



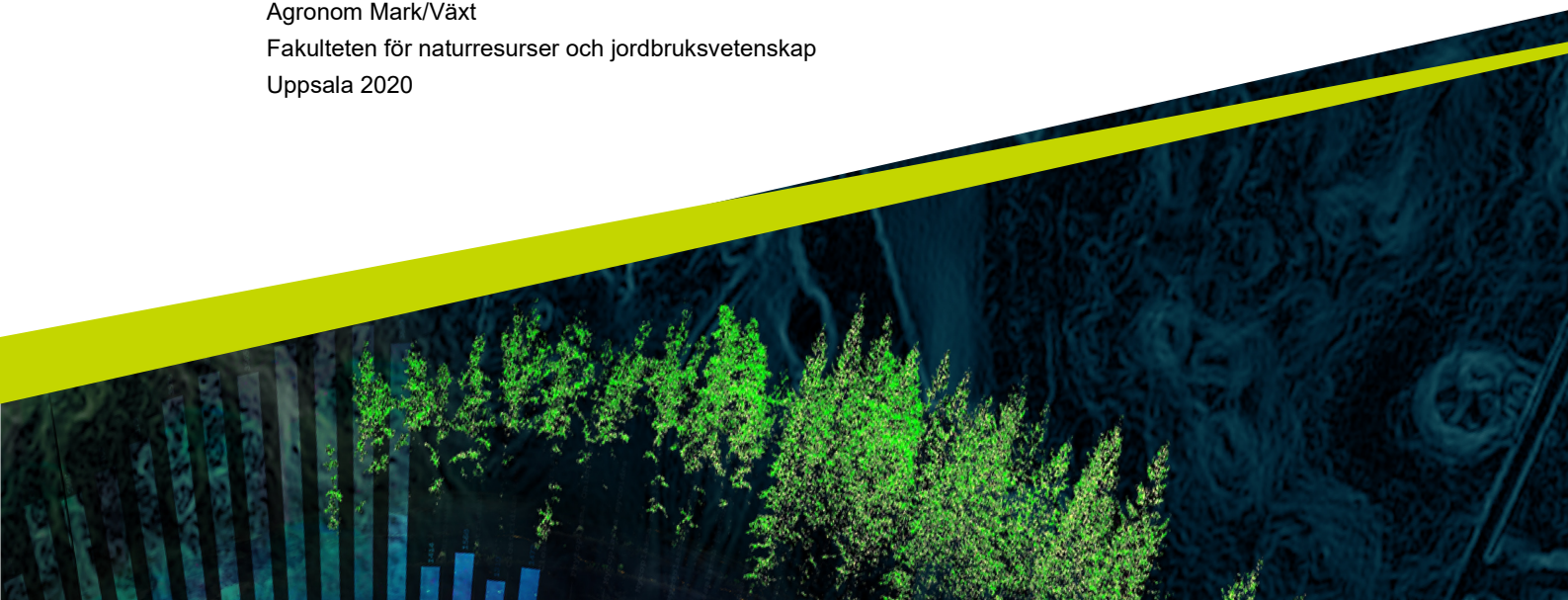
Bekämpning av rotgallnematodarterna *Meloidogyne hapla*, *M. chitwoodi* & *M. fallax*

– grödors naturliga resistens som alternativ till svartträda?

*Control of the root-knot nematodes *Meloidogyne hapla*, *M. chitwoodi* & *M. fallax* - natural resistance in plants as an alternative to bare fallow?*

Jesper Fritzson

Självständigt arbete • 15hp
Sveriges lantbruksuniversitet, SLU
Institutionen för ekologi
Agronom Mark/Växt
Fakulteten för naturresurser och jordbruksvetenskap
Uppsala 2020



Bekämpning av rotgallnematodarterna *Meloidogyne hapla*, *M. chitwoodi* & *M. fallax* – grödors naturliga resistens som alternativ till svartträda?

Control of the root-knot nematodes Meloidogyne hapla, M. chitwoodi & M. fallax – natural resistance in plants as an alternative to bare fallow?

Jesper Fritzson

Handledare: Maria Viketoft, Sveriges lantbruksuniversitet, institutionen för ekologi

Examinator: Astrid Taylor, Sveriges lantbruksuniversitet, institutionen för ekologi

Omfattning: 15hp

Nivå och fördjupning: Grundnivå, G2E

Kurstitel: Självständigt arbete i biologi

Kurskod: EX0894

Program/utbildning: Agronom Mark/Växt

Kursansvarig inst.: Institutionen för vatten och miljö

Utgivningsort: Uppsala

Utgivningsår: 2020

Omslagsbild: Sveriges lantbruksuniversitet

Nyckelord: Rotgallnematoder, naturlig resistens, fånggröda, bekämpning, oljerättika, tagetes

Sveriges lantbruksuniversitet

Fakulteten för naturresurser och jordbruksvetenskap

Institutionen för ekologi

Publicering och arkivering

Godkända självständiga arbeten (examensarbeten) vid SLU publiceras elektroniskt. Som student äger du upphovsrätten till ditt arbete och behöver godkänna publiceringen. Om du kryssar i **JA**, så kommer fulltexten (pdf-filen) och metadata bli synliga och sökbara på internet. Om du kryssar i **NEJ**, kommer endast metadata och sammanfattning bli synliga och sökbara. Fulltexten kommer dock i samband med att dokumentet laddas upp arkiveras digitalt.

Om ni är fler än en person som skrivit arbetet så gäller krysset för alla författare, ni behöver alltså vara överens. Mer information om publicering och arkivering går att hitta här: <https://www.slu.se/site/bibliotek/publicera-och-analysera/registrera-och-publicera/avtal-for-publicering/>.

JA, jag/vi ger härmed min/vår tillåtelse till att föreliggande arbete publiceras enligt SLU:s avtal om överlåtelse av rätt att publicera verk.

NEJ, jag/vi ger inte min/vår tillåtelse att publicera fulltexten av föreliggande arbete. Arbetet laddas dock upp för arkivering och metadata och sammanfattning blir synliga och sökbara.

Sammanfattning

Växtparasitära nematoder börjar bli ett allt större problem världen över där de orsakar stora ekonomiska skador. Bekämpningen av dessa blir svårare allt eftersom kemiska bekämpningsmedel mot nematoder mer och mer globalt förbjuds på grund av dess toxiska påverkan på bland annat applicerande lantbrukare samt ekosystem runtom och i nematodinfekterade fält. Med sin stora värdväxtkrets räknas rotgallnematoder, *Meloidogyne spp.*, till ett av de nematodsläkterna som orsakar störst skada på jordbruksgrödor. Angrepp från rotgallnematoder visar sig oftast i form av gallerbildning på värdväxternas rötter som ofta gör den angripna grödan osäljbar eller ger en minskad skörd. I Sverige är det främst *M. hapla*, *M. chitwoodi* och *M. fallax* som orsakar stor ekonomisk skada, varav *M. chitwoodi* och *M. fallax* räknas som karantänskadegörare och därför medför en striktare bekämpning. Svarträda används ofta som effektivast metod vid bekämpning men medför en stor ekonomisk påfrestning för den drabbade lantbrukaren. Andra bekämpningsstrategier som odling av nematodresistent och/eller sanerande grödor där det fortfarande finns fördelar att ta till vara på som grüngödsling, strukturförbättring av marken eller helt enkelt att få ut en skörd är eftertraktat. Bland annat har det gjorts studier som visar att sorter av tagetes, sudangräs samt oljerättika har en nematodsanerande effekt på infekterade fält där egenskaper som naturlig resistens och utsöndring av allelopatiska föreningar är avgörande för minskade rotgallnematodpopulationer i fält. En brist på rotgallnematodresistent grödor, främst på den europeiska marknaden, utgör idag ett problem och det krävs en större produktion/förädling av dessa grödor för ett framtida, möjligt, större behov. Syftet med denna litteraturstudie är att undersöka alternativa bekämpningsstrategier till svarträda.

