

Mellangrödor i motverkande och förebyggande syfte mot klumprotsjuka och nematoder vid odling av olika huvudgrödor inom familjen Brassicaceae

Cover crops in counteracting and preventive purpose against club root disease and nematodes in the cultivation of various main crops within the Brassicaceae family

Izabella Lundborg



Foto: Izabella Lundborg, (2019).

Självständigt arbete • 15 hp
Trädgårdsingenjör: odling – kandidatprogram
Alnarp 2019

Mellangrödor i motverkande och förebyggande syfte mot klumprotsjuka och nematoder vid odling av olika huvudgrödor inom familjen Brassicaceae

Cover crops in counteracting and preventive purpose against club root disease and nematodes in the cultivation of various main crops within the Brassicaceae family

Izabella Lundborg

**Handledare: Sven- Erik Svensson, SLU, Institutionen för biosystem och teknologi
Biträdande handledare: Åsa Olsson, Hushållningssällskapet, Forskningschef nematologi
Examinator: Lotta Nordmark, SLU, Institutionen för biosystem och teknologi**

Omfattning: 15 hp

Nivå och fördjupning: G2E

Kurstitel: Självständigt arbete i trädgårdsvetenskap, G2E

Kurskod: EX0844

Program/utbildning: Trädgårdsingenjör: odling – kandidatprogram

Utgivningsort: Alnarp

Utgivningsår: 2019

Omslagsbild: Izabella Lundborg

Elektronisk publicering: <http://stud.epsilon.slu.se>

Nyckelord: *Plasmodiophora brassicae*, Växtparasitära nematoder, Kålgrödor, Kontroll, Resistens, Värdväxter, Purrhavre, Rajgräs, Oljerättika, Honungsfacelia

SLU, Sveriges lantbruksuniversitet

Fakulteten för landskapsarkitektur, trädgårds- och växtproduktionsvetenskap

Institutionen för biosystem och teknologi

Tack

Jag vill tacka Sven- Erik Svensson och Åsa Olsson som varit mina handledare i uppsatsen. Er vägledning och kunskap har varit betydelsefull under mitt skrivande och för resultatet av uppsatsen.

Izabella Lundborg 2019

Abstrakt

I denna uppsats beskrivs mellangrödor och deras potentiella användning i syfte för att motverka, förebygga och uppföröka *Plasmodiophora brassicae* och växtparasitära nematoder vid odling av grödor inom familjen Brassicaceae. Samt utreda interaktioner mellan klumprotsjuka och växtparasitära nematoder vid val av mellangröda. För att få en förståelse för syfte och egenskaper av mellangrödor ingår en förundersökning av *Plasmodiophora brassicae* och växtparasitära nematoder.

Klumprotsjuka orsakas av svampen *Plasmodiophora brassicae* som är en allvarlig patogen vid odling av grödor inom familjen Brassicaceae. Klumprotsjuka yttrar sig främst i form av svulster på plantans rötter som leder till begränsat vatten- och näringsupptag och slokande tillväxthämmade plantor, vilket resulterar i stora skördeförluster. Kålgrödors ökade popularitet i odling har bidragit till korta växtföljder och därmed ökade utbrott av klumprotsjuka. *Plasmodiophora brassicae* är en komplex svårkontrollerad slemsvamp, som med vilsporer kan befinna sig i väntan på värdväxt i upp till 17 år. Det finns ingen tillgänglig direktkontroll utav *Plasmodiophora brassicae* och ett flertal faktorer påverkar de befintliga motverkande som finns. Mellangrödor är ett alternativ som både kan orsaka uppförökning vid felhantering men även användas i motverkande och förebyggande syfte.

Växtparasitära nematoder är en orosfaktor i det svenska jordbruket. Vilket har resulterat i en ökning på efterfrågan av åtgärdsmetoder, kunskap om arter och skadliga tätheter. Växtparasitära nematoder har ofta en bred värdkrets och det finns ett flertal arter som angriper grödor inom familjen Brassicaceae. De olika arterna parasiterar olika på grödorna beroende på deras livscykel. Växtparasitära nematoder är svårkontrollerade. Det finns ingen tillgänglig direktkontroll och ett flertal faktorer påverkar de befintliga alternativen som finns. Mellangrödor är en av metoderna som är av potential vid kontroll.

Mellangrödor i syfte för kontroll av växtpatogener och insekter är förhållandevis utforskat och en ökad förståelse för hur de kan användas i det syftet är efterfrågat. Vid kontroll av klumprotsjuka kan icke värdväxter användas i växtföljden som bibehåller en lägre mängd vilsporer i jämförelse med mottagliga arter, värdväxter kan odlas för att stimulera groningen och sedan avdödas innan uppförökning även

resistenta icke värdväxter kan vara en potentiell metod för sanering av *Plasmodiophora brassicae*. Resistenta icke värdväxter stimulerar sporgroning men livscykeln fullbordas inte på växten. Mellangrödor kan inneha resistens mot nematoder och därmed förhindra deras reproduktion, agera uppförökande och avdödas för att förhindra livscykelns fortgång samt i förebyggande syfte agera som icke värdväxter genom att bidra till naturlig populationsminskning.

Vissa grödor inom familjen Brassicaceae har resistenta egenskaper mot nematoder. Men dessa arter är även mottagliga för *Plasmodiophora brassicae*. Sambanden vid val av mellangröda är av vikt att ta hänsyn till vid kontroll av nematoder i växtföljder innehållande grödor inom familjen Brassicaceae.

