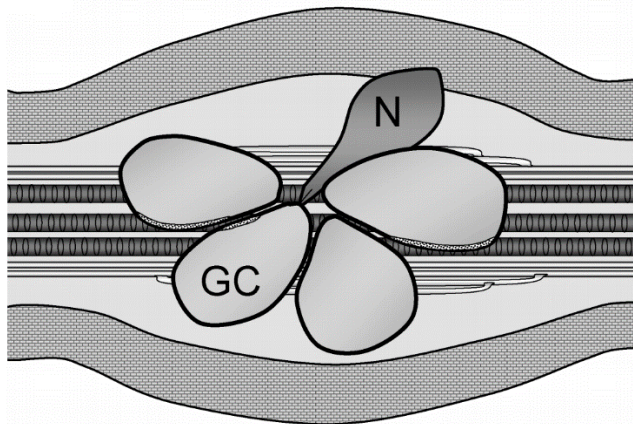
Figur 3 - Livscyklus for *Meloidogyne* (Agrios, 2005, p. 841).

Hunnen lægger æggene i en gelatinøs masse bestående af en matrix af glykoproteiner, som produceres i en kirtel i hunnen. Denne gelatinøse masse beskytter æggene mod udsving i miljøet og mod rov. Æg-masserne findes som regel på overfladen af rodgallerne, men kan også være inkorporeret i rodgallerne. Den gelatinøse æg-masse er i udgangspunktet blød, klistret og blank, men over tid bliver den fastere og mørkebrun (Moens et al., 2009). Hver hun kan producere flere hundrede æg i en god vært (Karsen and Moens, 2006), der er dog stor variation fra vært til vært.

Klækningen er primært afhængig af temperatur og tilstrækkeligt vandindhold i jorden (Moens et al., 2009). Dette gør at æggene klækkes på det tidspunkt, hvor forholdene er fordelagtige for J2-stadiet i forhold til bevægelse og lokalisering af en vært. Nogle få æg har ”forsinket klækning” og klækker ikke med det samme, hvilket gør at der er en mindre andel æg der kan agere sikkerhed for nematodens overlevelse, hvis noget går galt for de først udklækkede æg. Larver på J2-stadiet er tiltrukket af rødderne (Curtis et al., 2009). Det er meget vigtig at klækningen sker rettidigt og synkroniseret med værts tilgængeligheden for at optimere sandsynligheden for en succesfuld infektion (Curtis et al., 2009). Modsat fx cyst nematoder er *M. hapla* i mindre grad påvirket af rodeksudater fra værts planter i forhold

til klækning af æg (Inserra et al., 1983), dette kan blandt andet skyldes at *M. hapla* har en relativt bred vifte af værter (Curtis et al., 2009). De vigtigste faktorer i forhold til succesfuld reproduktion er temperatur, ilt tilgængelighed og jordens vandindhold, samt fravær af fysiologiske barrierer som dvale tilstand (Curtis et al., 2009). Reproduktion for *Meloidogyne hapla* begynder efter mellem 355 og 470 graddage med 8,8 grader celsius som grundtemperatur (Vrain et al., 1978).

Larver på J2-stadiet påbegynder normalt indtrængning lige bag rod spidsen. Indtrængningen i rødderne foregår ved en kombination af fysisk skade vha. stiletten og kemisk nedbrydning vha. af enzymer. Inde i roden bevæger nematoden sig rundt og finder et permanent sted for at ernære sig. I roden ernærer de sig på protoxylem- og protophloem-celler. Nematoden inducere dannelsen af specialiserede kæmpeceller (giantcells), se Figur 4. Nematoden er stillesiddende ved disse kæmpeceller og vokser betragteligt og ændrer udformning til en 'pølseform'. Kæmpecellerne er meget komplekse strukturer, i forhold til nematoderne er deres vigtigste egenskab at fremme afgivelsen fotosyntese produkter, som bliver indtaget af nematoderne (Chitwood and Perry, 2009; Moens et al., 2009).



▤ Xylem    — Phloem    ▨ Protuberances

Figur 4 - *M. hapla* (N) i en plante rod omgivet af kæmpeceller (giantcells, GC) (Hofmann and Grundler, 2007)

*M. hapla* kan lige som flere andre *Meloidogyne* arter reproducere uden befrugtning, men seksuel reproduktion kan også forekomme (Karssen and Moens, 2006).

### 3.2.2 Habitat og levevilkår

Jordens tekstur sammensætning, vandindhold og iltforhold, er vigtige parametre for jordlevende nematoder. Vand er essentielt for nematoder, da de disse organismer generelt ikke kan leve uden dets

tilstedeværelse. For *M. hapla* er det særligt bevægelse og overlevelse på J2 larve stadiet, hvor den ikke er stillesiddende i værtens rødder, at der er et behov for en vand film af en vis tykkelse på jordpartiklerne (Curtis et al., 2009). *M. hapla* er aktiv i jord ved omkring 50 % af markkapacitet. Når jorden er meget våd eller tør nedsættes nematodens aktivitet. Ved lavt indhold af vand er aktiviteten hæmmet af luftfyldte porer. Hvis vandindholdet er meget højt, mindskes ilttilgængeligheden (Karssen and Moens, 2006; Wong and Mai, 1973).

Skader pga. *Meloidogyne* er ofte associeret med sandede og lette jorde (Karssen and Moens, 2006). Størrelsen af porer er essentielt for *M. hapla* larver i forhold til bevægelse. Porer størrelsen afhænger delvist af jordpartikler, delvist af partikel aggregater og med en faktor af jordpakning der også spiller ind (Curtis et al., 2009). Disse er sandsynligvis forklaringen på at *M. hapla* generelt trives bedst på sandede jorde, hvor en overvejende del af jordpartiklerne er af en vis størrelse der giver nematoden gode muligheder for bevægelse.

Generelt for rodgalle nematoder har de mange værter, hvilket gør det udfordrende at bekæmpe den vha. sædskifte (Wesemael et al., 2011). *M. hapla* har mere end 550 værtsplanter, hvor den opformeres. Af disse er den af økonomisk betydning for mindst 26 arter, bl.a. kartofler, sukkerroer, løg, ærter, gulerødder, salat, bønner, jordbær skorzonerrødder, raps, kløver og vikke (Skov, 2016)

Over en 9 ugers periode undersøgte Bélair og Benoit (1996) reproduktionsgraden af *M. hapla*, dvs. det antal æg og larver der var efter forsøget havde kørt, i forhold til start antallet i hver potte, på en række afgrøder og ukrudts planter. Her fandt de at gulerod (*Daucus carota*) havde en reproduktionsgrad på 2.92, pastinak (*Pastinaca sativa*) på 6.81 og tomat (*Lycopersicon esculentum*) på 13.71. Derudover fandt de en række gode værter blandt ukrudtsplanter der også findes i Danmark, fx Nikkende Brøndsel (*Bidens cernua*) med en reproduktionsgrad på 8.59 og Skive-Kamille (*Matricaria matricarioides*) på 5.05 begge fra Kurvblomst-familien, og Almindelig pengeurt (*Thlaspi arvense*) på 4.55 fra Korsblomst familien. Derudover en række arter med lavere reproduktionsgrader fx Hyrdetaske (*Capsella bursa-pastoris*) på 0.47 fra Korsblomst familien, Hvid Okseøje (*Leucanthemum vulgare*) på 0.74 og Sumpevigheidsblomst (*Gnaphalium uliginosum*) på 0.83 begge fra Kurvblomst familien, Almindelig fuglegræs (*Stellaria media*) på 2.85 fra Nellike familien, og Flerfarvet ærenpris (*Veronica agrestis*) på 1.24 fra Vejbred-familien.

### 3.2.3 Forekomst og skader

Tab i udbytte pga. *Meloidogyne hapla* sker pga. flere faktorer (Moens et al., 2009). Ved angreb af *Meloidogyne*, begrænses energien fra fotosyntesen der går til plantes vækst, mens dette i stedet går til nematoderne. Der sker altså en overførsel af energi fra planten til nematoden, som kan give et udbyttetab. Derudover kan angrebene på plantens rødder også medfører et mindsket rodoptag af næringsstoffer, som kan medføre næringsstofmangel i planten, som går ud over plantens vækst. I gulerødder og andre rodgrønsager skyldes tabene i høj grad grenede og trevlede rødder, som gør at rødderne kasseres da de ikke er salgbare (Karssen and Moens, 2006).

Der er sammenhæng mellem populationsstørrelsen af *M. hapla* i jorden og udbytte tab. I et studie af Potter og Olthof (1977) blev fundet udbytte reduktioner i tomater på 10 % ved 6.120 larver per kg jord og 40 % ved 27.950 larver per kg jord. I dette studie blev det ikke påvist, at forekomster på omkring 260 og 1.840 larver per kg jord, forårsagede væsentlige udbytte tab. 50 larver per 100 cm<sup>2</sup> svarer ca. til 280 larver per kg jord, hvilket vil sige at 260, 1.840, 6.120 og 27.950 larver per kg jord svarer til ca. 46, 328, 1092 og 4991 larver per 100 cm<sup>3</sup> jord.