Nyckelord: Rotgallnematoder, naturlig resistens, fånggröda, bekämpning, oljerättika, tagetes

Abstract

Plant parasitic nematodes are becoming a greater problem worldwide due to the major economic damage they are causing. Management of nematodes is getting harder due to banning of nematicides which are toxic towards farmers and ecosystems around and in nematode infected fields. Due to their large host range, root-knot nematodes, *Meloidogyne* spp., are considered as one of the most damaging genus of nematodes in agriculture. Root-knot nematode infection is characterized by the galling of host plants roots, which often affect the crop by reduced yield or as an unsaleable harvest. In Sweden *M. hapla*, *M. chitwoodi* and *M. fallax* are the most important species economically. *Meloidogyne fallax* and *M. chitwoodi* are on the quarantine plant pests list in the EU and when found in fields their management need to follow strict regulations. Black fallow is one of the most efficient management strategies against the root-knot nematodes but does also result in major economic losses for the affected farmer. Alternative control strategies such as cultivation of resistant and/or nematode suppressive crops is sought after. For instance, studies have shown that cultivars of marigolds, sudangrass and oilseed radish have a nematode suppressive effect with properties such as natural resistance and exudation of allelopathic compounds which are crucial for suppression of nematodes in field. A lack of nematode resistant crops on the European market is problematic and a greater breeding/production is needed for a possibly bigger future need. This study will explore alternative options to black fallow as a control.

Keywords: Root-knot nematodes, natural resistance, trap-crop, control, oil-seed radish, marigold

Innehållsförteckning

1. Inledning	7
1.1. Bakgrund	7
1.2. Syfte och avgränsningar	8
1.3. Metod.....	8
2. Rotgallnematoder	9
2.1. Morfologi och livscykel.....	9
2.2. Förekomst och värdväxter	10
3. Bekämpningsmetoder	12
3.1. Växtföljd	12
3.2. Resistens, Tolerans, Mottaglighet och Immunitet	13
3.2.1. Naturlig resistens	13
3.2.2. Resistenta sorter i Sverige.....	14
3.3. Saneringsgrödor	15
3.3.1. Fånggröda.....	15
3.3.2. Dead-end fånggröda	16
3.3.3. Tagetes	16
3.3.4. Oljerättika	17
3.3.5. Sudangräs.....	18
3.4. Svartträda	19
4. Svenska nematodinfekterade fält	20
5. Diskussion	22
6. Slutsats	25
Referenser	26
Tack	30

1. Inledning

1.1. Bakgrund

Problematiken kring skada och skördeförstöringar från diverse växtparasitära nematoder blir mer omtalad och belyst allteftersom problemet blir större. Den stora värdväxtkrets som många nematoder har ger större krav på lantbrukarens val av växtföljd och jordbearbetningsstrategier för att kunna förhindra skördeförstöringar och skada på sina grödor (Rölin, 2015). I det svenska jordbruket har tidigare potatis-, havre- samt betcystnematoder betraktats som de primära skadegörarna, men på senare år har även rotgallnematoder, släktet *Meloidogyne*, kommit att bli ett allt större problem. En bidragande faktor till dagens problematik kring bekämpning av växtparasitära nematoder i världen beror dels på förbud eller restriktioner kring användningen av kemisk bekämpning med nematicider. Förbudet grundas bland annat utifrån deras toxiska egenskaper mot appliceraren och miljön, resistens hos nematoderna och förmåga att via läckage kunna spridas via grundvatten (Gowen, 1997; Ebone et al., 2019). Då nematicider överlag inte är specifika, dvs att de påverkar ett flertal andra organismer än nematoder, kan de bidra till att även dessa organismer blir skadade eller dör vid nematicidapplicering i fält. Även närliggande områden kan drabbas av habitatdestruktion i form av förorenade vattendrag där organismer indirekt blir påverkade av kemikalierna (Perry & Moens, 2013). Alternativa bekämpningsstrategier är därför en nödvändighet och ett ökat intresse för miljömässigt hållbara alternativ har uppkommit utifrån begränsningar av nematicida bekämpningsmedel. De metoder som tillämpas idag för bekämpning av växtparasitära nematoder innefattar bland annat växtföljd, jordbearbetningsstrategier, saneringsgrödor och grödors resistens (Nycezeper & Thomas, 2009). Många av dessa metoder är i sig både dyra och tidskrävande med tanke på kostsamma inköp, utökad maskinanvändning samt odling av mindre avkastande grödor vid "striktare" växtföljd. Resistens hos grödor mot rotgallnematoder och växtparasitära nematoder i allmänhet är en bekämpningsmetod som både är, för lantbrukaren, kostnadseffektiv samt hållbar ur ett ekologiskt perspektiv (Perry & Moens, 2013).

1.2. Syfte och avgränsningar

Syftet med denna litteraturstudie är att undersöka alternativa bekämpningsstrategier som kan tillämpas istället för svartträda vid sanering av rotgallnematoderna *M. chitwoodi*, *M. hapla* och *M. fallax* och på så sätt undvika stora ekonomiska förluster för de drabbade lantbrukarna. Dessutom syftar arbetet till att ge en ökad kunskapsbas om hur en karantänkadegörare kan kontrolleras.

Arbetet är avgränsat till de tre arterna *M. chitwoodi*, *M. fallax* och *M. hapla* samt bekämpningsstrategier som rör grödors naturliga resistens och/eller sanerande effekt mot nematoderna i jämförelse till svartträda.

1.3. Metod

Detta arbete är en litteraturstudie som har skrivits med hjälp av diverse artiklar och böcker som har hittats från bland annat databaser via SLU:s bibliotek som Web Of Science, Primo, Pubmed och Google Scholar där jag primärt använde sökord som *Meloidogyne Hapla*, *M. chitwoodi*, *M. fallax*, trap-crops och resistance. Från dessa sökord sorterade jag ut relevanta artiklar utifrån deras rubriker och sammanfattningar. En hel del artiklar hittades dessutom med hjälp av relevanta artiklars litteraturlistor. Litteratursöket dominerade halva tidsspannet som arbetet var på men fortsatte även en bit in i skrivprocessen. Även fakta från statliga myndigheter som till exempel Jordbruksverket samt muntliga källor har använts för att hitta relevant information.

2. Rotgallnematoder

2.1. Morfologi och livscykel

Nematoder, också kallade rundmaskar, är genomskinliga, mikroskopiska maskar (0,3 - 10 mm långa) som lever i vattenfilmen som omger jordpartiklarna i marken men de kan också vara parasiter på växter och djur.

Rotgallnematoder tillhör de sedentära, endoparasitära nematoderna, de nematoder vilka förökar sig och fastsittande lever inuti värdväxtens rötter eller stam (i detta fall, rötter). Generellt för alla nematoder är att deras livscykel består av tre olika stadier; ägg, juvenil och adult varav juvenilstadiet består av fyra olika delstadier (J1, J2, J3 och J4). De olika stadierna, förutom äggstadiet, skiljer sig oftast inte speciellt mycket från varandra i form eller utseende, utan det sker en gradvis förstoring av kroppen allt eftersom nematoden utvecklas. Däremot utmärker sig rotgallnematoden genom att juvenilen sväller upp och bildar en kroppssvällning (Andersson, 2018). Då nematoden befinner sig i J2, stadiet då första ömsningen och kläckningen sker, är dess mål att hitta och infektera en värdväxt. Med hjälp utav sin muntagg kan juvenilen penetrera sig in i växtrotens vaskulära system. Utan att värdväxten dör, skapar rotgallnematoden ett sorts förråd i växtens rötter vilken den kan livnära sig från (Abad et al., 2003). Detta sker genom att rotgallnematoden manipulerar växtens tillväxt genom utsöndring av olika enzymer vilka påverkar växtcellens cellfunktioner. Detta framkallar i sin tur en delningsprocess av rotens parenkymceller där det till slut sker en "missbildning" i form av flerkärniga celler, så kallade "födoceller" även kallat "giant cells", som nematoden livnär sig ur (El-Sappah et al., 2019). En enda rotgallnematod kan ge upphov till totalt 5 - 7 olika födoceller (Abad et al., 2003). Runtom nematodhonan och födocellen bildas en förstörd rot del som kallas för "galler". En gall kan innehålla flera honor. Då nematoden blir adult utvecklar den uppsvällda honan en gelatinlik äggsäck i bakänden medan hanens kropp återgår till att vara smal och masklik. Äggsäcken lossnar i sin tur från honan då hon dör, och hamnar då i jorden utanför roten. Kläckta juveniler kan sedan röra sig med markvattnet antingen till en annan rottråd på samma växt som sin moder eller till en helt ny växts rotsystem. Varje äggsäck kan

innehålla upp emot 500 ägg, vilket kan leda till en hel del angripna grödor (El-Sappah et al., 2019).