Abstract

This paper describes cover crops and their potential use to counteract, prevent and increase *Plasmodiophora brassicae* and plant parasitic nematodes in crop cultivation within the Brassicaceae family. In addition, interactions between clubroot disease and plant parasitic nematodes are investigated in the choice of cover crops. In order to gain an understanding of the purpose and properties of cover crops, a preliminary study of *Plasmodiophora brassicae* and plant parasitic nematodes is included.

Clubroot disease is caused by the slime mold *Plasmodiophora brassicae* which is a serious pathogen in the cultivation of crops within the Brassicaceae family. Clubroot disease expresses itself mainly in the form of tumors on the roots of the plant. And it leads to limited water and nutrient uptake and flaggy growth-inhibited plants, resulting in large crop losses. The increased popularity of cabbage plants in cultivation has contributed to short crop rotations and thus increased outbreaks of clubroot disease. *Plasmodiophora brassicae* is a complex slime mold and is difficult to control since resting spores could be waiting for a hostplant up to 17 years. There is no available direct control of *Plasmodiophora brassicae* and several factors affect the existing options. Cover crops are an alternative that can both cause increase of the population during mismanagement but also be used for counteracting and preventative purposes.

Plant parasitic nematodes are a concerning factor in Swedish agriculture. Which has resulted in an increase in the demand for action methods, knowledge of species and harmful densities. Plant parasitic nematodes often have a broad host circle, and there are numerous species that attack crops within the Brassicaceae family. The different species parasitize differently on the crops depending on their life cycle. Plant parasitic nematodes are hard to control. There is no available direct control and a number of factors affect the existing options. Cover crops are one of the methods that have potential in control of plant parasitic nematodes.

Cover crops for the purpose of controlling plant pathogens and insects are relatively unexplored and an increased understanding of how they can be used in this purpose

is needed. In the control of clubroot disease, non-host plants can be used in the crop rotation to maintain a lower amount of resting spores in comparison to susceptible species, host plants can be grown to stimulate germination and then killed prior to propagation but also resistant non-host plants may be a potential method of remediation of *Plasmodiophora brassicae*. Resistant non-host plants stimulate spore growth but the lifecycle cannot be completed on the plant. Cover crops may possess resistance to nematodes and thus prevent the reproduction of nematodes, act as propagators and be killed to prevent the life cycle of the progression and to prevent non-host plants that contribute to natural reduction of the populations.

Some crops within the Brassicaceae family are resistant to parasitic nematodes. But these species are also susceptible to *Plasmodiophora brassicae*. The relationships in the choice of cover crops are important to consider when controlling nematodes in crop rotations containing crops within the Brassicaceae family.

Innehållsförteckning

1	Introduktion	7
2	Syfte	8
3	Frågeställning	8
4	Material och metod	9
5	Klumprotsjuka	9
5.1	Symptom	10
5.2	Spridning	10
5.3	Ekonomisk betydelse	11
5.4	Kontroll	11
5.4.1	Växtföljd	12
5.4.2	Analyser	12
5.4.2.1	Jordprov	12
5.4.2.2	Biotest	12
5.4.2.3	Manuellt	13
5.4.2.4	PCR	13
5.4.3	Förändring av jordkemi	13
5.4.4	Resistens hos Brassicaceae grödor	13
5.4.5	Mellangrödor	14
5.4.5.1	Värdväxter	14
5.4.5.2	Icke värdväxter	14
5.4.5.3	Resistenta icke värdväxter	14
6	Nematoder	15
6.1	Livscykel	15
6.2	Växtparasitära nematoder	16
6.2.1	Nålnematod <i>Longidorus elongatus</i>	16
6.2.2	Rotsårsnematod <i>Pratylenchus penetrans</i>	16
6.2.3	Cystnematoder	17
6.2.3.1	Kålcystnematod <i>Heterodera cruciferae</i>	17
6.2.3.2	Betcystnematod <i>Heterodera schachtii</i>	17
6.2.3.3	Gul betcystnematod <i>Heterodera betae</i>	17
6.2.4	Rotgallnematod <i>Meloidogyne chitwoodi</i>	18
6.2.5	Stubbrotsnematod <i>Trichodorus spp. och Paratrichodorus spp.</i>	18
6.2.6	Frilevande nematod <i>Paratylenchus bukowinensis</i>	18
6.3	Spridning	19
6.4	Analysmetod	19
6.5	Kontroll	20