Skades potentialet for en række afgrøder er samlet af Wesemael et al. (2011). Det er i gulerødder fundet skadespotentiale på 77 % ved 800 æg per 100 cm<sup>3</sup> jord (Gugino et al., 2006) i salat 64 % ved 3200 æg per 100 cm<sup>3</sup> jord (Viaene and Abawi, 1996) og i løg 41 % ved 800 larver per 100 cm<sup>3</sup> jord (Pang et al., 2009). Disse viser at der er et væsentligt potentiale for alvorlige udbyttetab i en række afgrøder, men disse høje skadeniveauer er fundet ved meget høje forekomster i forhold til hvad der er almindeligt at finde i marker, derfor er det relevant at kigge på skadestærskler. Ved fastsættelse af skadestærskler tages højde for forventet udbytte, etablerings- og høstomkostninger og salgspris for afgrøden. Skadestærsklen er der hvor afgrøden, på trods af skader, forsat giver en indtægt, som dækker udgifterne. Eurofins angiver en skadestærskel på 100 larver per 100 cm<sup>3</sup> jord ved dyrkning af gulerødder. Men hos konsulenter i HortiAdvice benyttes en lavere skades tærskel da jordprøverne som regel bliver taget på større arealer end anbefalet, og derfor har man sænket skadestærskelen til 20-50 larver per 100 cm<sup>3</sup> jord (Skov, 2016).

### 3.2.4 Overlevelsesstrategi

*Meloidogyne* overlever væsentligt kortere tid i jorden uden en vært end fx cyst nematoder der kan forblive levedygtige i flere år.

Overlevelsesstrategier for *Meloidogyne* inkludere en række fysiologiske og biokemiske tilpasninger, heriblandt forsinket embryonal udvikling, dvaletilstand, samt lipide energi reserver som forlænger overlevelsessevnen for J2-stadiet, indtil den har fundet og trængt ind i en vært (Evans and Perry, 2009; Karssen and Moens, 2006).

Ved tørke sikre arter af *Meloidogyne* sin overlevelse ved at æggene lægges i en gelatinøs matrix, som kan sikre en høj fugtighed og agere barriere mod at æggene udsættes for vandtab (Karssen and Moens, 2006).

*Meloidogynes* evne til at gå i dvale kan opdeles i to. Dvale i æg stadiet ved lægning under ugunstige forhold eller sent på sæsonen, og dvale i larvestadiet i tilfælde af spontant opståede ugunstige vilkår. Hvis æg lægges under ugunstige forhold eller sent på sæsonen indtræffer en dvaletilstanden, også kaldet diapause. Det vil sige at nogle af de lagte æg ikke klækkes umiddelbart, men forblive i dvale ind til forholdene er mere gunstige. Denne egenskab sikre overlevelse fra en sæson til den næste. Den anden er en spontan respons på ugunstige forhold, hvor normal aktivitet og udvikling sættes i bero midlertidigt for at sparre på oplagrede energi reserver, og genoptages når gunstige forhold vender tilbage (Evans and Perry, 2009).

### 3.3 *Pratylenchus penetrans*

*Pratylenchus* eller rodsårs nematoder er en fritlevende endoparasitiske nematoder, dvs. de opholder sig primært i planten, men kan bevæge sig rundt i den (Vovlas and Castillo, 2007). *Pratylenchus penetrans* er den art af slægten *Pratylenchus*, som forårsager de største skader i Danmark.

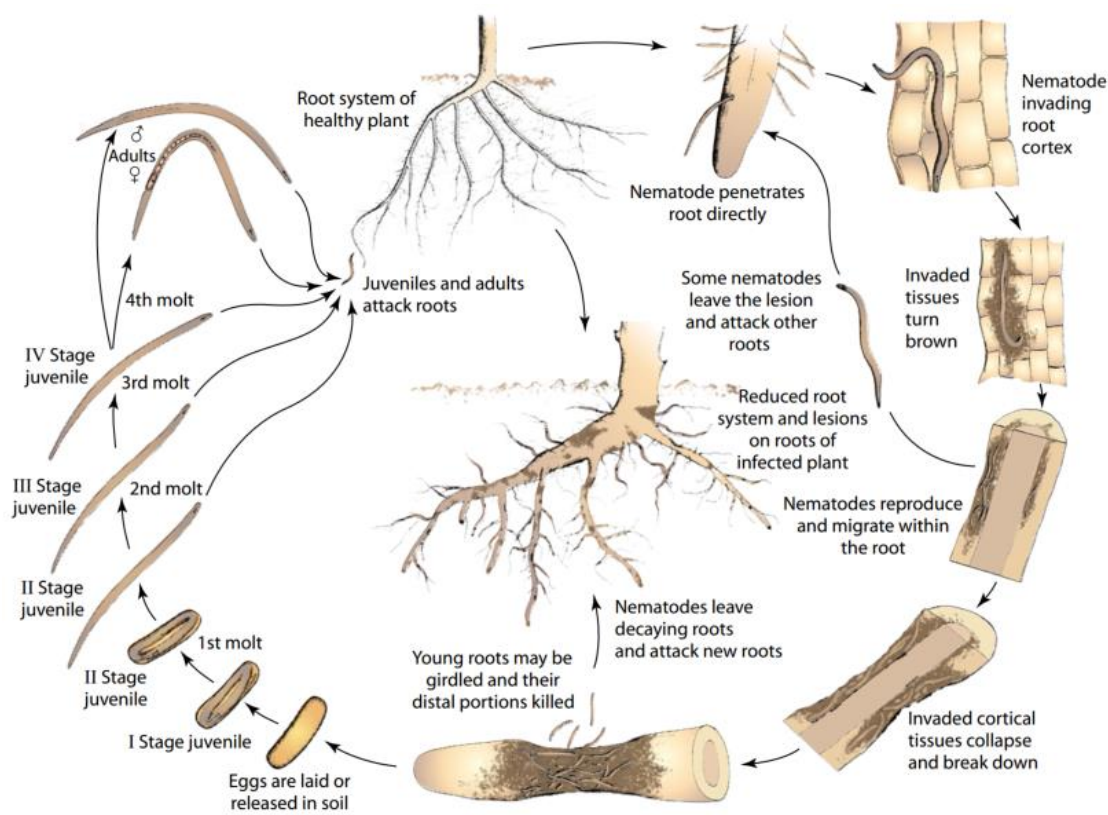
#### 3.3.1 Livscyklus og morfologi

*Pratylenchus* har 6 stadier og gennemgår fire hamskifter, se Figur 5. Det første er ægget, i ægget dannes første larvestadie (J1), som laver hamskifte til andet larvestadie (J2), hvorefter ægget klækkes af larven vha. dens stilet. Fra det klækkes og i de følgende stadier er nematoden mobil. *Pratylenchus* er ormeformet fra J1 af, og kan bevæge sig frit rundt og inficere værtsplanter rødder fra den er ude af ægget. Hunner kan lægge æg enkeltvis eller i mindre grupper, inden i rødderne eller i omkringliggende jord (Vovlas and Castillo, 2007).

Længden af *P. penetrans* livscyklus under naturlige forhold er svær at bestemme, men gennemføres sandsynligvis på mellem 3 og 8 uger alt efter hvordan forholdene er, hvor særligt lave temperaturer er en



begrænsende faktor. Temperatur har en stor indflydelse på fysiologiske processer, som fx bevægelse, vækst og reproduktion (Vovlas and Castillo, 2007). Under kontrollerede forhold varer gennemførelsen af en livscyklus for *P. penetrans* 46 (ved 17 °C), 38 (ved 20 °C), 28 (ved 25 °C), 26 (ved 27 °C) og 22 dage (ved 30 °C) (Mizukubo and Adachi, 1997) . Den effektive tid akkumuleret i temperatur blev fundet til 548 graddage med en nedre temperatur værdi på 5.1 (Mizukubo and Adachi, 1997). Den optimale temperatur for *P. penetrans* er 25 °C, men den kan reproducere sig ved temperaturer ned til 15 °C og op til 30 °C. *P. penetrans* er aktiv i rødderne ned til jordtemperatur på 7-13 °C og kan forårsage skade på fx løg i det sene efterår og tidlig sommer (Mizukubo and Adachi, 1997; Vovlas and Castillo, 2007).