2.2. Förekomst och värdväxter

Släktet *Meloidogyne* är med sina ungefär 100 arter troligtvis det ekonomiskt viktigaste växtparasiterande nematodsläktet globalt (Andersson, 2018). Av de fyra arterna som påvisats i Sverige räknas två till karantänskadegörare, det vill säga; sådana växtskadegörare som ännu inte är spridda inom EU och som kan få oacceptabla sociala, miljömässiga eller ekonomiska konsekvenser om de sprids (Jordbruksverket, 2019). Dessa två arter är *Meloidogyne chitwoodi* och *Meloidogyne fallax* vilka båda två förekommer i delar av Europa och regleras av Europeiska rådet via direktiv 2000/29EC som karantänskadegörare där introduktion och spridning till och i EU:s medlemsländer ska stoppas (Nijs et al, 2019). Den i Sverige tredje och mest förekommande rotgallnematodarten är *Meloidogyne hapla* vilken kan hittas på många platser i landets södra delar samt i de övriga nordiska länderna, vilket gör den till Nordens viktigaste rotgallnematodart (Andersson, 2018). Även populationer av rotgallnematoden *Meloidogyne naasi* har hittats i landet (Andersson, 2018).

Den stora problematiken kring bekämpning av dessa nematoder ligger främst i den extremt stora värdväxtkrets som arterna har. Släktet kan angripa fler än 3000 olika arter av växter såsom fruktträd, grönsaker, spannmålsväxter samt diverse prydnadsblommor (Abad et al., 2003). I Sverige är *M. hapla* främst problematisk när det kommer till potatis, jordgubbar, sallad, morötter och baljväxter där det sker en stor uppförökning av populationen. Även grödor som lök och rödbeta kan ta stor skada av *M. hapla* rent fysiskt i form av gallformationer på rötter och en strypt näringstillförsel, men de uppförökar inte nematodarten i samma utsträckning som de andra grödorna gör. Andra grödor som anses vara värd är många olika tvåhjärtbladiga ogräsarter samt diverse oljeväxter (Aaltjeschema, 2020). Värt att notera är att gräs, inklusive stråsäd, inte är värdväxt för *M. hapla*. När det kommer till skadetrösklar för *M. hapla* är de väldigt låga och bara enstaka individer får finnas per 250 g jord. I odlingar av morot är det problematiskt ur kvalitetssynpunkt då den angripna grödan blir osäljbar för lantbrukaren. Symptomen visar sig genom galler, skördeminskningar, en missformad huvudrot och en överdriven produktion av rötter vilket ger form av en "skäggig" morot. Därav är skadetröskeln för morötter i Sverige 0 (Albertson Juhlin, 2010., Hushållningssällskapet, u.å.).

Nematodarten *M. chitwoodi* har endast funnits i Sverige några få år. Den påträffades för första gången 2017 i ett potatisfält i Sölvesborg samt i ett fält i Kristianstad.

Arten är desto vanligare i övriga Europa där den har påträffats i Nederländerna, Belgien, Tyskland, Portugal, Turkiet och Frankrike (Jordbruksverket, 2018). När det kommer till artens värdväxter så är dessa liknande värdväxterna för *M. hapla* med den mycket viktiga skillnaden att även gräs angrips. *Meloidogyne chitwoodi* skadar och reproducerar sig främst i potatis, morot och sockerbeta men kan även angripa andra tvåhjärtbladiga växter samt diverse enhjärtbladiga arter som råg, vete, korn, rajgräs, andra vallgräs och ogräs-gräs (Aaltjeschema, 2020). Hos potatis visar angrepp av *M. chitwoodi* sig genom nekrotiska bildningar mellan kärtring och skal.

Meloidogyne fallax har även den påträffats för första gången i Sverige under senaste åren, så sent som hösten 2018 i ett fält öster om Kristianstad. I Europa har den påträffats i Nederländerna, Belgien, Tyskland, Frankrike, Schweiz och Storbritannien (Jordbruksverket, 2018). Artens värdväxter är inte så väl kända men de få som konstaterats är så gott som identiska med *M. chitwoodis* (Aaltjeschema, 2020). Arten är nära besläktad med *M. chitwoodi* och förklarar därför att det finns en hel del likheter både morfologiskt och värdväxtmässigt (Perry et al., 2009).

3. Bekämpningsmetoder

3.1. Växtföljd

Växtföljden är en viktig del i bekämpningen av rotgallnematoder. Syftet med en anpassad växtföljd är att med hjälp av icke-värdväxter, andra nematodsanerande grödor eller odlingsstrategier, hämma uppförökning av populationer av rotgallnematoder. Problematiken kring hur växtföljden ska planeras vid ett angrepp av rotgallnematoder bygger främst på den stora värdväxtkrets som nematoder ur släktet *Meloidogyne* har. Bland annat fungerar rödklöver, vilken är en vanlig och högavkastande vallgröda, som en väldigt mottaglig växt för rotgallnematoder (Albertson Juhlin et al., 2014; Aaltjeschema, 2020). Detta gör det svårt att tillämpa en långliggande vall i växtföljden då ogräspopulationen är svår eller till och med omöjlig att hålla efter i ett sådant bruk (Björklund, Boberg, 2019). Wesemael et al. (2011) beskriver att växtföljd ofta är arvsbaserat och många bönder väljer att odla de grödor som de alltid har odlat på sin gård och har resurser för. Att ta in nya grödor i sin växtföljd med möjligt mindre eller ingen ekonomisk vinning som även kan resultera i dyra kostnader i inköp av uppdaterad maskinpark för att möta dessa nya grödors egenskaper är för många lantbrukare inte ett självklart eller villigt val. En framställning och användning av resistent grödor att ta in i sin växtföljd vid nematodproblem skulle vara ett ekonomiskt försvarbart alternativ där den ”nya” grödsorten är av troligt lika stor ekonomisk vinst som sin icke-resistenta grödsläkting.

Meloidogyne hapla, *M. fallax* och *M. chitwoodi* har som sagt många gemensamma värdväxter, men skiljer sig även åt med artspecifika värdväxter. Problematiken som uppstår med detta är ifall fler av de olika nematodarerna finns på samma fält, då andelen saneringsgrödor som går att tillämpa för bekämpning blir mindre. Till exempel så kan inte *M. hapla* reproducera sig på stråsäd medan både *M. fallax* och *M. chitwoodi* kan. Därför kan till exempel ett fält med både *M. hapla* och *M. chitwoodi* inte ha en växtföljd innehållande spannmålsgrödor (Björklund & Boberg, 2019). En växtföljd med bland annat havre är däremot bra i sanerande syfte mot *M.*

hapla vilket visats i försök av Albertsson Juhlin (2010) där nematodpopulationen minskade med 74%.

3.2. Resistens, tolerans, mottaglighet och immunitet

När man talar om resistens och tolerans bland grödor skiljer sig de olika begreppen åt utifrån om växten tar skada eller inte, förhindrar eller delvis förhindrar reproduktion hos den parasiterande nematoden eller kombinationer av dessa. Om en gröda helt eller delvis kan förhindra den parasiterande rotgallnematoden att reproducera sig i växten anses den vara en resistent växt. Denna funktion bidrar till att nematoden inte kan uppföras i gröda/fält och det sker inte heller en kvantitativ ökning av populationsstorleken (Williamsson & Roberts, 2009). En grödas tolerans mäter däremot hur mycket skada eller inte skada den tar av att bli utsatt för ett nematodparasiterande angrepp. Det vill säga att i den toleranta grödan kan det fortfarande ske fortplantning och uppförökningen av nematoderna, men utan att grödan tar skada eller allt för stor skada (Björklund & Boberg, 2019). Dessutom existerar olika kombinationer av resistens och tolerans, till exempel kan en gröda vara intolerant mot rotgallnematoder samtidigt som den är resistent, vilket innebär att uppförökning ej kan ske i grödan men samtidigt så kan den skadas kraftigt vid ett angrepp. Motsatsen till resistent gröda, dvs. en mottaglig gröda är däremot en gröda där nematoden kan fullfölja hela sin livscykel och därmed reproducera sig (Perry et al., 2009).