6.5.1 Växtföljd	20
6.5.1 Ogräskontroll	20
6.5.3 Bioångning.....	20
6.5.4 Resistent och mottagliga mellangrödor	20
6.5.5 Svartträda	20
6.5.6 Organiskt material	21
6.5.7 Hygien	21
6.5.8 Biologisk bekämpning.....	21
6.5.9 Kemisk bekämpning	21
7 Mellangrödor	22
7.1 Mellangrödor i syfte mot klumprotsjuka vid odling av huvudgrödor inom familjen Brassicaceae.....	23
7.1.1 Motverkande.....	23
7.1.1.1 Värdväxter	23
7.1.1.2 Resistent icke värdväxter	23
7.1.1.3 Raps <i>Brassica napus L.</i>	24
7.1.1.5 Rajgräs <i>Lolium perenne</i>	24
7.1.2 Förebyggande	25
7.1.2.1 Icke värdväxt.....	25
7.1.2.2 Rödklöver <i>Trifolium pratense</i>	25
7.1.2.3 Honungsfacelia <i>Phacelia tanacetifolia</i>	26
7.1.3 Uppförökande	26
7.1.3.1 Värdväxter	26
7.2 Mellangrödor i syfte mot nematoder vid odling av huvudgrödor inom familjen Brassicaceae.....	26
7.2.1 Motverkande.....	26
7.2.1.1 Resistent värdväxter.....	26
7.2.1.2 Bioångning.....	27
7.2.1.3 Oljerättika <i>Raphanus sativus var oleiformis</i>	27
7.2.1.4 Vitsenap <i>Sinapsis alba</i>	28
7.2.1.5 Purrhavre <i>Avena strigosa</i>	29
7.2.1.6 Sammetsblomster <i>Tagetes</i>	29
7.2.2 Förebyggande	30
7.2.2.1 Icke värdväxter	30
7.2.2.2 Sunnhampa <i>Crotalaria juncea</i>	30
7.2.2.3 Honungsfacelia <i>Phacelia tanacetifolia</i>	30
7.2.2.4 Blålupin <i>Lupinus angustifolius</i>	31

7.2.2.5 Rajgräs <i>Lolium perenne</i>	31
7.2.3 Uppförökande	32
7.2.3.1 Värdväxter	32
8 Interaktioner mellan nematoder och klumprotsjuka	32
8.1 Oljerättika <i>Raphanus sativus var oleiformis</i>	32
8.2 Vitsenap <i>Sinapsis alba</i>	32
9 Tabell.....	33
9.1 Tabell beskrivning.....	33
10 Diskussion.....	34
11 Slutsatser.....	39
12 Referenser.....	42

1 Introduktion

Grödor inom familjen Brassicaceae har sedan vikingatiden odlats i Sverige (Iwarsson, 2014). Familjen Brassicaceae omfattar arterna *Brassica napus*, *Brassica nigra*, *Brassica juncea*, *Brassica oleracea*, *Brassica rapa* och *Brassica carinata* (Dixon, 2007).

Raps har sedan 1800-talet varit en betydelsefull gröda i Sveriges odlingshistoria. Omfattningen av raps i svenskt lantbruk har varit varierande över åren fram tills idag (Fogelfors, 2001). Variationen har flera orsaker däribland växtskyddsproblem samt mineraloljans och sockerbetans framfart i slutet på 1800-talet som minskade odlingen väsentligt. Efterfrågan på vegetabiliska oljor ökade betydligt i slutet av 1900-talet och därmed ökade omfattningen av rapsodling i världen på nytt och i större skala än tidigare. Rapsodlingens framfart i svenskt lantbruk resulterade i uppförkning av klumprotsjuka som orsakade stora skördeförluster under 1980-talet (Wallenhammar, 2014a). Utöver raps har andra grödor inom familjen Brassicaceae odlats (Dixon, 2009). Populariteten hos dessa har under åren stigit vilket har bidragit till en intensiv odling och ökade problem med klumprotsjuka.

Klumprotsjuka orsakas av slemsvampen *Plasmodiophora brassicae* och sjukdomen drabbar växter inom familjen Brassicaceae (Wallenhammar, 1997). Symptomen yttrar sig främst i form av svulster på plantans rötter och leder till begränsat vatten- och näringsupptag, samt slokande och tillväxthämmade plantor, vilket resulterar i stora skördeförluster.

I en skördeprognos från 2018 kan man utläsa att rapsskörden har minskat med 36 % under de senaste fem åren, trots ingen signifikant förändring av odlingsarealen (Jordbruksverket, 2018). Den jordbundna slemsvampen förökar sig med vilsporor (Friberg, 2005a). Vilsporerna triggas igång av rotexudat som utsöndras från en värdväxt. Sporerna kan befinna sig i väntan på värdväxt i upp till 17 år i jorden.

Olika odlingsåtgärder har under åren undersökts för att motverka klumprotsjuka såsom växtföljd, resistensförädling, mellangrödor, jordanalyser, gödsling med bor och kväve, samt kalkning (Wallenhammar, 1997 ; Wallenhammar, 2013). Mellangrödor har utvärderats i olika försök för att stimulera vilsporor att gro i frånvaro av värdväxt och på så vis minska *Plasmodiophora brassicae* i odlingen (Friberg, 2005b).

Växtparasitära nematoder är en växande orosfaktor hos odlare i Sverige (Albertson Juhlin et al. 2014). En efterfrågan på kunskap om arter, skadliga mängder och åtgärdsmetoder har uppkommit och kommande klimatförändringar höjer oron över att få in fler skadliga nematodarter från övriga Europa till Sverige.

Växtparasitära nematoder har ofta en mycket bred värdväxtkrets och de är beroende av dessa för uppförkning och överlevnad. Det finns ett flertal nematoder som

drabbar och orsakar allvarliga skador på grödor inom familjen Brassicaceae (Andersson, 2018).

Korta ensidiga växtföljder med monokultur odling är fördelaktigt för artspecifika nematoder som lättare kan växa i mängd och orsaka stora angrepp (Nilsson, 2014). För att reducera mängden av växtparasitära nematoder kan man använda sig av mellangrödor (Hammeraas, 2004). Mellangrödor kan ingå i växtföljden med olika inneboende egenskaper för att motverka uppförökning av nematoder (Albertson Juhlin et al. 2014). Mellangrödor anses vara ett bättre alternativ ur miljösynpunkt än andra metoder som används för att motverka växtparasitära nematodangrepp däribland svartråda.