Figur 5 -Livscyklus for *Pratylenchus*, (Agrios, 2005, p. 852)

### 3.3.2 Habitat og levevilkår

*P. penetrans* har en bred vifte af værter, man har fundet mellem 350 og 400 arter som nematoden parasiterer. Af landbrugsafgrøder og frilandsgrønsager kan nævnes lucerne, kløver, hestebønner, kartofler, bønner, hvidkål, gulerod, selleri, salat, ærter, spinat og jordbær. Det er dog relativt få afgrøder hvor *P. penetrans* giver alvorlige økonomiske tab (Duncan and Moens, 2006; Vovlas and Castillo, 2007).



Trods *P. penetrans* mobilitet igennem hele livscyklusen, er denne dog begrænset til 1-2 m omkring de rødder den har inficeret og under optimale forhold kan de bevæge sig 2 cm på 7 dage. Pga. af dens begrænsede mobilitet er spredning fra mark til mark forklaret af andre faktorer. Landbrugsmaskiner og jord på sko kan flytte nematoden fra inficerede marker. Også oversvømmelser kan sprede nematoderne. En tredje faktor kan være udplantningsplanter eller flytning af plante materiale der indeholder jord, fx lægge kartofler eller import af udvaskede grønsager, hvor spildevandet og frasoorteringer ender ude på markerne (Vovlas and Castillo, 2007).

*P. penetrans* trives bedre på lette og sandede jorde fremfor tunge og lerede jorde (Vovlas and Castillo, 2007). Vandindholdet i jorden er en anden vigtig parameter, der spiller ind i forbindelse med en række livs processer hos *Pratylenchus*. Generelt trives *Pratylenchus* optimalt ved 70-80 % af markkapaciteten. pH er også en vigtig faktor der har stor indflydelse på nematodens udvikling. Men generelt trives de godt i det samme område af pH, som værtsplanten. Derfor er pH forholdene ofte optimale for nematoderne i landbrugsjord, da man her forsøger at holde den optimale pH for afgrøder, fx ved spredning af kalk (Vovlas and Castillo, 2007).

### 3.3.3 Forekomst og skader

*P. penetrans* forårsager en reduktion i rodvækst, samt læsioner, nekrotiske områder og celle død i planterødderne. Ofte efterfølges nematode angrebene med angreb af svampe eller bakterier der findes i jorden. Rod skaderne sløver plantens vækst og øger dens sårbarhed over for vandmangel og kan forårsage gule blade og hæmmet vækst. Infektioner kan komme i hele rodens længde, med skader forekommer ofte på epidermis, cortex og rod endodermis (Vovlas and Castillo, 2007).

Skadestærskler for *P. penetrans* er essentiel i forhold til at træffe beslutninger om hvorvidt en mark kan bruges eller ej. For gulerødder er den 100-140, i blomkål 600, i salat 600 og i løg 67 per 100 cm<sup>3</sup> jord (Olthof and Potter, 1973; Seinhorst, 1998; Vovlas and Castillo, 2007; Vrain and Belair, 1981).

Der er generelt en reduktion af populationer af *P. penetrans* i løbet af kolde vintre, disse reduktioner i populationer kan variere mellem 40 og 60 % (Vovlas and Castillo, 2007). Antallet af *P. penetrans* fladt med omkring 50 % i de øverste 15 cm jord, i det nordlige USA med øvre og nedre gennemsnits temperaturer på -0,8 og -1,1 °C i jorden (Kimpinski and Dunn, 1985). Samme studie fandt en stigning i antallet af *P. penetrans* i en vinter hvor gennemsnits temperaturerne var over frysepunktet og sne gjorde

at jorden ikke frøs (Kimpinski and Dunn, 1985).

Jordtype og jordens vandindhold er meget bestemmende for overlevelsen af *P. penetrans*. Jordtypen kan gøre at jorden holder mere på vandet og dermed er vandindholdet højere. Klimatiske forskelle kan også spille ind og være med til at højne vandindholdet i jorden. Og det er særligt temperaturer under frysepunktet og jord med højt vandindhold, der er hårdt ved overlevelsen af nematoderne (Vovlas and Castillo, 2007).

Der er tendenser til at populationer af *P. penetrans* variere i løbet af sæsonen særligt med reduktioner i efterårs- og vintermånederne. Det er forsøgt at lave populations dynamikker for *P. penetrans*. Dette arbejde vanskeliggøres dog betragteligt af den uregelmæssige fordeling af nematoder i jorden, som har gjort at det har været vanskeligt at forfine disse modeller vha. af jordprøve analyser (Vovlas and Castillo, 2007). En anden forklaring på at det er en udfordring at finde populations dynamikker kan være at populationen ikke er bestemt af sæsonen alene, men er en lige vægt mellem biotiske og abiotiske faktorer. I løbet af værtsplanternes vækstsæson ses ofte en reduktion i den observerede populationsstørrelse, hvilket sandsynligvis falder sammen med at nematoderne bevæger sig ind i rødderne og dermed ikke observeres i jordprøver. Samme tendens kan gøre sig gældende i slutningen af vækst sæsonen, hvor nematoderne søger ud af rødderne, og kan derfor observeres i højere populationer i jordprøver sent på sommeren og tidligt på efteråret (Vovlas and Castillo, 2007).

#### 3.3.4 Overlevelsesstrategi

Pga. det store antal af værtsplanter kan *P. penetrans* overleve på mange ukrudtsplanter og derved overleve perioder, hvor der er afgrøder som ikke agere vært for nematoden.

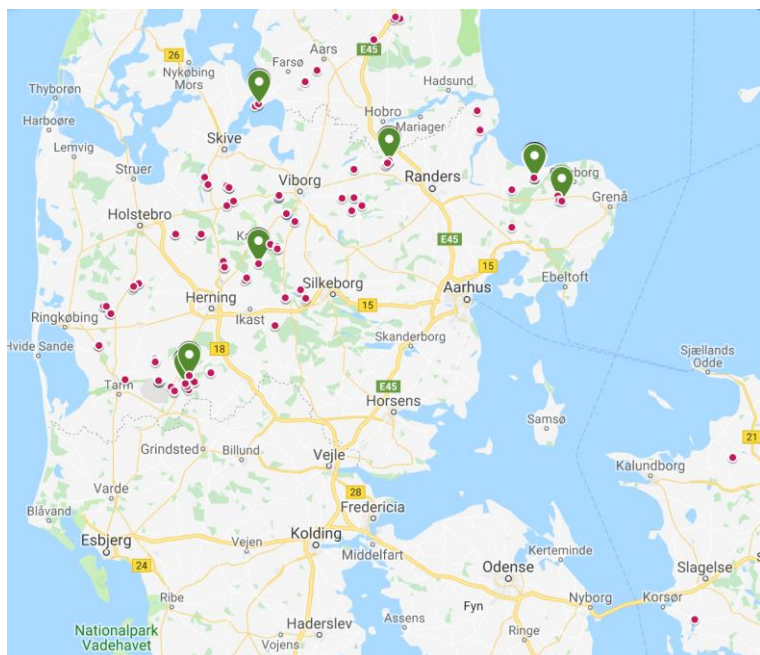
Mange arter af *Pratylenchus* er tilpasset abiotisk stress, fx tørke, varme og kulde og biotisk faktorer, fx rov fra andre organismer eller død hos værtsplanten. *Pratylenchus* overlevelse strategier indbefatter både adfærdsmæssige og fysiologiske. Fysisk er *Pratylenchus* beskyttet af en relativ tyk kutikula, det yderste beskyttende lag hos nematoder, samt det faktum at de lever det meste af der liv inde i planter, hvilket giver en vis beskyttelse mod rovdyr. Ægget er det vigtigste stadie i forhold til overlevelse i manglen på værtsplanter. Ægget er dækket af en skal i tre lag, som giver en god beskyttelse i forbindelse med tørke i lange perioder (Vovlas and Castillo, 2007).

Det er også velkendt at mange *Pratylenchus* arter, heriblandt *P. penetrans* besidder evnen til at overgå til en tilstand kaldet kryptobiose, eller mere præcist anhydrobiose. Det er en tilstand hvor alt metabolisk aktivitet er stoppet og hvor den til en væsentlig grad udtørre, hvilket gør at nematoden kan overleve perioder hvor forholdene er dårlige. Evnen til at gå i tilstanden anhydrobiose er en af årsagerne til at *P. penetrans* har en god evne til at overleve og med til at gøre det sværere at frigøre marker for nematoden. Anhydrobiose kan forekomme i alle livsstadier inklusive æg stadiet. I denne tilstand kan *P. penetrans* også overleve frost pga. tabet af vand, som mindsker celledskader ved frost (Vovlas and Castillo, 2007). Ved anhydrobiose kan *P. penetrans* overleve i mere end et år (Jones et al., 2013) og op til 2 år, dog med en dødelighed over 95 % (Townshend, 1984).