En immun gröda är en gröda vilken helt kan motstå angrepp från nematoden, vilket innebär att nematoden varken kan livnära sig eller föröka sig på den och den klassas då som en icke värdväxt (Björklund, Boberg, 2019).

3.2.1. Naturlig resistens

Växter besitter naturligt ett försvar och ett immunsystem som de använder vid angrepp av skadegörare, och det kan bestå av allt från fysiska barriärer till toxiska motståndssattacker (Horsfall & Dimond, 1959). Vid angrepp känner växten igen patogen-associerade molekyllära mönster som uppstår, vilket gör att de angripna cellerna skickar ut signaler och växtens försvarssystem går igång. Detta försvar har många patogener evolutionärt lyckats överkomma genom att utveckla olika strategier som gör att den angripande patogenen inte tar skada. De använder sig ofta av så kallade effektor-molekyler som gör växtens försvar effektlöst. Växterna har då i sin tur utvecklat ett nytt försvar som triggas av dessa patogenspecifika effektorer, de så kallade R-generna (Resistens-generna) vilka uttrycks på olika sätt.

Ofta bygger mekanismen på att växten tvingar fram en hypersensitiv respons, celldöd, vilket medför att det bildas en nekrotisk cellvävnad runtom rotgallnematoden eller där den penetrerar växten. Bland annat kan det leda till en hämmad födocellsproduktion i rötterna där de penetrerande rotgallnematoderna i juvenilstadiet två inte längre kan livnära sig. Följden blir en total hämning av fortlevnad och reproduktionen hos rotgallnematoderna (Williamsson & Roberts, 2009). Hur resistensen ter sig beror helt på vilket typ av gen det är och hur genen kommer till uttryck. Många av dessa gener som idag används inom växtförädlingen mot nematoder kommer ursprungligen från vilda släktingar till de olika grödorna. Som exempel kan nämnas Mi-1-genen, vilken vi idag finner i våra kommersiella tomatplantor, som härstammar från tomatens vilda släkting *Lycopersicon peruvianum* (El-Sappah et al., 2019). Genen ger bland annat resistens mot rotgallnematodarterna *M. javanica*, *M. arinaria* och *M. incognita* (Sorribas et al., 2005).

För att få fram nya resistenta sorter ligger ett stort förädlingsarbete där man använder sig av olika korsningskombinationer och tillbakakorsningar för att till slut få fram en gröda med önskade egenskaper. Ofta är det heller inte bara en gen som spelar in utan flera olika gener i kombination. Hur generna uttrycks beror på genotypiska egenskaper som dominant, recessiv samt additiv nedärvning. Detta ger en invecklad, svår och dyr process. Det finns till exempel många gener som blivit identifierade i vilda släktingar till våra grödor men som inte lyckats bli inkorsade i våra förädlade kommersiella varianter (Williamsson & Roberts, 2009). Gener som används inom resistensförädlingen mot *M. hapla*, *M. chitwoodi* och *M. fallax* är bland annat Rmc1, MfaXllspl och Me1 som används hos potatis, bönor och chili (Williamsson & Roberts, 2009).

En problematisk utgång vid konstant användning av resistenta grödor är dock risken för en genetisk krasch där virulenta nematoder helt enkelt selekteras och det uppstår en nematodmottaglighet hos den egentligen nematodresistenta grödan om de ständigt skulle användas i samma växtföljd. Då många sortvarianters R-gener har samma ursprung och därför liknar varandra skulle det leda till förödande konsekvenser i form av att hela urval av resistenta sorter på marknaden blir "obrukbara" (Perry et al., 2009; Castagnone-Sereno, 2006).

3.2.2. Resistenta sorter i Sverige

Bland de kommersiella grödorna idag finns det tyvärr inte någon direkt stor resistenspool att välja mellan sett till sortgrödor. När det kommer till resistenta sorter som är relevanta för de svenska jordbruket har Björklund och Broberg (2019) gjort en omfattande sammanställning av grödors immunitet, tolerans och resistens

mot de tre olika nematodarerna *M. chitwoodi*, *M. fallax* samt *M. hapla*. Här visar de vilka grödor som lantbrukare har en möjlighet att fortsätta odla, via resistent eller immuna sorter, även om fälten är rotgallnematodinfekterade samt vilka grödor de inte kan odla utifrån brist på resistent sorter av de grödorna på marknaden. Listan visar bland annat en problematik kring tillgängligheten av resistent sorter av till exempel potatis, morot och jordgubbar mot *M. hapla* samt att olika raser av *M. chitwoodi* skiljer sig åt rörande resistens eller mottaglighet.

Många av de grödor som idag är framtagna som resistent sortgrödor finns dessutom främst på den nordamerikanska marknaden medan det är en brist på dessa på den europeiska marknaden, vilket är den marknad som vi i Sverige tar del av. Dessutom är en stor del av resistensförädlingen förlagd till utomeuropeiska länder och många av de framtagna varianterna är inte anpassade för vårt nordiska klimat (Sofia Windstam, Växtregelenheten Jordbruksverket, personlig kommunikation).

3.3. Saneringsgrödor

Saneringsgrödor är grödor som sås för deras sanerande effekt av mark vid angrepp av diverse skadegörare, vilket i detta fall är mot angrepp av rotgallnematoder, där de sanerande grödorna verkar för en minskning av populationsstorleken av nematoderna i fält (Kleemola, 2013).

3.3.1. Fånggröda

Med begreppet fånggrödor menas den sortens grödor som sås av lantbrukare för att minska näringsläckage, för deras gödslande effekt, för att förhindra avrinning samt att bekämpa skadegörare. Fånggrödor som används för nematodsanering är mottagliga för angrepp, vilket innebär att rotgallnematoderna kan fullfölja hela sin livscykel på dessa grödor. Syftet med denna strategi är att rotgallnematoderna i J2-stadiet infekterar växten för att sedan fortsätta sin sedentära del i livscykeln i växtens rot. Då en stor del av fånggrödorna blivit angripna och innan rotgallnematoderna nått vuxet stadium och reproduktiv ålder avdödas fånggrödorna. Då värdväxten/fånggrödorna dödas, stryps även näringstillgången till den angripande nematoden i växtens rot vilket i sin tur leder till ett avstannande i nematodens utveckling/livscykel vilket resulterar i stoppad äggproduktion. Detta för att motverka en oönskad uppförökning av nematodpopulationen som blir av en fullt genomförd livscykel av nematodhonorna vid för sen avdödning av fånggrödorna. J2- samt äggmängden reduceras trots allt sällan med denna metod i fält där nematodangreppet är väldigt stort. Problemet som uppkommer med den här metoden är att lantbrukaren måste ha kunskaper om både fånggrödans

utvecklingstid och den parasiterande nematoden biologi i form av reproduktionshastighet och livscykel. Andra problem som kan medfölja denna strategi är att de tillämpade fånggrödorna kan vara mottagliga för andra sjukdomar, till exempel uppförökar korsblommiga växter (Brassicaceae) klumprotsjuka (Vestergård, 2019).

3.3.2. Dead-end fånggröda

Så kallade “dead-end”-grödor är fånggrödor vilka rotgallnematoder i J2-stadiet lockas till att infektera men som hämmar deras förmåga att utvecklas och/eller reproducera sig, det vill säga nematodresistenta sorter. Användning av denna metod leder i sin tur till en minskning av nematodernas populationsstorlek i fält. En minskning av rotgallnematoder i J2-stadiet i fält ger i sin tur ett lägre infektionsstryck på nästkommande, möjligt, mottagliga gröda (Vestergård, 2019). Bland annat har det gjorts studier på senapskål där Xu et al. (2006) visar att honor av rotgallsnematoden *M. hapla* utvecklas i växten men har en kraftigt reducerad produktion av ägg.