2 Syfte

Syftet med arbetet är att genom en litteraturstudie undersöka mellangrödor som i sin tur kan förebygga, motverka eller uppföröka klumprotsjuka och nematoder vid odling av huvudgrödor inom familjen Brassicaceae. Samt reda ut eventuella samband mellan klumprotsjuka och nematoder vid val av mellangröda. Studien syftar till att ligga som underlag till en planering av ett fältförsök med mellangrödor i växtföljd med huvudgrödor inom familjen Brassicaceae.

3 Frågeställning

- Vilka mellangrödor kan förebygga, motverka eller uppföröka klumprotsjuka respektive nematoder vid odling av olika huvudgrödor inom familjen Brassicaceae?
- Finns det samband mellan nematoder och klumprotsjuka?

4 Material och Metod

Uppsatsen innefattar en litteraturstudie med ändamål att undersöka mellangrödor i motverkande och förebyggande syfte mot klumprotsjuka och nematoder vid odling av olika huvudgrödor inom familjen Brassicaceae. För att hitta material till uppsatsen har SLU bibliotekets databaser utnyttjats. Vilket är Primo, Google scholar och Web of Science. Litteraturstudien utgår främst ifrån vetenskapliga artiklar, böcker, rapporter, tidskrifter samt internetsidor med pålitliga källor. Information samlades även in vid en konferens om mellangrödor som under skrivandets gång besöktes. Föreläsningar i kursen Växtskydd och mikrobiologi på Sveriges lantbruksuniversitet har även bidragit med material. Material från föreläsningar och konferensen finns att tillgå i form av PowerPoints i referenslistan.

5 Klumprotsjuka

Växter inom familjen Brassicaceae har sedan långt tillbaka drabbats av klumprotsjuka som är en av de vanligaste och allvarligaste sjukdomarna på kålväxter (Friberg, 2005a ;Wallenhammar, 2014a). *Plasmodiophora brassicae* är en slemsvamp som tillhör riket Protosa och divisionen Myxomycota svampar och är den svamp som orsakar klumprotsjuka hos kålväxter (Nilsson, 2014). *Plasmodiophora brassicae* förökar sig med plasmodium som definieras som ett amöbaliknande encelligt djur (Wallenhammar, 1997 ; Nilsson, 2014). Plasmodium uppföras i värdväxtens rotceller. För att klumprotsjuka ska bryta ut krävs att simmande sporer så kallade zoosporer infekterar värdväxtens rötter och utvecklas till plasmodium (Wallenhammar, 1997). Därefter bildas nya zoosporer och vilsporer av plasmodiet. Rotexudat som utsöndras från värdväxtens rötter krävs för att stimulera groningen av vilsporer och är därmed en utlösande faktor för infektionen. Klumprotsjukans livscykel består av en primär fas och en sekundär fas. Den primära fasen kallas rothårstadiet och den sekundära klumprotstadiet. I rothårstadiet sker infektionen, zoosporer infekterar rothåren på värdväxten och sekundära zoosporer bildas. I primära fasen uttrycks inte symptom. Under klumprotstadiet sker en sekundär infektion med sekundära zoosporer, infektionen följs upp av utveckling av plasmodium i rotceller (Feng, 2012), cell förstoring och celledelning i rotceller i cortex, vilket resulterar i att svulster bildas (Wallenhammar, 1997). Svulster visar sig som deformation av roten och uttrycks som klumpar.

Frigörelse av zoosporer sker dels under infektionens gång och därav sker en vidareutveckling av angreppet (Wallenhammar, 1997). Samt lagras zoosporer i vilsporer. En vilspor är ett fortplantningsorgan innehåller en zoospor som infekterar rothår och omvandlas till plasmodium. Slemsvampen är beroende av vilsporer för att överleva i jorden en längre tid (Friberg, 2007). Vilsporer kan överleva i jorden upp till 17 år och de frigörs när rötterna av infekterad planta bryts ned (Wallenhammar, 1997 ; Friberg, 2005a ; Nilsson, 2014). Zoosporer överlever endast en begränsad tid i markvätskan i frånvaro av värdväxt.

5.1 Symptom

Klumprotsjuka kännetecknas av klumpar på plantans rötter som leder till begränsat vatten- och näringsupptag och slokande tillväxthämmade plantor (Wallenhammar, 1997). Om klumprotsjuka infekterar nyetablerade småplantor är det sannolikt att angreppet dödar plantorna (Dixon, 2009). Fullvuxna plantor står emot bättre men får symptom som reducerar skörden.

När plasmodium bildas i växtcellen i värdväxtens rot utsöndrar slemsvampen glukobrassicin ämnen som stimulerar cellerna till att expandera samt dela sig (Wallenhammar, 1997). Den kraftiga förstoringen och celledelningen yttrar sig som svulster på rötterna. Kännetecknen som visar sig ovan jord är vissnesjuka och kompakta plantor (Nilsson, 2014 & Wallenhammar, 1997). De deformerade angripna rötterna- begränsar plantans vatten och näringsupptag samt ger upphov till invasion

av saprofyter och mark- mikroorganismer (Wallenhammar,1997). Invasionen av saprofyter och mark- mikroorganismer som bryter ned rötterna och eventuellt bildar toxiska substanser i kombination med begränsat vatten och näringsupptag orsakar tillväxthämning och vissna plantor.