## 4. METODE OG ANALYSE

### 4.1 Dataindsamling

I forbindelse med min tilknytning til Lars Møller konsulent i HortiAdvice, har jeg fået adgang til en stor mængde jordprøve-analyser, som jeg har forsøgt at undersøge. Jordprøverne er primært indsamlet af Lars Møller i områder hvor hans kunder har grønsagsproduktion, primært i Midt- og Vestjylland. Derudover er der to prøver fra Sjælland, taget af Emma Christiani Skov. Samlet geografisk oversigt af jordprøverne er vist i Figur 6. Perioden for indsamlingen strækker sig over flere år, fra 2012 til 2018. 3 prøver fra 2012, 16 fra 2013, 17 fra 2014, 2 fra 2015, 9 fra 2016, 55 fra 2017 og 57 fra 2018.



Figur 6 - Oversigt over hvor jordprøve analyserne er taget, rød prik for jordprøver taget hos avlerne, grøn nål markere de syv lokationer hvor der har været forsøgsmarker.

Jeg har arbejdet med 159 jordprøve analyse resultater i alt. Disse er opdelt i to dele. Den ene består af 124 prøver, taget hos avlere for at vurdere deres markers egnethed til grønsagsproduktion primært i forhold til gulerødder. Den anden del på 37 består af en række analyser der er blevet foretaget i forbindelse med projektet ”Fangafgrøder mod nematoder i frilandsgrønsager”, hvor der er foretaget flere jordprøver på samme mark hen over sæsonen i 2017 og 2018. Disse er taget på 7 forskellige lokationer, se Figur 6. Markerne fra forsøget har været opdelt i forskellige behandlinger uden gentagelser. Jordprøverne jeg har med i denne opgave er taget i kontrol parceller, dvs. disse har været drevet mere eller mindre, som man ville have gjort under almindelige omstændigheder.

Jordprøverne er taget i marker med en stor variation i en række forhold, det gælder arealet af markerne, jordbundsforhold, plantevæksten i marken og tidspunktet for prøvetagning. Derudover er der også nogle forskelle i analysebeviserne, da man kan bede laboratorierne om at undersøge for alle nematoder eller specifikke nematoder. Og ved en række analyser forligger der kun resultater for *Meloidogyne* arter. Det er heller ikke konsekvent i alle beviser med angivelserne. I nogle analysebeviser er der angivet 0 fundne nematoder per 100 cm<sup>3</sup>, mens der i andre fremgår at der er blevet undersøgt for alle arter, men ikke angivet noget. Derfor har jeg kun brugt resultater hvor der er blevet angivet direkte at forekomsten er 0.

Der er også nogle analysebeviser hvor nematode arterne ikke er blevet skilt ad fx *Penetrans spp.* dvs. laboratoriet af den ene eller anden årsag ikke har delt nematoderne op i de enkelte arter. Her har det heller ikke været muligt at benytte resultatet til at sige noget om forekomsten af de enkelte arter. I forhold til størrelsen af markerne skønner Lars Møller, at prøverne er udtaget fra marker, der i gennemsnit er 10 hektar varierende fra 5 til 20 hektar.

Prøverne er primært taget fra august til november. Første del af jordprøverne fordeler sig med 8 i januar, 2 fra februar, 6 i juli, 21 i august, 2 i september, 25 i oktober, 56 i november og 4 i december. Anden del af prøverne er udtaget på syv forskellige lokationer fordelt ud over året.

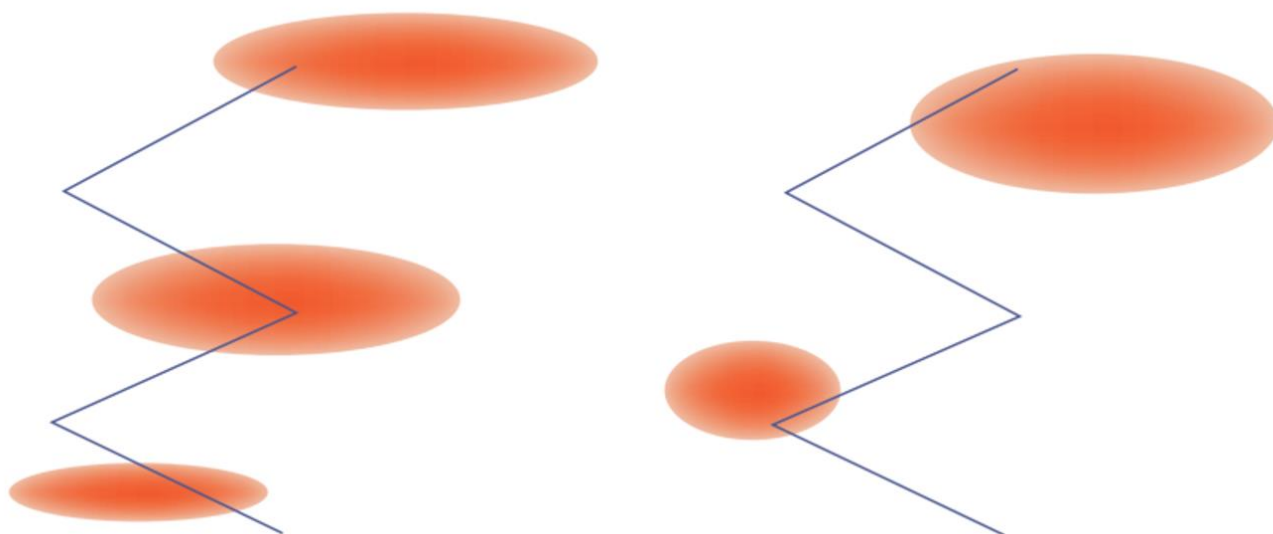
Prøverne er primært taget på økomarker, med to prøver fra konventionelle marker hos avlere. Markerne er meget blandet i forhold til hvad der har været på markerne før prøvetagning. Generelt er alle prøver taget på lette sandede jorde da nematoder meget sjældent volder problemer på tunge lerede jorde.

Analyserne er foretaget af laboratorierne HLB og BLGG (senere opkøbt af Eurofins). Alle de her anvendte prøver er gennemgået inkubation. Dvs. de æg der er i prøven kan nå at klækkes før prøven bliver analyseret og nematoder der befinder sig inde i rødder søger ud i jorden. Inkubationen varer generelt omkring to uger. De konkrete metoder er ikke forespurgt hos de to laboratorier.

Da datasættet er meget uensartet, har jeg ikke kunnet lave statistik på det, men har i stedet forsøgt at lave nogle iagttagelser og fundet nogle tendenser.

## 4.2 Jordprøve udtagning

Grundlaget for at jordprøven analysen er udtagning af en jordprøve på marken. Da nematoder generelt ikke er særligt mobile forekommer de ofte pletvist med høje densiteter i marken, illustreret på Figur 7. Det at de ikke er ligeligt spredt udover marken, kan være en udfordring i forhold til at tage en repræsentativ prøve.



Figur 7 - Illustration hvor lokal forekomsterne af nematoder i en mark kan være markeret med rødt og indtegnning af W rute til at indsamle prøver ved (Bridge and Starr, 2007b)

Det anbefales at en jordprøve tages på et stykke jord af maksimalt 5 hektar, for at undgå alt for store variationer (Bridge and Starr, 2007b). Fra analyse laboratorieret BLGG Agroxpertus /Eurofins anbefales ikke større arealer end 1-2 hektar (Skov, 2016). Jordprøver tages i praksis af konsulenterne hos HortiAdvice på marker fra omkring 5 hektar op til 20 hektar. I gennemsnit er markerne ca. 10 hektar til de jordprøver der er fremstillet i denne rapport (Møller, 2019). Den primære årsag til at man tager jordprøver på større arealer af gangen end det anbefales, er at det ikke kan hænge sammen økonomisk at tage det antal jordprøver der skulle til for at tage en prøve for hver 1-2 hektar (Skov, 2016).

Når en jordprøve udtages, ønskes markens dækket bedst muligt, da der kan forekomme store og meget lokale variationer i marken. Dette kan gøres ved at følge et mønster på sin rute igennem marken, se Figur 7. Når man har langt sig fast på en rute, vurderer man antal skridt mellem hvert stik, således man får ca. 50 stik per mark. Ved at fastlægge rammerne for prøvetagningen reducerer man risikoen for at blive påvirket til at tage stik særlige steder, fx der hvor man tror der kan være nematoder, eller der hvor spyddet går nemt i jorden. Hvis man på forhånd har valgt antal skridt mellem hvert stik og ruten, og følger dette er man relativt sikker på, at det er en uvildigt udtaget prøve. Efter prøven er udtaget blandes jordprøven grundigt for at sikre at nematoderne er så ligeligt fordelt i jordprøven så muligt (Møller, 2019).