Även sötpotatis har visats i försök att kunna ha dessa egenskaper mot arter av *Meloidogyne* (Reddy, 2017).

3.3.3. Tagetes

Flera studier har gjorts på tagetes och det är väl känt att tagetes har sanerande effekt på växtparasiterande nematoder som rotgallnematoder. Tagetes kan ses som en multifunktionell växt ur ett växtskyddsperspektiv då den med sin naturliga resistens kan fungera som icke-värdväxt, den utsöndrar allelopatiska föreningar vilka är toxiska mot eller inhiberar utvecklingen av rotgallnematoder (dead-end) och/eller kan agera som fånggröda (Hooks et al., 2010). Utsöndringen av allelopatiska kemikalier från tagetes rötter är dock i väldigt små och obetydliga koncentrationer (Suatmadji, 1969). Även Douda et al. (2010) skriver att den allelopatiska utsöndringen ger svag nematocidial effekt mot nematoder på grund av att bildandet av den toxiska gasen är ljusberoende.

Istället är det de andra egenskaperna som har betydelse för bekämpning av rotgallnematoder, inte minst för arten *M. hapla*. Suatmadji (1969) visade att tre sorter av tagetes (*Tagetes patula*, *T. erecta* och *T. minuta*) har egenskaper vilka förhindrar utveckling och reproduktion av rotgallnematodarten *M. hapla* i J2-stadie. Både *T. patula* och *T. minuta* visade sig också vara väldigt bra som dead-end fånggröda eftersom juvenilerna som infekterade rötterna inte kunde utvecklas vidare till vuxna äggproducerande honor. *Tagetes erecta* fungerade även den sanerande mot *M. hapla* men tillät måttlig förökning av vuxna honor, om än få.

Detta nämns även av Reddy (2017) där tagetes odlades mellan raderna på potatis och kunde på så sätt minska skadeangreppet på potatisen och mängden nematoder i marken.

Även studier på tagetes som bekämpning mot andra rotgallnematoder som *M. javanica* finns. Till exempel fungerar faktiskt *T. erecta* bra som fånggröda genom att förhindra att J2-juveniler utvecklas i växtens rötter (Daulton & Curtis, 1960). Detta innebär att olika nematodarter påverkas olika av olika, i det här fallet, tagetesarter.

Det har även gjorts studier som visar att effekten inte bara skiljer sig mellan växtarter utan också inom nematodarter. Piedra Buena et al. (2008) gjorde försök på bland annat *M. haplas* parasiterande förmåga på tagetessorten *T. patula*, där det visade sig att två olika inomartsgrupper, ras A och B, hade olika förmåga att infektera växten. I studien kunde det konstateras att *T. patula* var mottaglig för angrepp av *M. hapla* art B i 11/11 (om än olika grader av mottaglighet) av försöken samt att en av de två försöken med art A även där visade angrepp på växten. Mottaglighet mättes i detta fall som mängden bildade galler samt antalet vuxna honor med äggsäckar. Detta visar att även olika raser samt inom samma ras av rotgallnematoder kan det finns olika resistens samt mottaglighet från växter.

När det kommer till Tagetes som saneringsgröda vid infekterade fält av *M. chitwoodi* så finns det studier som visar att bland annat *T. patula* fungerar som en icke värdväxt och har sanerande effekt för rotgallnematodarten (Wesemael & Moens, 2008). Enligt sammanställningen av Björklund & Boberg (2019) samt Aaltjeschema (2020) ska även arter av *Tagetes spp.* vara resistenta mot rotgallnematoden *M. fallax*.

3.3.4. Oljerättika

Oljerättika är en växt vars egenskaper ofta nämns när det kommer till bekämpning av rotgallnematoder för dess multifunktionella ändamål som saneringsgröda mot diverse skadegörare. Just oljerättika anses även speciellt bra ur markbiologiskt syfte då den med sina upp till två meter djupa rötter kan agera som uppluckrare av jorden, fungera som grüngödsling samt som fånggröda mot kväveläckage. Det finns många sorter ute på marknaden som säljs som resistenta grödor vid sanering av fält mot bland annat *M. chitwoodi* och *M. fallax*.

I en nederländsk studie jämfördes fem "partiellt" resistenta rättikasorter mot *M. chitwoodi* (Anaconda, Defender, Contra, Doublet och Terranova) mot standardssorten Radical (Teklu et al., 2014). Studien visar att en viss reproduktion sker i sorterna men väldigt dämpat. Jämfört med standardssorten Radical minskade

populationsdensiteten i jorden med 98%, vilket antyder att dessa grödor är ett bra verktyg vid sanering av rotgallnematoden *M. chitwoodi* (Teklu et al., 2014). I en annan studie visade Mennan et al. (2008) att oljerättika av sorten Dikon istället är mottaglig mot *M. hapla*. Denna sort skulle därmed fungera som fånggröda, men den måste då avdödas/plöjas ner i jorden innan nematoderna lyckats fullfölja sin livscykel. Detta ställer i så fall stora krav på lantbrukaren vilken måste ha bra kunskap om nematodens biologi och levnadssätt. Bland annat hade *M. hapla* en livscykel på 450 - 500 DD i studien, vilken dock varierar beroende på marktemperaturen.

Ett problem som kan uppstå vid kontinuerlig användning av oljerättika i sin växtföljd är en oönskad uppförökning av kålsläktets farhågade klumprotsjuka, och det blir en så kallad växtföljds-krock. Då oljerättika tillhör kålfamiljen och på så vis är mottaglig för klumprotsjuka, kan en växtföljd som redan innehåller raps vara gynnsamt för dess uppförökning. Därför kan lantbrukare med raps i sin växtföljd rådas att inte använda sig av oljerättika ur växtskyddshänseende (Olsson & Persson, 2017). På grund av de olika rotgallnematodarternas stora värdkrets, däribland mängder med olika sorters ogräs (Björklund & Boberg, 2019), kräver det att fälten måste hållas ogräsfria. Detta kräver att oljerättikan som odlas på de infekterade jordarna måste hålla en hög kvantitet blad som ger en marktäckande och ogräskvävande effekt. I Sverige säljs utsäde av oljerättika för dess sanerande effekt på växtparasitära nematoder (Olssons Frö, 2020).

3.3.5. Sudangräs

Sudangräs är en grüngödslingsgröda vilken även den kan användas för sina nematodsanerande egenskaper. Mojtahedi et al. (1993) har utfört en studie där de suppressiva egenskaperna av olika sorter av sudangräs mot *M. chitwoodi* och *M. hapla* testades. Studien visar att sorter som Trudan 8, Sordan 79 och SS-222 leder till minskande populationer av *M. chitwoodi* på grund av sin dåliga värdväxtstatus för nematoden. Även en minskning av *M. hapla* kunde tydas då sudangräset ter sig som de vanliga gräsarterna och på så sätt inte är värdväxt alls för nematodarten.

Widmer & Abawi (2002) har även utfört försök som visar att inkorporering av sudangräs som grüngödsling i marken ger en sanerande effekt av populationerna av *M. hapla* och *M. chitwoodi* i jorden.

I Sverige säljs också idag utsäde av sudangräs för sin nematodsanerande effekt (Olssons Frö, 2020).

3.4. Svarträda

Svarträda är den bekämpningsmetod som anses effektivast mot rotgallnematoder. Ett fält som ligger i svarträda bygger på att ständigt hålla marken öppen och svart, det vill säga att marken går obevuxen och befinner sig i ständig bearbetning under en tid för att förhindra uppförökningen av skadegörare. Syftet är att undvika att skapa essentiella födokällor genom värdväxter till nematoderna. Genom att hålla marken fri från växter kan nematodernas förmåga att livnära samt föröka sig strypas och på så sätt sker en sanering av nematoder i fält (Jordbruksverket, 2020).