Symptomen yttrar sig olika beroende på gröda

Blomkål *Brassica oleracea var. botrytis* och **Broccoli** *Brassica oleracea var. italica* (Dixon, 2009). Symptomen av klumprotsjuka på dessa grödor yttrar sig som förkrympta plantor med påskyndad blomning. Symptomen leder till stor kvalitetsreduktion.

Raps *Brassica napus*

Symptom uttrycks som hämmad sträckningstillväxt, reducerat antal frön samt försämrad oljekvalitet.

Brysselkål *Brassica oleracea var. gemmifera*

Symptomen på ovanjordiska växtdelar kan uttryckas i forma av fysiologiska rubbningar som minskar skörden.

Kinesisk kål *Brassica rapa subsp. pekinensis*

Symptomen visar sig som förkrympta huvuden med oattraktivt utseende.

Majrova *Brassica rapa subsp. rapa* och **Kålrot** *Brassica napobrassica*

Symptomen på rötterna skiljer sig i förhållande till andra kålväxter då den yttrar sig med förgrenat rotsystem. Rotsystemet hos majrova och kålrot är svullna pålrötter och symptomen yttrar sig som krossår och utväxter på rötterna.

5.2 Spridning

Plasmodiophora brassicae sprids enkelt och effektivt med jord med medhavande vilsporer (Wallenhammar, 2018). Infekterad rot del kan innehålla mellan 100-200 miljoner sporer per/gram. Jorden kan spridas över fältet samt till andra fält med redskap, vind, vatten och daggmaskar då sporer inte bryts ned i matsmältningen (Wallenhammar,1997).

Olika markförhållanden kan gynna infektionen av *Plasmodiophora brassicae* i fält. Den optimala jordtemperaturen för sporgroning är 25 grader och 18- 24 grader för tillväxt. Det är därför viktigt att ha jordtemperaturen i åtanke när man väljer såtidpunkt, detta för att minska riskerna. Markvattnet är en betydande faktor för infektion av klumprotsjuka, eftersom zoosporer simmar i markvätskan för att kunna komma åt rötterna. Därmed är risken för större angrepp högre på fält med vattenhållande jordar. Slemsvampen trivs inte i jordar med högt pH- värde. Optimalt pH för infektion är pH 4,9 och för tillväxt pH 5,9. Att ta hänsyn till pH kan vara svårt då variationen i fältet kan skilja sig betydligt och därmed även infektionsrisken, som nämnt ovan sprids sporer lätt över fältet från infekterade delar till friska delar.

5.3 Ekonomisk betydelse

Klumprotsjuka är väl spridd över större delen av världen och är den sjukdom som orsakar störst ekonomiska förluster vid odling av grödor inom familjen Brassicaceae (Dixon, 2009 ; Wallenhammar, 2014a). *Plasmodiophora brassicae* är väletablerad i oljeväxtodling samt i odling av Brassicaceae grödor (Wallenhammar, 2000). En större efterfrågan på vegetabiliska oljor ökade raps- odlingens popularitet vilket bidrog till fler utbrott av klumprotsjuka i svenskt jordbruk (Wallenhammar, 2014a). Även en stigande popularitet hos andra grödor inom familjen Brassicaceae har observerats under åren, vilket har resulterat i en intensiv odling med ökande problem av klumprotsjuka (Dixon, 2009). Intensiteten av Brassicaceae produktion i samband med det monokulturella odlingssystemet ökar svårighetsgraden av angreppen som leder till ekonomiska förluster. Angreppets tidpunkt har en inverkan på odlingens ekonomi, beroende på om infektionen bryter ut i början av växtsäsongen eller i slutet (Wallenhammar, 2014a). Om infektionen bryter ut tidigt under växtsäsongen med hög infektionsnivå är risken för högre förluster större än senare under kulturtiden. Angreppet kan leda till total förlust alternativt reducerad skörd (Dixon, 2009 ; Wallenhammar, 2014a).

5.4 Kontroll

För att bekämpa klumprotsjuka har flera kontrollmetoder utövats under åren, men kvantiteten av vilsporer som frigörs vid förmultningen av infekterade rötter försvårar kontrollen signifikant (Wallenhammar, 2001). Åtgärder som utförts har grundat i miljövänliga metoder däribland fokus på att undvika kålväxter på samma fält under flera säsonger samt att undvika odling på smittade fält. Kemiska metoder har testats men har inte visats sig vara effektiva nog och inte uppnått miljökraven. Utveckling av motåtgärder för klumprotsjuka är av stort intresse för odlarna då antalet metoder för kontroll idag är begränsade (Dixon, 2014).

5.4.1 Växtföljd

I jordbruket har man sedan länge använt sig av växtföljd (Nilsson, 2014). I odling använder man sig av växtföljd för att hushålla med näring, bibehålla god jordstruktur, förebygga uppförökning av växtskadegörare, gynna den biologiska mångfalden samt i förebyggande syfte mot ogräs.