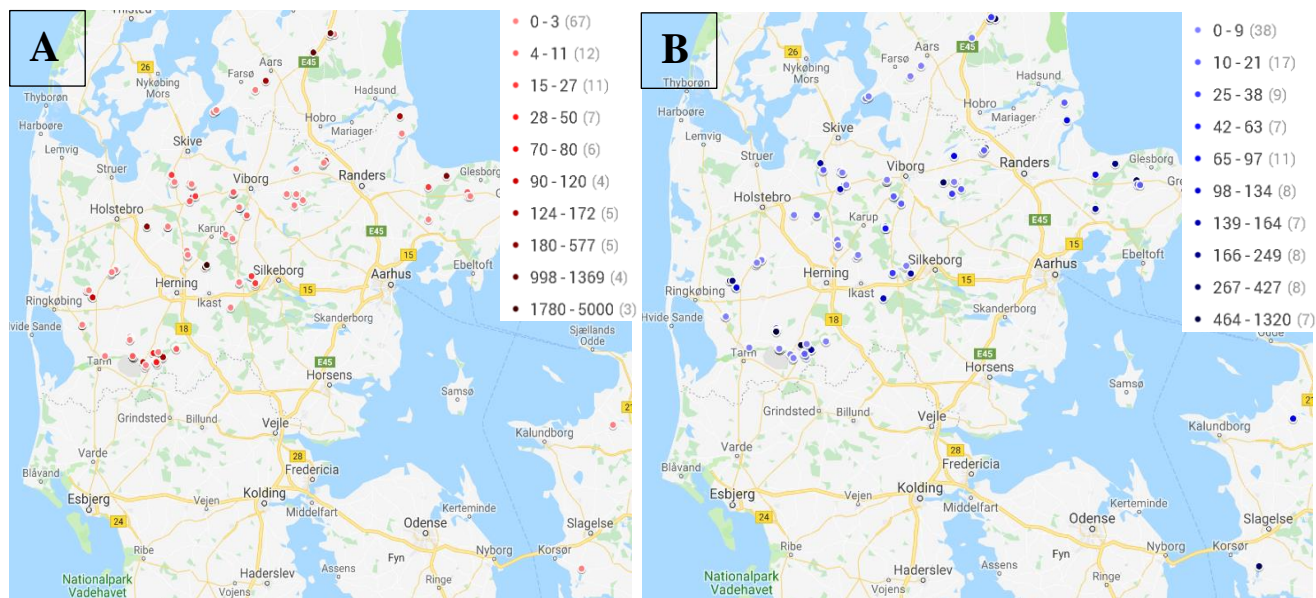
## 5. RESULTATER OG DISKUSSION

Med udgangspunkt i første dataset, med 124 prøver udtaget hos avlere. Blandt disse var der i 50 % af prøverne fundet forekomster af *M. hapla* og i omkring 78 % af prøverne fundet forekomster af *P. penetrans*. Udover *M. hapla* og *P. penetrans* er *Pratylenchus crenatus*, *Pratylenchus neglectus*, *Paratylenchus spp.*, *Tylenchorhynchus spp.* og *Paratrichodorus pachydermus* også forholdsvis almindelige. I lidt mindre grad, men dog alligevel hyppigt, forekom *Helicotylenchus spp.*, *Trichodorus primitivus* og *Trichodorus similis*.

Disse fund viser at både *M. hapla* og *P. penetrans* er forholdsvis almindeligt forekomne. Det er væsentligt at nævne dette resultat sandsynligvis er højt sat, i forhold til hvor almindelige forekomsten af de to nematoder er. Disse analyser er foretaget med henblik på at undersøge markens egnethed til dyrkning af grønsager, og hvis man vurderer at der er en lille risiko for nematoder i den pågældende mark er der ikke foretaget en analyse. Fx er der generelt ikke foretaget analyser på tunge lerede jorde, da der generelt på disse ikke er problemer med nematode angreb. Tillige er det sandsynlig at andre forhold kunne gøre at man har undladt at foretage en analyse, hvis markens historik mindsker risikoen for problemer med nematode, fx marker omlagt fra konventionelt til økologi hvor der generelt har været dyrket meget korn, sjældnere forekommer nematode problemer. Derfor ville forekomsterne formentligt være sjældnere i tilfældigt udvalgte marker.

Hos HortiAdvice er det primært *M. hapla* man undersøger for. Her bruge de en skadestærskel på 20-50 nematoder per 100 cm<sup>3</sup> jord. Ved denne undersøgelse lå omkring 78 % af markerne under 50 og omkring 65 % under 20 nematoder per 100 cm<sup>3</sup>.





Figur 8 - Forekomsten af nematoder fordelt over de lokationer hvor der er taget jordprøver for avlere. A) markeret med rød og interval angivelse for forekomsten af *M. hapla* (nematoder per 100 cm<sup>3</sup> jord), B) markeret med blå forekomst af *P. penetrans* (nematoder per 100 cm<sup>3</sup> jord).

Figur 8 viser jordprøverne fordelt over landet, med angivelse af populationsniveauet ved interval inddeling. Her ses ikke nogen tydelig fordeling af forekomsten af de to nematoder, men en ganske spredt fordeling med høje forekomster forskellige steder i landet. Man ville formentligt se en højere forekomst ved analyser i lette jorde i forhold til tunge jorde, men i denne undersøgelse er der ikke prøver taget i tunge jorde, hvorfor denne tendens ikke kan bekræftes. Jordprøverne dækker ikke hele landet, men med de to prøver på Sjælland og bekræftelse fra flere af de rådgivere jeg har været med rundt, er min klare opfattelse at disse to nematoder forekommer mere eller mindre i hele landet, dog i noget mindre grad på lerede jorde. Det ville dog være interessant at verificere denne formodning.

Tabel 1 viser resultaterne for prøverne udtaget i forbindelse med vurdering af egnethed til dyrkning af gulerødder. For *M. hapla* er der i seks prøver fundet niveauer over 1000 nematoder per 100 cm<sup>3</sup> jord, med de højeste på 5000 og 2250 nematoder per 100 cm<sup>3</sup>. Disse gør at gennemsnittet bliver meget højt og standardafvigelsen tilsvarende høj. Det gør det også vanskeligt at bruge gennemsnittet til at sige noget ud fra. Medianen for *M. hapla* ligger på 0.5 nematoder per 100 cm<sup>3</sup> jord, hvilket overvejende er pga. at halvdelen af prøver havde en forekomst på 0 hvilket trækker den væsentligt ned. Medianen og gennemsnittet ligger væsentligt fra hinanden, hvilket kan indikere at dataene ikke er normalfordelt, hvilket giver god mening der er tale om en optælling. For *P. penetrans* er billedet lidt



det samme, her er dog ikke målt helt så høje forekomster. Der er seks målinger over 500, hvor de højeste er på 1320 og 1061 nematoder per 100 cm<sup>3</sup>. Hvilket giver en lavere standardafvigelse, dog stadig for høj til at fortælle noget meningsfuldt om den gennemsnitlige forekomst på danske marker. Disse resultater giver dog et billede af på hvilket niveau populations størrelserne er i på danske marker. Som tidligere nævnt skal der dog nævnes det forbehold at prøverne ikke er taget på helt tilfældige marker, men skønnes at være taget hvor man kunne forvente at der kan være problemer med nematoder. Derfor ligger de fundne værdier sandsynligvis højere end hvis man tilfældigt havde udvalgt markerne.

Tabel 1 - Resultater for forekomsten af *M. hapla* og *P. penetrans* nematoder per 100 cm<sup>3</sup> jord, de prøver der er foretaget hos avlerne.  
\*Grunden til at der er 4 færre prøve for *P. penetrans* er at der var 4 prøver der kun blev analyseret for *M. hapla*.

	<i>M. hapla</i> $\left(\frac{M.hapla}{100 \text{ ml jord}}\right)$	<i>P. penetrans</i> $\left(\frac{P.penetrans}{100 \text{ ml jord}}\right)$
<b>Laveste værdi</b>	0	0
<b>1. kvartil</b>	0	3.5
<b>Median</b>	0.5	32
<b>3. kvartil</b>	40	135.25
<b>Højeste værdi</b>	5000	1320

<b>Gennemsnit</b>	139.8	114.4
<b>Standardafvigelse</b>	548.2	206.4

<b>Antal prøver</b>	124	120*
---------------------	-----	------

Tabel 2 viser forekomsten af *M. hapla* i august, oktober og november. På baggrund disse resultater er det ikke for muligt at adskille de tre måneder. Det havde været interessant at have tal for forår og tidlig sommer, for at kunne følge med i hvordan billedet er når nematoderne bevæger sig ind i rødderne og sandsynligvis ikke ville kunne måles i jorden. Men da antallet af prøver for disse måneder er meget lave giver det ikke anledning til at kigge på dette med det forhåndenværende data.