Då rotgallsnematoder generellt sett har en stark överlevnad via vilofaser behöver marken ofta ligga i svarträda under en väldigt lång tid beroende på marktemperatur (Vestergård, 2019). I en studie av Das (2010) visades att de tre rotgallsnematoderna *M hapla*, *M. chitwoodi* samt *M. fallax* har en hög överlevnad vid temperaturer runt 10 °C. Försöket visade att J2 av *M. hapla* hade en överlevnadsgrad på 90% vid 10 grader C efter 12 veckors svarträda. Alla tre arternas överlevnadsförmåga utan värdväxt minskade kraftigt vid temperaturer över 20 grader C. Detta visar att arterna är temperaturberoende och att deras vilostadier ska tas i beräkning vid sanering med exempelvis träda. Milda vintrar och kalla somrar kan leda till en fördröjning av saneringseffekten.

Ett alternativ till när träda ska hållas kan vara mellan höstskörd av gröda till vårsådd av ny gröda. Detta har undersökt i en studie av Been et al. (2007) där det visade sig att populationerna av rotgallnematoderna *M. chitwoodi* och *M. fallax* minskade med mellan 60–95% mellan september/november till mars/maj då träda hölls

Problematiken som uppstår med denna bekämpningsmetod är en stor ekonomisk förlust för lantbrukaren då marken inte genererar inkomster under växtsäsongen i form av skörd. Även här krävs det en baskunskap om rotgallnematodens livscykel och biologi för att trädan ska ge tillräckligt positiv effekt. Om ett mottagligt ogräs lyckas få fäste på trädan skulle detta kunna ge stora konsekvenser i form av oavsiktlig uppförökning av nematodpopulationen och en träda som legat i onödan (Nyczepir et al., 2009).

4. Svenska nematodinfekterade fält

Under 2017 hittades det första fyndet av rotgallnematodarten *M. chitwoodi* i Sverige då en odlare av stärkelsepotatis i Blekinge tyckte att grödorna såg konstiga och underutvecklade ut. Med hjälp av jordprovsanalyser konstaterades att arten förekom i en hög populationskoncentration i jorden. Under 2018 upptäcktes även arten i Skåne utanför Kristianstad i jordprover som togs för ett framtida sortförsök på morötter. Därefter kunde det via fler provtagningar på omkringliggande fält konstateras fler populationer och totalt 10 fält har visat förekomst av *M. chitwoodi*. Under 2018 upptäcktes även *M. fallax* i ett skånskt fält. Orsakerna till införsel av de två reglerade nematodarterna är främst via inköpt utsäde från något av de europeiska länderna. Spridningen från fält till fält tros ha med kontaminerade maskiner och maskindelning att göra då de drabbadefälten ofta ligger i anslutning till varandra eller att lantbrukare har en delad/gemensam maskinpark med andra lantbrukare i närområdet.

De drabbade lantbrukarna är enligt lag tvungna att anmäla fynd av nematodarterna till Jordbruksverket och sedan följa deras restriktioner för bekämpning av karantänsskadegörare som *M. chitwoodi* och *M. fallax*. En problematik som uppstår vid dessa situationer är att svenska lantbrukare idag har få möjligheter till att få ut en ekonomisk ersättning vid de stora ekonomiska förlusterna som blir till följd av att få in dessa nematodarter i sina fält. Lantbrukarna är helt enkelt illa tvungna att betala och sanera sina fält på grund av anmälnings samt saneringsplikten som blir tack vare EU-direktiven (Sofia Windstam, Växtregelenheten Jordbruksverket, personlig kommunikation).

De drabbade lantbrukarna fick under första året bland annat inte flytta jord från smittade fält, de var tvungna att tvätta sina använda maskiner och de fick endast anlägga träda eller så resistent saneringsgrödor. Trädan visade sig ha effekt och det skedde en minskning på fälten med runt 90% första året. Lantbrukare till de fält som senare visade sig ha kraftigt reducerade rotgallnematodpopulationer efter träda eller resistent sort av oljerättika fick så en gröda vars skörd var ovanjord som trindsäd eller cerealier och därmed inte grödor som potatis, morötter eller betor. I Sverige behöver ytterligare information, framtagning och forskning kring resistent

sortgrödor som kan tillämpas i vårt nordiska klimat mot bland annat *M. chitwoodi* och *M. fallax*.

Av totalt fem drabbade odlare är det endast en som fortfarande har nematodpopulationer kvar i sitt fält. Även uppföljningsprover har samlats in på runtomliggande fält för att säkerhetsställa att fler fält inte blivit smittade. Detta har gjorts genom både visuell inventering och jordprovtagning, och i båda fallen har resultatet varit negativt, dvs. inga nematoder av arten *M. chitwoodi* har hittats (Sofia Windstam, Växtregelenheten Jordbruksverket, personlig kommunikation).

5. Diskussion

Syftet med denna litteraturundersökning var att undersöka olika möjliga bekämpningsalternativ till svarträda genom att använda sig utav grödors naturliga resistensmekanismer eller alternativa gröd-strategier mot rotgallnematoderna *M. hapla*, *M. chitwoodi* samt *M. fallax* och dess tillämpbarhet i det svenska jordbruket. Förslagsvis för att minska ekonomiska problem för lantbrukaren som uppstår i form av till exempel träda.

De olika arterna av rotgallnematoder som nämns i detta arbete går under olika krav när det kommer till bekämpning av infekterade fält i Sverige, och därför skiljer sig även bekämpningsstrategin åt. *Meloidogyne chitwoodi* och *M. fallax* är karantänskadegörare och därmed lagförda under smittskyddslag, vilket ställer ett stort ansvar och krav på den drabbade lantbrukaren både ekonomiskt och strategiskt. Den tredje rotgallnematodarten som nämns, *M. hapla*, går inte alls under samma regler och räknas inte in som karantänskadegörare i Sverige. Denna art ställer istället, inte lika strikta, med andra krav på lantbrukaren som själv måste se efter och tillämpa bra strategier för att bekämpa nematoden utan för stora ekonomiska förluster.

Idag tillämpas främst svarträda vid saneringen av rotgallnematoder som *M. chitwoodi* och *M. fallax* på grund av dess effektiva saneringseffekt. Detta ger som sagt stora ekonomiska förluster för den drabbade lantbrukaren vid helt utebliven skörd eftersom vi i Sverige inte har några stödpaket vid sådana här fall. Förutom utebliven skörd är även den konstanta jordbearbetningen för att hålla marken ogräsfri, och därmed fri från mottagliga växterarter, en stor kostnad för lantbrukaren. Både enligt Vestergård (2019) och Das (2019) påverkar temperatur hur länge trädan behöver ligga på grund av rotgallnematodarernas förmåga till vilostadie. Även här kan det leda till en dyr bekämpningsmetod vid milda vintrar och kalla somrar som förlänger den olönsamma trädan genom en minskad dödlighet hos nematoderna.

I sammanställningen av Björklund & Boberg (2019) fås en överblick över hur resistensmarknaden och utbudet ser ut för grödor mot alla tre rotgallnematodarerna. Ett troligt större framtida behov av resistent sorter i

europiska länder kräver en större produktion/förädling av resistent grödor inom EU. Dessa blir på så sätt tillgängliga för europeiska länder samt anpassade för våra klimat för att förhindra alltför stora ekonomiska följder vid rotgallnematodangrepp.

En aspekt som är värd att nämna är faktumet att vi inte kan tillämpa en odling av resistent sorter av grödor vilka skördas under jord, det vill säga morötter, potatis och sockerbetor vid *M. fallax*- och *M. chitwoodi*-infekterade fält på grund av smittskyddsskäl och spridningsförbud. En odling av dessa grödor kan ge en minskning av nematoder i fält men kan via distribution av skörd sprida skadegörarna till andra icke-nematodinfekterade fält via maskiner eller kontaminerade skördeprodukter. Därför krävs i dessa fall en striktare bekämpningsstrategi i form av svartträda. De höga kostnaderna för den drabbade lantbrukaren och bristen på bidrags- och ersättningsmedel kräver en annorlunda strategi för att förhindra företags eller personliga konkurser vid eventuellt framtida nya fynd av infekterade fält av *M. chitwoodi* eller *M. fallax*. En förädling av resistent grödor för ovanjordisk skörd som diverse cerealier skulle kunna vara en lösning där lantbrukaren kan få en skörd rent ekonomiskt utan att skörden bidrar till jordbunden smittspridning. Detta med krav dock att kontaminerade maskiner som används vid framtagning av grödan noggrant rengörs och endast används på de kontaminerade markerna.