En välplanerad växtföljd kan minska risken för klumprotsjuka på fältet (Wallenhammar et al. 2014b). I förundersökningar som gjorts har det visat sig att tätare rotation av kålväxter i växtföljden ökar infektionen på fältet. Tester som utförts under en intervall på 16 år där kålväxter odlats 5, 3 och 2 gånger visade att infektionsutbredningen var betydligt större där kålväxter odlats 5 gånger (82%) i jämförelse med 3 (58%) och 2 (42%). En vanlig växtföljds rekommendation för sädeslag har varit att växla med kålväxter vart fjärde år. Det är inte tillräckligt för att

undgå höga infektionsnivåer. För att förhindra infektion krävs långa intervaller mellan kålväxter på fälten, då vilsporer kan överleva i jorden utan värdväxt i upp till 17 år. Jordart och pH på fältet påverkar hur lång rotationen av kålväxter bör vara i växtföljden för att förebygga uppförökning av klumprotsjuka, t.ex. mjälhaltiga jordar bör ha en längre rotation än 6 år (Wallenhammar, 1997). Utformningen av intervallet av kålväxter i växtföljden bör specificeras efter det enskilda fältets egenskaper såsom jordart, pH och ogräs som agerar som värdväxter (Wallenhammar, 1997 ; Wallenhammar et al. 2014b). En generell intervall av kålväxter i växtföljden är otillförlitlig i syfte att minimera riskerna.

5.4.2 Analyser

Jordanalyser uppmanas utföras innan plantering av kålväxter, för att förhindra angrepp (Wallenhammar et al. 2014b). Tester som utförs för att detektera *Plasmodiophora brassicae* på fält är biotest, manuellt och polymerase chain reaction (PCR).

5.4.2.1 Jordprov

För att analysera eventuell smitta av *Plasmodiophora brassicae* i jorden på fältet tas jordprover (Sveriges lantbruksuniversitet, 2013 ; Eurofins, 2015). Jordprover tas i matjorden med hjälp av en jordborr. På fält mindre än 10 ha rekommenderas ca 40 prover tas i ett mönster av ett "W". Efter prov insamlingen blandas proverna noga och utav jordblandningen tas ett samlingsprov på ca 0,5 kg som sedan kan skickas till analys.

5.4.2.2 Biotest

Biotest är en traditionell metod för att konstatera graden av smitta av *Plasmodiophora brassicae* på fält (Eurofins, 2015). Utförandet av biotest sker genom plantering av värdväxt i insamlad jord från fält (Wallenhammar, 1997). Mängden av antal vilsporer i jorden ökar graden av angreppet och visar på kraftigare symptom samt ökar förutsättningarna för ett tidigt utbrott (Friberg, 2005b). Nyetablerade unga plantor är mer känsliga och symptom uttrycks tidigare än hos äldre plantor som utvecklat laterala rötter. I Biotestet avgörs graden av *Plasmodiophora brassicae* smitta i jorden av observationer av symptom hos test plantor.

5.4.2.3 Manuellt

För att detektera mängden vilsporer i jordprover utförs manuella kontroller (Friberg, 2005b). Jordprover färgas och vilsporer spåras med hjälp av mikroskop och räknas förhand.

5.4.2.4 PCR

Polymerase chain reaction (PCR) är en DNA baserad analys metod som används för att spåra DNA från *Plasmodiophora brassicae* i jordprover (Eurofins, 2015). PCR-analys kan påvisa vilsporer med en begränsning på högst 500-1000 st per gram jord.

5.4.3 Förändring av jordkemi

Genom att förändra kemin i jorden kan man genom olika åtgärder motverka uppförökning av *Plasmodiophora brassicae* på fältet (Dixon, 2014).

Genom att kalka fältet regelbundet kan man motverka uppförökning av *Plasmodiophora brassicae* (Wallenhammar, 1997). Kalkningen höjer pH- värdet och ökar antalet kalciumjoner i jorden (Dixon, 2014). Det har funnits oenigheter under åren om det ökande antalet kalciumjoner har inverkan på uppförökningen av *Plasmodiophora brassicae* eller om det är det förhöjda pH- värdet som motverkar uppförökningen. Forskning kring oenigheterna resulterade i att mängden kalciumjoner och förhöjt pH- värde vid kalkning har separata motverkande effekter mot uppförökningen av *Plasmodiophora brassicae*, båda är positiva i komplement till varandra. Ökningen av kalciumjoner i rotzonen påverkar infektionen och koloniseringen av zoosporer och motverkar därmed *Plasmodiophora brassicae*. Högre pH i jorden minskar infektionsrisken av *Plasmodiophora brassicae*. Det höga pH- värdet i jorden har visat sig påverka utvecklingen av zoosporer genom att avbryta utvecklingen i förtid och därmed utvecklas till missbildade zoosporer som inte kan fullfölja sitt syfte. Bor och kväve har även visat sig ha motverkande effekter emot *Plasmodiophora brassicae*. Bor påverkar zoosporer på samma vis som kalcium. Utöver det försvagar en ökad mängd bor i rotzonen den sekundära utvecklingen hos *Plasmodiophora brassicae*. Bor har reducerande effekt på uttryckt symptom hos värdväxten. I utförda experiment har kväve i olika form utvärderats och visat sig i viss form ha reducerande effekt mot *Plasmodiophora brassicae*. Gödning med ammoniumnitrat i kombination med kalciumnitrat har visat sig reducera symptomen av klumprotsjuka och därmed minska skördeförkluster (Dixon, 1998).