Tabel 2 - Forekomst af *M. hapla* (nematoder per 100 cm<sup>3</sup> jord) i august, oktober og november

	August	Oktober	November
<b>Laveste værdi</b>	0	0	0
<b>1. kvartil</b>	0	0	0
<b>Median</b>	0	0	1.5
<b>3. kvartil</b>	130	5	40
<b>Højeste værdi</b>	2250	130	5000

<b>Gennemsnit</b>	240.6	9.0	158.6
<b>Standardafvigelse</b>	602.0	26.2	701.8

<b>Antal prøver</b>	21	25	56
---------------------	----	----	----

Det samme gør sig gældende i Tabel 3, hvor forekomsten for *P. penetrans* i august, oktober og november er vist. Her er dog en lille tendens til at der er en stigning i november. Dette kan måske forklares ved at de søger senere ud af rødderne og derfor først for alvor forekommer i jorden i november.

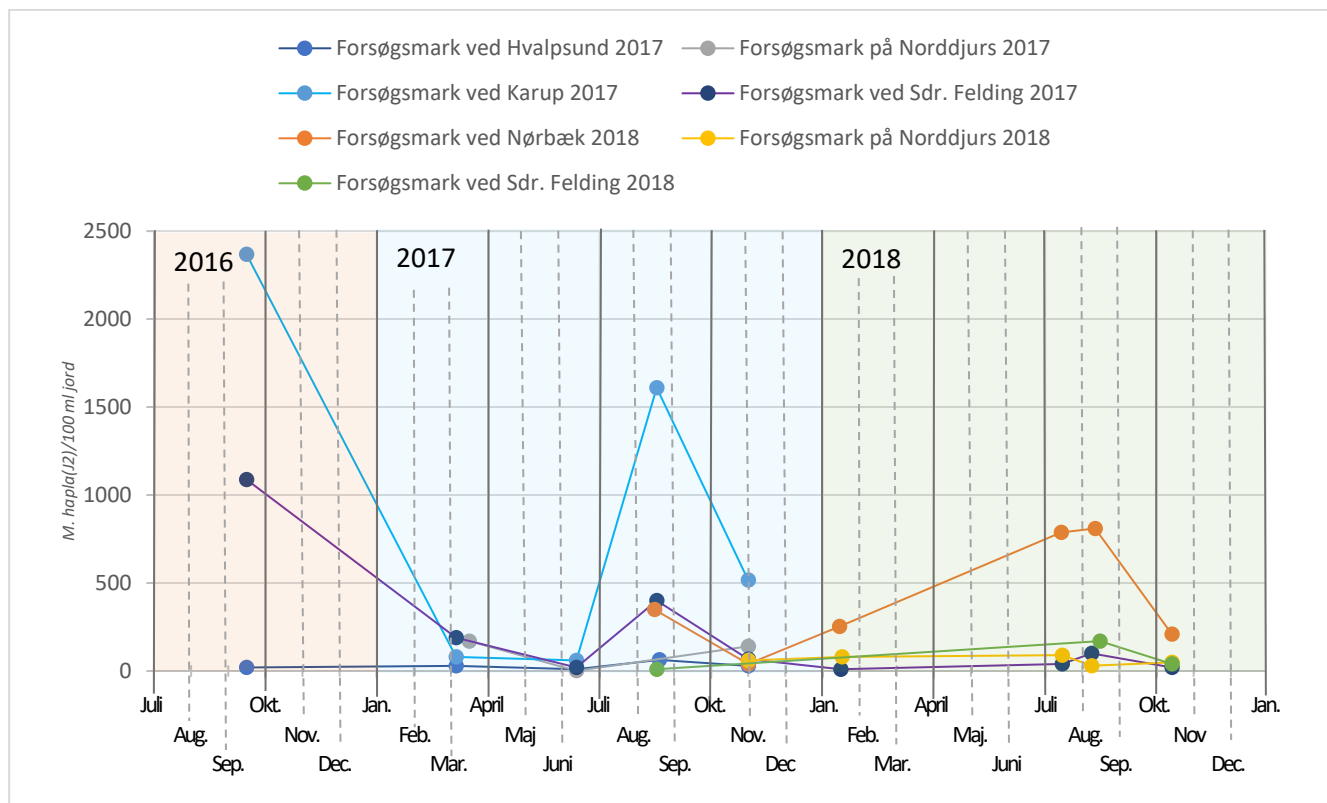
Tabel 3 - Forekomst af *P. penetrans* (nematoder per 100 cm<sup>3</sup> jord) i august, oktober og november

	August	Oktober	November
<b>Min. værdi</b>	0	0	0
<b>1. kvartil</b>	1.5	2	7.75
<b>Median</b>	18	15	46.5
<b>3. kvartil</b>	84.75	129	157.25
<b>Max. værdi</b>	503	427	1320

<b>Gennemsnit</b>	71.2	75.1	161.5
<b>Standard afvigelse</b>	122.0	106.6	273.4

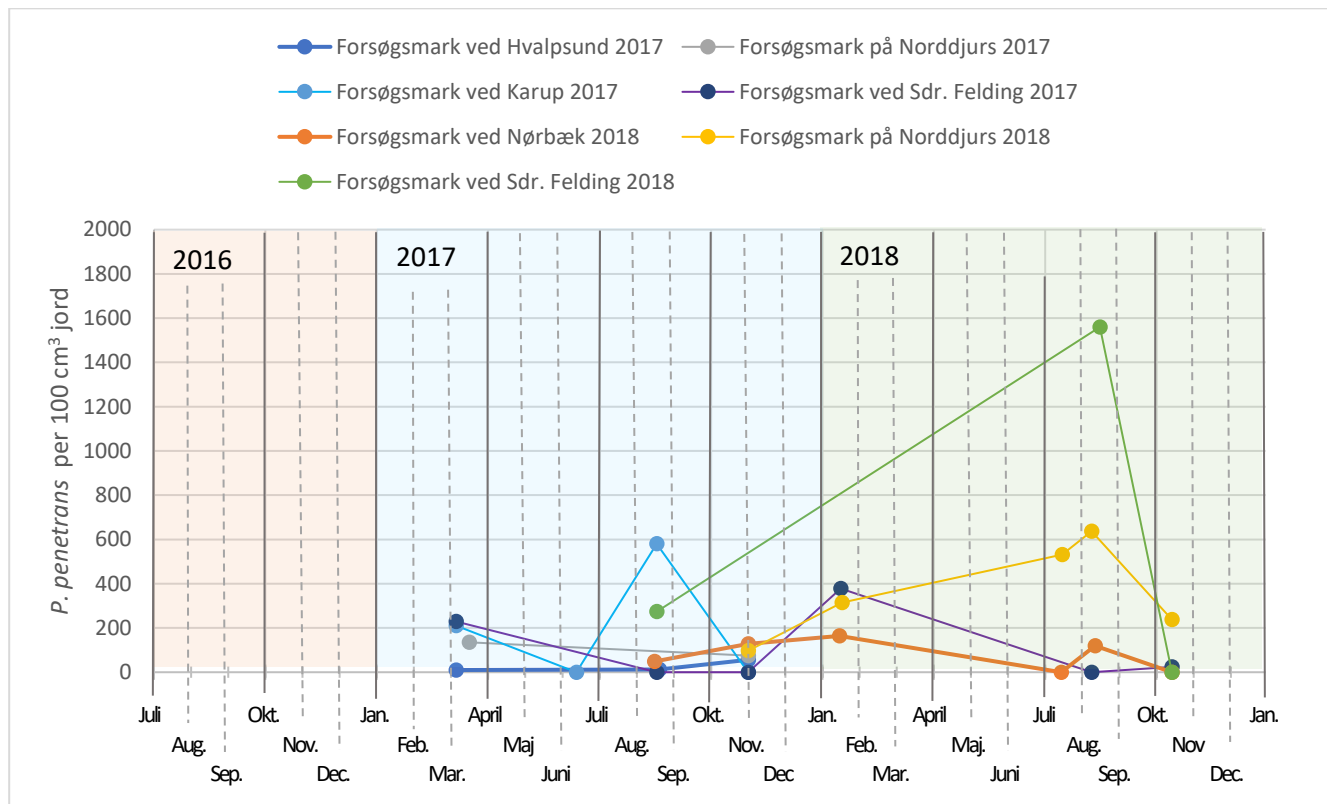
<b>N</b>	20	25	56
----------	----	----	----

De 37 jordprøver foretaget i forbindelse med projektet ”Fangafgrøder mod nematoder i frilandsgrønsager” er vist på Figur 9 og Figur 10.



Figur 9 - Observerede forekomster af *M. hapla* i forbindelse med projektet "Fangafgrøder mod nematoder i frilandsgrønsager".

På Figur 9 ses en tendens til at de højeste forekomster af *M. hapla* ses i slutningen af sommeren omkring juli og august måned. Den tydeligste tendens ses i forsøgsmarken ved Sdr. Felding 2017 (mørke blå/lilla) og forsøgsmarken ved Karup 2017 (lyseblå), her findes høje forekomster i september 2016. I marts og juni 2017 findes lave forekomster, som stiger til det højeste niveau for 2017 i august måned og flader lidt igen i november.