När det kommer till *M. hapla* är det främst inom morotsodlingen, där vi har en nolltolerans vid angrepp eller förekomst i jorden, som ett utbud av resistent sorter behövs. Resistent grödor av morötter skulle kunna vara av värde för att minska ett behov av att använda, för lantbrukaren, olönsamma grödor som stråsäd eller anlägga träda. Problematiken om kontaminerade skördeprodukter uppstår dock även här och ett alternativ är att den resistent grödsorten kanske kan sås tätare inpå "dagen" då fältet infekterades, det vill säga att lantbrukaren inte behöver så stråsäd så många säsonger utan kanske kan så resistent sorter av morötter redan år två. Detta med krav att den resistent grödan som skördas under jord noggrant tvättas och att den eventuella jordkontamineringen på så sätt stannar på gården innan distribuering.

Enligt Jordbruksverket (2020) fick lantbrukarna vars fält blivit infekterade av *M. chitwoodi* och/eller *M. fallax* använda sig av antingen svartträda eller en rotgallnematod resistent sort av oljerättika. Både Aaltjeschema (2020) och i sammanställningen av Björklund & Boberg (2019) visar att just oljerättika är resistent mot dessa två arter samt att det finns diverse sorter att välja på. Även i studien av Teklu et al (2014) visas en sanerande effekt mot rotgallnematoder från oljerättika. För att det ska bli praktiskt möjligt att så oljerättika som en saneringsgröda krävs det dock, enligt Sofia Windstam att den gödslas för att kunna hålla ett tätt och ogräsfritt bestånd. Samtidigt så får en gödslad gröda heller inte

plöjas ner i marken på grund av risk för näringsläckage. Här står vi idag vid en återvändsgränd när det kommer till grödor som ger en sanerande effekt. Det blir helt enkelt inte tillämpligt att ha oljerättika på fält som är infekterade med *M. chitwoodi* och *M. fallax* efter Jordbruksverkets regler.

Om vi istället kollar på oljerättikans andra egenskaper som till exempel fånggröda vid sanering av arten *M. hapla* så anses den onödig. Då denna nematodart redan har en så pass ”lätt” bekämpning med hjälp av en tillämpad växtföljd med stråsäd anser jag att de andra mindre ”lönsamma” bekämpningsmetoderna som träda, fång- och saneringsgrödor inte är praktiska och ekonomiskt att tillämpa på infekterade fält.

Både sudangräs och tagetes kan dock ses som framtida grödor att använda sig av. Båda två är kända för sina allelopatiska effekter och kan kanske fungera som någon slags fånggröda på fält med låg nematodaktivitet insått i annan gröda, vilket visade sig fungera bra i studien av Reddy (2017) med tagetes i potatisodlingar. Eller som mellangröda där de mellan ekonomigrödorna odlas för att inkorporeras ner i jorden för att nyttja deras nematocida egenskaper, vilket visats fungera i försöket av Widmer & Abawi (2002) med sudangräs. Uppgifter om behov av gödsling eller inte gödsling vid anläggning av sudangräs är dock ovisst, vilket medför att problematiken kring nermyllad gödslad gröda kan appliceras även här om grödan behöver tillskottsgödsel. Ett vackert tagetesfält som samtidigt sanerar flera hektar åkermark på rotgallnematoder skulle även kunna bidra till vackra landskap. En marknad för tagetesblommor till te eller torkade som inredningsdetaljer kanske kan vara en lukrativ framtidsmarknad.

6. Slutsats

För bekämpning av *M. fallax* och *M. chitwoodi* finns det idag inte så många alternativ förutom att använda sig av svarträda. I framtiden krävs det fler resistenta sorter som blir tillgängliga på den europeiska marknaden samt kan odlas i vårt nordiska klimat. I så fall är det främst ovanjordiska resistenta grödor som stråsäd och raps som bör odlas på grund av risk för spridning av kontaminerad jord från underjordiska grödor. Saneringsgrödor finns, men på grund av svenska regelverk är det svårt att tillämpa dessa grödors sanerande effekt och är på så sätt praktiskt omöjliga att använda i Sverige. Saneringsgrödor som ej kräver gödsling för att hålla täta bestånd eller grödor som har en ”kemisk” sanerande effekt kan vara praktiskt i framtiden. En saneringsgröda som dessutom ger antingen en ekonomisk skörd eller på något sätt gynnar lantbrukarens mark i form av grüngödsling eller strukturförbättring är ett faktum för logik för dess användning istället för träda.

När det kommer till *M. hapla* konstaterades det att den absolut effektivaste saneringsmetoden är att använda sig av icke-värdväxter i form av stråsäd där effekten blir den samma som vid träda. Alternativet är att ett utökat sortiment av resistenta sortgrödor tas fram och detta kan leda till tätare odling av till exempel morötter eller potatis istället för stråsäd som ger lägre avkastning.

Referenser

- Abad, P., Favery, B., Rosso, M.-N., Castagnone-Sereno, P., (2003). Root-knot nematode parasitism and host response: molecular basis of a sophisticated interaction. *Molecular Plant Pathology*, vol. 4, s. 217–224.
<https://doi.org/10.1046/j.1364-3703.2003.00170.x>
- Albetsson Juhlin, M., (2010). Olika grödors inverkan på förekomst av rotgallnematod, *Meloidogyne hapla*, och andra frilevande nematoder i ekologisk växtföljd med morötter. Slutrapport till jordbruksverket.
Tillgänglig:
<https://fou.jordbruksverket.se/fou/sok/detalj/3049/redovisning/6595>
[2020-05-01]
- Albertson Juhlin, M., Viketoft, M., Gunnarsson, A., (2014). Effekt av förfrukt/mellangröda på rotgallnematoder och frilevande nematoder. *Tillväxt Trädgård*.
Tillgänglig:
<http://tillvaxttradgard.slu.se/uploads/dokument/TT096nematoder.pdf>
[2020-04-17]
- Andersson, S., (2018). *Nematoder som växtskadegörare*. Mjölby: Atremi AB
- Been, T. H., Korthals, G. W., Schomaker, C. H., & Zijlstra, C. (2007). The MeloStop Project: sampling and detection of *Meloidogyne chitwoodi* and *M. fallax* (No. 138). *Plant Research International*
- Björklund, N., Boberg, J., (2019). *Meloidogyne chitwoodi, M. fallax and M. hapla – resistance of plants relevant in Swedish cropping systems*. Uppsala: Unit for Risk Assessment of Plant Pests, SLU.
Tillgänglig:
https://www.slu.se/globalassets/ew/org/centrb/riskv/pub/meloidogyne_report_28_feb19.pdf [2020-04-15]
- Castagnone-Sereno, P., (2006). Genetic variability and adaptive evolution in parthenogenetic root-knot nematodes. *Heredity*, vol. 96, s. 282–289.
<https://doi.org/10.1038/sj.hdy.6800794>
- Das, S., (2010). *Survival of juveniles of Meloidogyne spp. in the absence of a host plant*. Ghent University. Faculty of science.
- Douda, O., Zouhar, M., Mazáková, J., Nováková, E., Pavela, R., 2010. Using plant essences as alternative mean for northern root-knot nematode (*Meloidogyne hapla*) management. *Journal of Pest Science*, vol. 83, s. 217–221. <https://doi.org/10.1007/s10340-010-0287-4>