5.4.4 Resistens hos Brassicaceae grödor

Resistenta sorter av arter inom familjen Brassicaceae finns att använda för att motverka uppförökning av *Plasmodiophora brassicae* (Hwang et al. 2013). Att en planta är resistent innebär att den är motståndskraftig eller inte angrips av en särskild skadegörare (Pettersson, 2011). Resistens förädling av grödor inom familjen Brassicaceae uppkom och började användas i integrerad kontroll mot klumprotsjuka i slutet av 1900- talet (Dixon, 2014). Det är av stor vikt att använda sig av flera odlingsåtgärder i kombination med resistenta sorter då man sett att patogenen varierar och kan bestrida resistansen. Den mest effektiva resistensgenen som främst används idag är tagen från *Brassica rapa* arter. Resistenta sorter kan minska uppförökningen av *Plasmodiophora brassicae* (Hwang et al. 2013). De stimulerar groningen av vilsporer, men utvecklingen av sporer minskar eller rubbas.

5.4.5 Mellangrödor

Mellangrödor kan användas i motverkande och förebyggande syfte för att motverka uppförökning av *Plasmodiophora brassicae* (Friberg, 2005b ; Hwang et al. 2015).

Undersökta metoder för kontroll av *Plasmodiophora brassicae* är värdväxter, icke värdväxter (Friberg, 2005b) och resistenta icke värdväxter (Friberg, 2005b ; Feng, 2012).

5.4.5.1 Värdväxter

Värdväxter kan användas som mellangrödor och motverka uppförökningen av *Plasmodiophora brassicae* (Friberg, 2005b ; Wallenhamar, 2014b ; Hwang et al. 2015). Värdväxten odlas för att stimulera vilsporer till groningen. Värdväxten angrips och avdödas sedan med nedbrukning eller herbicider innan *Plasmodiophora brassicae* hinner fullborda sin livscykel.

5.4.5.2 Icke värdväxter

Icke värdväxter som mellangrödor i kålväxtföljd kan i förebyggande syfte minska angrepp och mängd vilsporer av *Plasmodiophora brassicae* (Hwang et al. 2015). Vilsporsmängden och angreppets svårighetsgrad reduceras när icke värdväxter odlas i växtföljden i jämförelse med mottagliga eller resistenta arter. Samt har icke värdväxter visat i försök bidra till minskning av spor populationer i jämförelse med träda.

5.4.5.3 Resistenta icke värdväxter

Resistenta icke värdväxter har utvärderats i olika försök för att utreda deras potential att stimulera vilsporer att gro i frånvaro av värdväxt (Friberg, 2005b). Genom att stimulering av vilsporer på resistent icke värdväxt så kan *Plasmodiophora brassicae* motverkas. Resistensen mellangrödan innehar förhindrar *Plasmodiophora brassicae* utveckling därmed vidare produktionen av vilsporer i odlingen (Feng, 2012).

6 Nematoder

Nematoder är genomskinliga mikroskopiskt små rundmaskar som kan vara både djur, växtparasitära samt livnära sig på mikroorganismer (Andersson, 2018). De är vattenlevande djur som påträffas i de flesta miljöer i stora mängder. Nematoder är det talrikaste flercelliga djuret på planeten. Antalet identifierade och beskrivna nematod arter i dagsläget är ca.25 000, men det är troligen endast en bråkdel av det förmodade antalet arter som finns. Nematodararter som kan orsaka problem i odlingar är jordlevande och delas in i tre grupper efter vad de livnär sig av såsom svamp, bakterie och växt föda (Nilsson, 2014). Nematoder är inte bara skadliga för växterna utan har även en viktig del i jordekologin (Hammeraas, 2004). De flesta av de marklevande nematoderna är svamp och bakterier ätare. De bidrar till att frigöra bundna mineraler i jorden till växttillgänglig näring. Mängden nematoder i marken kan variera mellan tusentals till miljontals nematoder per kvadratmeter.

6.1 Livscykel

Växtparasitära nematoder förökar sig oftast genom korsbefruktning men i vissa fall sker det genom självbefruktning eller genom partenogenes "jungfrufödelse" (Nilsson, 2014). Beroende på nematodart utspelar sig livscykeln över olika tidsspann och olika mängd ägg produceras (Molendijk, 2007). Tidsperioden kan skilja sig enormt vissa kan leva upp till 2 år och vissa under några veckors tid, variationen av ägg som läggs är mellan 30- 500 stycken. De växtparasitära nematoderna har fyra olika stadier för utveckling och tillväxt (Nilsson, 2014). Det första stadiet är i ägget och kallas juvenilstadie ett, det varar till första hudömsning. Därefter startar juvenilstadie två, i det stadiet kläcks ägget och en hudömsning sker som övergång till juvenilstadie tre. I tredje stadiet sker en hudömsning till juvenilstadie fyra, och i det stadiet sker hudömsning till adult form. De växtparasitära nematoderna är antingen, ektoparasiter, endoparasiter eller sedentära endoparasiter och livscykeln ser olika ut beroende på vilken grupp de tillhör.

Ektoparasitära arter

De ektoparasitära arterna är jordbundna, nematoderna suger näring utifrån rötterna i juvenila och adulta stadier och äggen läggs av adulta nematoder (Nilsson, 2014).

Endoparasitära arter

De endoparasitära arterna är varken bundna till jorden eller roten, de kan röra sig fritt mellan jord och inuti rot (Andersson, 2018).