Figur 10 - Observerede forekomster af *P. penetrans* i forbindelse med projektet "Fangafgrøder mod nematoder i frilandsgrønsager". På x-aksen måneder indikerede fra juli 2016 til januar 2019.

Figur 10 viser forekomsterne af *P. penetrans*. Her er det vanskeligt at se nogen tendens, yderligere vanskeliggøres dette af at der er ikke blev analyseret for *P. penetrans* i en række jordprøver heriblandt jordprøver for 2016.

## 6. KONKLUSION

I løbet af sæsonen er der åbenlyst variationer i forekomsten af de to nematoder. Men en egentlig sæsonbestemt model er svær at lave fordi de er meget afhængige af de aktuelle forhold.

Nogle år kan der være en hård vinter der tager livet af mange nematoder, mens andre år vil en mild vinter kunne begrænse populationsnedgangen. Derfor er det sandsynligvis mest retvisende at tage jordprøver i slutningen af vinteren, fordi man her ville have et klart billede af hvor mange nematoder der er til den nye vækstsæson. Samtidigt må det forventes at være en udfordring at bruge resultater fra midten af efteråret, da det ikke er muligt at sige hvor mange der går til henover vinteren. Der ville altså være en

mulighed for at sætte skadestærsklen lavere end nødvendigt, da der ofte kan være en nedgang henover vinteren, og derfor ville populationen af nematoder måske falde tilstrækkeligt henover vinteren. Samtidigt er der også en risiko for at sætte den for højt i tilfælde af en mild vinter med mange overlevende nematoder.

For *M. hapla* vil de fleste nematoder bevæge sig ind i plantens rødder når væksten i værtsplanterne går i gang. Derfor vil de ikke forekomme i jordprøver. Men det betyder naturligvis ikke at de ikke er tilstede i denne periode. I juli og august måned vil man finde høje forekomster af *M. hapla* da forholdene ofte er gunstige og mange nematoder vil have gennemført første livscyklus. Hen over efteråret og vinteren visner værtsplanterne og populationen overgår til en davle tilstand. Her vil populationen flade da dødeligheden stiger pga. dårlige forhold, særligt lave temperaturer og manglen på værter. Æg stadiet for *M. hapla* er formentligt det stadie hvor den kan overleve længst tid uden værtsplante. Den vil dog formentligt ikke overleve meget længere en enkelt sæson. Dvaletilstanden vil blive brudt når de abiotiske forhold igen er fordelagtige for nematoden og den vil derpå klækkes og overleve i kort tid efterfølgende, hvis nematoden ikke finder en vært. Til gengæld giver dens brede vifte af værtsplanter gode muligheder for at forblive i marken på ukrudt, selv hvis der dyrkes afgrøder der ikke er værter.

For *P. penetrans* har vinteren lignende effekt. På trods af evnen til at gå i dvaletilstanden anhydrobiose, vil en væsentlig del af populationen gå til henover vinteren, når der ikke er værter til stede. Da *P. penetrans* forbliver mobil igennem hele sin livscyklus, vil man formentligt ikke se lige så kraftig nedgang i de forekomster der findes vha. jordprøver som ved *M. hapla*, men dog alligevel i nogen grad da den ville opholde sig mest inde i rødderne. Til gengæld burde billedet være det samme i forhold til at når nematoden færdig gøre sin første livscyklus om sommeren vil populationen stige.

Disse variationer har ikke været mulige at fremvise med de jordprøver der har været analyseret i denne opgave. Med undtagelse af en tendens på Figur 9, hvor der var en tendens til at forekomsten af *M. hapla* fulgte den ovenfor beskrevne forekomst i løbet af sæsonen. Med lavpunkt om foråret, top om sommeren og faldende niveauer hen over efteråret. For mere præcist at kunne eftervise dette skulle der tages flere prøver i løbet af året, og disse skulle tages systematisk og gerne i mindre parceller for at mindske måleusikkerheden, måske endda mindre en de 1-2 hektar laboratorierne anbefaler.

Der er ikke noget der indikerer at *M. hapla* og *P. penetrans* ikke skulle findes nogenlunde fordelt over hele landet, dog er dette ikke bekræftet. Generelt er forekomsterne for begge nematoder formentligt væsentligt lavere på de tungere og mere lerholdige jorde. Derfor vil der på baggrund af den store andel af sandede jorde i Midt- og Vestjylland alligevel gøre at nematoder i disse egne generelt være højere. Samtidigt vil disse områder også almindeligvis have en højere andel af marker med sædskifter indeholdende kløvergærs pga. flere kvægbedrifter, hvilket giver nematoderne bedre levevilkår pga. kløvers gode egenskaber som vært. Dette kan også gøre at der vil være højere forekomster af nematoder her.

## 7. REFERENCER

- Abad, P., Castagnone-Sereno, P., Rosso, M.N., Engler, J. de A., Favery, B., 2009. Invasion, feeding and development., in: Perry, R.N., Moens, M., Starr, J.L. (Eds.), Root-Knot Nematodes. CABI, Wallingford, pp. 163–181. doi:10.1079/9781845934927.0163
- Agrios, G.N., 2005. Plant Diseases Caused by Nematodes, in: Plant Pathology. Academic Press, pp. 825–874. doi:10.1016/B978-0-08-047378-9.50021-X
- Bélair, G., Benoit, D.L., 1996. Host suitability of 32 common weeds to *Meloidogyne hapla* in organic soils of southwestern Quebec. Journal of Nematology 28, 643–647.
- Bridge, J., Starr, J.L., 2007a. Plant Nematode Biology and Parasitism, in: Plant Nematodes of Agricultural Importance A Colour Handbook2. pp. 5–18.
- Bridge, J., Starr, J.L., 2007b. Collection, Extraction, and Preservation of Plant Nematodes for Diagnosis, in: Plant Nematodes of Agricultural Importance A Colour Handbook. pp. 135–144.
- Chitwood, B.G., 1949. “Root-knot nematodes”. Part 1. A revision of the genus *Meloidogyne* Goeldi, 1887. Proceedings of the Helminthological Society of Washington 16, 90,114.
- Chitwood, D.J., Perry, R. N., 2009. Reproduction, physiology and biochemistry., in: Perry, Roland N, Moens, M., Starr, J.L. (Eds.), Root-Knot Nematodes. CABI, Wallingford, pp. 182–200. doi:10.1079/9781845934927.0182
- Curtis, R.H.C., Robinson, A.F., Perry, R.N., 2009. Hatch and host location., in: Perry, R.N., Moens, M., Starr, J.L. (Eds.), Root-Knot Nematodes. CABI, Wallingford, pp. 139–162. doi:10.1079/9781845934927.0139
- Decraemer, W., Hunt, D.J., 2006. Structure and classification., in: Perry, R.N., Moens, M. (Eds.), Plant Nematology. CABI, Wallingford, pp. 3–32. doi:10.1079/9781845930561.0003
- Duncan, L.W., Moens, M., 2006. Migratory endoparasitic nematodes, in: Plant Nematology. pp. 123–152. doi:10.1079/9781845930561.0123
- Evans, A.A.F., Perry, R.N., 2009. Survival mechanisms, in: Root-Knot Nematodes. CABI,