- Ebone, L., Kovalski, M., Deuner, C., (2019). Nematicides: History, mode, and mechanism action. *Plant Science Today*, vol. 6, s. 91-97.
<https://doi.org/10.14719/pst.2019.6.2.468>
- El-Sappah, A.H., M. M., I., H. El-awady, H., Yan, S., Qi, S., Liu, J., Cheng, G., Liang, Y., (2019). Tomato Natural Resistance Genes in Controlling the Root-Knot Nematode. *Genes*, vol. 10, s. 925.
<https://doi.org/10.3390/genes10110925>
- Gowen, S.R. (1992) Chemical control of nematodes: efficiency and side-effects. I: Maqbool, M.A. (1997) *Proceedings of the Expert Consultation on Plant Nematode Problems and their Control in the Near East Region*. Karachi, Pakistan 22 - 26 november 1992
 Tillgänglig:
<http://www.fao.org/3/v9978e08.htm#chemical%20control%20of%20nematodes:%20efficiency%20and%20side%20effects> [2020-04-14]
- Hooks, C.R.R., Wang, K., Ploegc, A., McSorley, R., (2010). Using marigold (*Tagetes* spp.) as a cover crop to protect crops from plant-parasitic nematodes. *Applied Soil Ecology*, vol. 46. s. 307-320.
- Horsfall, J.G., Dimond, A.E., (1959). *Plant Pathology: The Diseased Plant*. 1. uppl. New York & London: Academic press inc.
- Hushållnings-sällskapet, (u.å). Faktblad - *Rotgallnematod Meloidogyne* spp.
 Tillgänglig: <http://hushallnings-sallskapet.se/wp-content/uploads/2018/07/faktblad-rotgallnematod.pdf> [2020-05-24]
- Jordbruksverket, (2020). *Lovande bekämpning av rotgallnematoder*.
 Pressmeddelande 30 jan 2020.
 Tillgänglig:
<http://www.mynewsdesk.com/se/jordbruksverket/pressreleases/lovande-bekaempning-av-rotgallnematoder-2964381> [2020-05-07]
- Jordbruksverket, (2019). *Listor över alla karantänskadegörare och andra reglerade skadegörare*.
 Tillgänglig:
<http://www.jordbruksverket.se/amnesomraden/odling/vaxtskydd/karantanskadegorare/allakarantanskadegorare.4.7b10c0c0158f7bf6b8be774e.html>[2020-04-18]
- Jordbruksverket, (2020). *Träda*.
 Tillgänglig: <https://jordbruksverket.se/stod/lantbruk-skogsbruk-och-tradgard/sam-ansokan-och-allmant-om-jordbrukarstoden/trada> [2020-04-28]
- Kleemola, J., (2013). Gröngödslingsguide. *Effektivisering av vattenskyddet inom jordbruket*. Helsingfors: Teho Plus.
- Mennan, S., Ngouajio, M., Melakeberhan, H., Dudek, T., (2008). Effect of *Meloidogyne hapla* on multi-purpose use of oilseed radish (*Raphanus sativus*). *Nematology*, vol. 10, s. 375–379.
<https://doi.org/10.1163/156854108783900302>

- Mojtahedi, H., Santo, G.S., Ingham, R.E., (1993). Suppression of *Meloidogyne chitwoodi* with Sudangrass cultivars as green manure. *Journal of Nematology*, vol. 25, s. 303–311.
- Nijs, L., Camilleri, M., Diakaki, M., Schenk, M., vos, S., (2019). Pest survey card on *Meloidogyne chitwoodi* and *Meloidogyne fallax*. *EFSA Supporting Publications*, vol. 16, s. 1572. <https://doi.org/10.2903/sp.efsa.2019.EN-1572>
- Nyczepir, A.P., Thomas, S.H., (2009). Current and future management strategies in intensive crop production systems., in: Perry, R.N., Moens, M., Starr, J.L. (Eds.), *Root-Knot Nematodes*. CABI: Wallingford. s. 412–443. <https://doi.org/10.1079/9781845934927.0412>
- Olssons Frö (2020). *Frökatalog 2020*.
Tillgänglig:
http://www.olssonsfro.se/db_img/file/Olssonkatalog2020svenskNET.pdf [2020-05-10]
- Piedra Buena, A., Díez-Rojo, M.Á., López-Pérez, J.A., Robertson, L., Escuer, M., Bello, A., (2008). Screening of *Tagetes patula* L. on different populations of *Meloidogyne*. *Crop Protection*, vol. 27, s. 96–100. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2007.04.011>
- Perry, R.N., Moens, M., (2013). *Plant Nematology*. 2. uppl. Boston MA: CABI.
- Perry, R.N., Moens, M., Starr, J.L., (2009). *Root-Knot Nematodes*. Cambridge: CABI.
- R.A.C. Daulton, R.F. Curtis, (1963). The effects of *tagetes* spp. on *Meloidogyne javanica* in southern Rhodesia. *Nematologica*, vol. 9, s. 357–362. E.J. Brill, Leiden
- Reddy, P.P., (2017). *Agro-ecological Approaches to Pest Management for Sustainable Agriculture*. Singapore: Springer.
- Rölin, Å., (2015). Växtföljd. I: Jordbruksverket. *Ekologisk grönsaksodling på friland*. Jönköping
- Schneider, S.M., Roskopf, E.N., Leesch, J.G., Chellemi, D.O., Bull, C.T., Mazzola, M., (2003). United States Department of Agriculture. Agricultural Research Service research on alternatives to methyl bromide: pre-plant and post-harvest. *Pest Management Science*, vol. 59, s. 814–826. <https://doi.org/10.1002/ps.728>
- Sorribas, F.J., Ornat, C., Verdejo-Lucas, S., Galeano, M., Valero, J., (2005). Effectiveness and profitability of the Mi-resistant tomatoes to control root-knot nematodes. *European Journal of Plant Pathology*, vol. 111, s. 29–38. <https://doi.org/10.1007/s10658-004-1982-x>
- Suatmadji, R.W., (1969). *Studies on the effect of Tagetes species on plant parasitic nematodes*. H. Veenman & Zonen N.V., Wageningen, Nederländerna.
- Teklu, M.G., Schomaker, C.H., Been, T.H., (2014). Relative susceptibilities of five fodder radish varieties (*Raphanus sativus* var. *Oleiformis*) to

- Meloidogyne chitwoodi*. *Nematology*, vol. 16, s. 577–590.
<https://doi.org/10.1163/15685411-00002789>
- Vestergård, M., (2019). Trap crops for *Meloidogyne hapla* management and its integration with supplementary strategies. *Applied Soil Ecology*, vol. 134, s. 105–110. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2018.10.012>
- Aaltjesschema, (2020). Website provided by Wageningen University and Research.
Tillgänglig: <https://www.aaltjesschema.nl/Schema.aspx> [2020-05-24]
- Williamsson, V.M., Roberts, P.A., (2009). Mechanism and genetics of resistance. I: Perry, R.N., Moens, M., Starr, J.L. Cambridge: CABI. *Root-knot nematodes*, vol. 13, s. 301-319.
- Widmer, T.L., Abawi, G.S., (2002). Relationship Between Levels of Cyanide in Sudangrass Hybrids Incorporated into Soil and Suppression of *Meloidogyne hapla*. *Journal of Nematology*, vol. 34, s. 16–22.
- Wesemael, W., Moens, M., (2008). Vertical distribution of the plant-parasitic nematode, *Meloidogyne chitwoodi*, under field crops. *European Journal of Plant Pathology*, vol. 120, s. 249–257. <https://doi.org/10.1007/s10658-007-9213-x>
- Wesemael, W., Viaene, N., Moens, M., (2011). Root-knot nematodes (*Meloidogyne* spp.) in Europe. *Nematology*, vol. 13, s. 3–16.
<https://doi.org/10.1163/138855410X526831>
- Xu, A., Melakeberhan, H., Mennan, S., Kravchenko, A., Riga, E., (2006). Potential use of arugula (*Eruca sativa* L.) as a trap crop for *Meloidogyne hapla*. *Nematology*, vol. 8, s. 793–799.
<https://doi.org/10.1163/156854106778877884>
- Å. Olsson, L. Persson, (2017). Oljerättika i växtföljden - vän eller fiende?. *Betodlaren*, vol. 2, s. 42 - 46.

Tack