- Wallingford, pp. 201–222. doi:10.1079/9781845934927.0201
- Funch, P., Cedhagen, T., 2015. Kapitel 10 Række: Rundorme (Nematoda), in: Zoologi Invertebrater. pp. 103–114.
- Gugino, B.K., Abawi, G.S., Ludwig, J.W., 2006. Damage and Management of Meloidogyne hapla Using Oxamyl on Carrot in New York. *Journal of Nematology* 38, 483–490.
- Hallmann, J., Frankenberg, A., Paffrath, A., Schmidt, H., 2007. Occurrence and importance of plant-parasitic nematodes in organic farming in Germany. *Nematology* 9, 869–879. doi:10.1163/156854107782331261
- Hofmann, J., Grundler, F., 2007. How do nematodes get their sweets? Solute supply to sedentary plant-parasitic nematodes. *Nematology* 9, 451–458. doi:10.1163/156854107781487305
- Inserra, R.N., Griffin, G.D., Sisson, D. V., 1983. Effects of Temperature and Root Leachates on Embryogenic Development and Hatching of Meloidogyne chitwoodi and M. hapla. *Journal of Nematology* 15, 123–127.
- Jones, J.T., Haegeman, A., Danchin, E.G.J., Gaur, H.S., Helder, J., Jones, M.G.K., Kikuchi, T., Manzanilla-López, R., Palomares-Rius, J.E., Wesemael, W.M.L., Perry, R.N., 2013. Top 10 plant-parasitic nematodes in molecular plant pathology. *Molecular Plant Pathology* 14, 946–961. doi:10.1111/mpp.12057
- Karsen, G., Moens, Maurice, 2006. Root-knot Nematodes, in: Perry, R.N., Moens, M. (Eds.), *Plant Nematology*. CABI, pp. 59–90.
- Kimpinski, J., Dunn, R.A., 1985. Effect of low temperatures in the field and laboratory on survival of *Pratylenchus penetrans*. *Plant Disease* 69, 526–527.
- Mizukubo, T., Adachi, H., 1997. Effect of Temperature on *Pratylenchus penetrans* Development. *Journal of Nematology* 29, 306–314.
- Moens, M., Perry, R.N., Starr, J.L., 2009. Meloidogyne species - a diverse group of novel and important plant parasites., in: Perry, R.N., Moens, Maurice, Starr, J.L. (Eds.), *Root-Knot Nematodes*. pp. 1–17. doi:10.1079/9781845934927.0001
- Møller, L., 2019. Personlig kontakt - Agronom, konsulent i grønsager på friland, gulerødder og rodfrugter hos HortiAdvice.
- Nicol, J.M., Turner, S.J., Coyne, D.L., Nijs, L. den, Hockland, S., Maafi, Z.T., 2011. Current Nematode Threats to World Agriculture, in: Jones, J., Gheysen, G., Fenoll, C. (Eds.), *Genomics and Molecular Genetics of Plant-Nematode Interactions*. Springer Netherlands, Dordrecht, pp. 21–43. doi:10.1007/978-94-007-0434-3\_2
- Olthof, T.H.A., Potter, J.W., 1973. The Relationship between Population Densities of *Pratylenchus penetrans* and Crop Losses in Summer-Maturing Vegetables in Ontario. *Phytopathology* 63, 577. doi:10.1094/Phyto-63-577
- Pang, W., Hafez, S.L., Sundararaj, P., 2009. Pathogenicity of Meloidogyne Hapla on Onion.

Nematropica 39, 225–233.

- Perry, R.N., Moens, M., 2011. Introduction to Plant-Parasitic Nematodes; Modes of Parasitism, in: Jones, J., Gheysen, G., Fenoll, C. (Eds.), Genomics and Molecular Genetics of Plant-Nematode Interactions. Springer Netherlands, Dordrecht, pp. 3–20. doi:10.1007/978-94-007-0434-3\_1
- Potter, J.W., Olthof, T.H.A., 1977. Effects of population densities of *Meloidogyne hapla* on growth and yield of tomato. *Journal of Nematology* 296–301.
- Seinhorst, J.W., 1998. The common relation between population density and plant weight in pot and microplot experiments with various nematode plant combinations. *Fundamental and Applied Nematology* 21: 459-468 21.
- Skov, E.C., 2016. Indikatorplanter for rodgallenematoden *Meloidogyne hapla*. Kandidatspeciale.
- Townshend, J.L., 1984. Anhydrobiosis in *Pratylenchus penetrans*. *Journal of Nematology* 16, 282–289.
- Viaene, N.M., Abawi, G.S., 1996. Damage Threshold of *Meloidogyne hapla* to Lettuce in Organic Soil 28, 537–545.
- Vovlas, N., Castillo, P., 2007. *Pratylenchus* (Nematoda: Pratylenchidae): Diagnosis, Biology, Pathogenicity and Management, *Nematology Monographs and Perspectives, Volume: 6*. Brill, Leiden, The Netherlands. doi:10.1163/ej.9789004155640.i-523
- Vrain, T.C., Barker, K.R., Holtzman, G.I., 1978. Influence of low temperature on rate of development of *Meloidogyne incognita* and *M. hapla* larvae. *Journal of Nematology* 10, 166–171.
- Vrain, T.C., Belair, G., 1981. Symptoms induced by the lesion nematode, *Pratylenchus penetrans* on carrot taproots in organic soil. *Phytoprotection*. 62, 79—81.
- Wesemael, W., Viaene, N., Moens, M., 2011. Root-knot nematodes (*Meloidogyne* spp.) in Europe. *Nematology* 13, 3–16. doi:10.1163/138855410x526831
- Wong, T.K., Mai, W.F., 1973. *Meloidogyne hapla* in Organic Soil: Effects of Environment on Hatch, Movement and Root Invasion. *Journal of Nematology* 5, 130–138.

## 8. BILAG 1 - UDKAST TIL ARTIKEL TIL GARTNERTIDENDE

I forbindelse med projektet har det været et mål at formidle direkte ud til avlerne og øvrige personer der er involveret i primærproduktionen. Dette er jeg ikke kommet helt i mål med, men jeg har her forsøgt at skrive et udkast til Gartner Tidende om *M. hapla*. Idéen med artiklen er at arbejde med formidling til et andet publikum end det akademiske. Jeg har forsøgt at bevare et højt fagligt niveau, men forsøger at gøre det mere tilgængeligt for en læser der ikke på forhånd har en stor forståelse for nematoder.



### 9.1. Rodgallenematoden - *Meloidogyne hapla*

Rodgallenematoden *Meloidogyne* er en planteparasitisk nematode, som forvolder kvantitative og kvalitative tab af udbytter i grønsager og andre landbrugsafgrøder. I Danmark er det særligt arten *Meloidogyne hapla*, der volder problemer.

De er et særligt stort problem i forhold til dyrkning af rodgrønsager, hvor blandt andet gulerodsavlere oplever store problemer pga. grene og trevlede gulerødder. Rodgallenematoder forvolder dog også skader på andre kulturer og direkte på det kvantitative udbytte. Det sker ved, at nematoden direkte går ind og ernærer sig af plantens energiressourcer, og der dermed går mindre energi til plantens vækst. Derudover kan den også forårsage skader på rødderne, der mindsker plantens evne til at optage næringsstoffer fra jorden.

Rodgallenematoden lever det meste af sin livscyklus fastsiddende inden i værtsplanten. I det tidlige larvestadie, kaldet J2, bevæger den sig fra stedet, hvor ægget er klækket, hen til en rod. Når den trænger ind i roden, bevæger den sig inde i roden ind til ledningsvævet, hvor den placerer sig og bliver fastsiddende, indtil den har færdiggjort sin livscyklus og har produceret afkom.

Rodgallenematoder minder om cystenematoder (*Globodera* og *Heterodera*). Cystenematoder er stort problem i fx kartofler. Ligesom cystenematoder danner rodgallenematoder formationer på rødderne, hvor de ernærer sig. Men til forskel fra cystenematoder danner rodgallenematoden ikke cyster med æg i, som kan overleve i mange år i jorden. I stedet lægges rodgallenematodens æg i en ægmasse bestående af proteiner. Ægmassen kan under normale forhold overleve fra én sæson til den næste. Da *M. hapla*'s æg klækkes, når de fysiske forhold, særligt temperatur og fugtighed, er passende, klækkes de i foråret, også selvom der ikke er nogen vært. Rodgallenematoden har en usædvanligt bred vifte af værtsplanter på over 500 forskellige planter, primært to kimbladede arter. Det gør, at den især trives i økologiske sædskifter, hvor der hyppigt er to kimbladede afgrøder samtidigt med at korn i mindre grad kan holdes rent for ukrudt, der kan agere vært for nematoden.

En undersøgelse af 124 jordprøver taget af konsulent Lars Møller, hos primært gulerodsavlere i Danmark, viste at der i 78 % procent af markerne er fundet niveauer under skadestærsklen, som i gulerødder er på 50 nematoder per 100 cm<sup>3</sup> jord. Og halvdelen af markerne var fri af *M. hapla*. Nematoden er konstateret i Midt- og Vestjylland, og på Vestsjælland, men forekommer formentligt over hele landet. Den forårsager

dog generelt ikke problemer på lerede jorder, både fordi den trives dårligt, og planterne bedre tolererer den.

Potentielle skader varierer fra kultur til kultur. Ved høje forekomster, dvs. i de 5 % værst inficerede af de 124 undersøgte marker, med forekomster over 800 nematoder per 100 cm<sup>3</sup> jord, er der et skadespotential på 77 % i gulerødder, 64 % i salat og 41 % i løg. Skadestærsklerne for løg og salat er dog højere end for gulerødder. Det skyldes at der i gulerødder ikke kun er tale om tab af udbytte målt i ton per hektar, men også et markant fald i kvaliteten af rødder, så mange ikke er salgbare og må kasseres. Derfor arbejder man almindeligvis med en skadestærskel på omkring 50 nematoder per 100 cm<sup>3</sup> jord i gulerødder.

**Den Europæiske Landbrugsfond for Udvikling af Landdistrikterne:  
Danmark og Europa investerer i landdistrikterne**



Miljø- og Fødevareministeriet  
Landbrugsstyrelsen



Den Europæiske Landbrugsfond  
for Udvikling af Landdistrikterne

**LDP 2020**