Sedentära endoparasitära arter

De sedentära endoparasitära arterna skiljer sig från de andra arterna och kan inte kallas frilevande (Molendijk, 2007). Deras livscykel skiljer sig från de endoparasitära och ektoparasitära då de i övergång från juvenilstadie två till juvenilstadie tre blir bundna till roten.

6.2 Växtparasitära nematoder

Växtparasitära nematoder är indelade i fyra ordningar, Tiplonchida, Dorylaimida, Tylenchida och Aphelenchida (Andersson, 2018). De livnär sig på och utnyttjar olika växtdelar på olika vis (Nilsson, 2014). Angreppet skiljer sig i förhållande till värdväxt och nematodart.

Utseendet hos de växtparasitära nematoderna skiljer sig från de andra arterna (Pettersson, 2011). De ska kunna tränga in i växtceller och suga näring därför är de utrustade med en muntagg i framändan av kroppen. Äggläggningen sker både i jorden, i växten eller i cystor beroende på art. Generellt är symptomen för växtparasitära nematoder fläckar i odlingen, med reducerad tillväxt och minskad skörd i körfältets riktning (Nilsson, 2014). Nematoder kan även ha ett samspel med bakterier och svampar som kan förvärra angreppet väsentligt. Vissa nematoder är

också vektorer av virus. Skadorna och synligheten på fältet varierar med tiden beroende på nematodart, växtslag samt nematod mängd (Nilsson, 2014). För mängden av nematoder spelar även jordarten in. Man pratar om nematod täthet och skadetröskel per 250 gram jord för minskad skörd i odling. Hur hög nematod tätheten får vara beror på jordart t.ex. i sandjord är tröskelvärde lägre än i lerjord. Monokulturodling är fördelaktigt för arts specifika nematoder som lättare kan växa i mängd och orsaka stora angrepp. I ett odlingssystem med en mer varierad artrikedom finns både naturliga fiender och andra hinder som kan motverka en enskild arts eskalerande uppföring. Ett samspel med mikroorganismer är viktigt för att hålla nere antalet skadliga nematoder i jorden (Hammeraas, 2004).

6.2.1 Nålnematod *Longidorus elongatus*

Nålnematoder är ektoparasitära, vilket innebär att de parasiterar på rötterna genom att suga näring utifrån till skillnad från de endoparasitära som tränger in i rötterna (Olsson, 2016).

Longidorus elongatus är den största nematodarten i Norden de är avlånga, smala och genomskinliga (Andersson, 2018). De angriper rötternas rotspetsar och symptomen yttrar sig som gallbildningar på rotspetsarna, längdtillväxten på roten stoppas och toppen på roten sväller detta medför en reducerad tillväxt hos plantan (Olsson, 2016 ; Andersson, 2018).

Värdväxt kretsen är mycket bred, men även utforskad (Andersson, 2018). Tre värdväxter som angrips är jordgubbar, rödklöver och rotselleri, en sämre värdväxt för nålnematoden är morot.

6.2.2 Rotsårsnematod *Pratylenchus penetrans*

Pratylenchus penetrans är en endoparasitär nematodart, vilket betyder att nematoden tränger in i rötterna vid angrepp (Pettersson, 2011).

Värdväxtkretsen är bred hos rotsårsnematoder de parasiterar på potatis men även på ett flertal andra grönsaks kulturer (Rölin, 2015). Mängden nematoder på fältet avgör om de utgör en skada eller inte för kulturen. Olika huvudgrödor inom familjen Brassicaceae uppför sig olika, broccoli uppför sig i stor skala medans brysselkål i liten skala. Enligt Andersson (2018) tillhör kålväxter de sämre värdväxterna inom kretsen.

Rotsårsnematoder reducerar rotsystemet och orsakar brunaktiga sår i cortex siktet av roten (Pettersson, 2011 ; Nilson, 2014). Skadorna som utgörs av rotsårsnematoder möjliggör en inkörsport till skadliga bakterier och svampar som kan förvärra angreppet och sekundärt utveckla andra rot sjukdomar.

Växtföljds åtgärder är svåra att använda för kontroll av *Pratylenchus penetrans* p.g.a. den breda värdväxt kretsen (Andersson, 2018). Mellangrödor som visat god effekt är tagetes som sanerande gröda och purrhavre som är oduglig som värdväxt.

6.2.3 Cystnematoder

Cystnematoder är en sedentär endoparasitär art (Nilsson, 2014). Enligt Wageningen (2018) så uppförökar kålväxter cystnematoderna *Heterodera schachtii* och *Heterodea betae* i stor mängd och de orsakar måttlig skada på växten. En nematod som varit känd sedan länge för att angripa kål och bidra till stora skördeföruster är *Heterodera cruciferae* (Dixon, 2007).

6.2.3.1 Kålcystnematod *Heterodera cruciferae*

Nematoden *Heterodera cruciferae* angriper grödor inom familjen Brassicaceae och tillhör de skadegörare som orsakar mest skördeföruster på kålväxter (Dixon, 2007).

Den angriper värdväxtens yngsta rötter och lägger sina ägg i cystor inuti roten, cystorna är mycket tåliga och kan innehålla ett hundratal ägg som i vissa fall kan överleva upp till 20 år i jorden (Pettersson, 2011). Symptomen visar sig som små kulor på rötterna, rotsystemet reduceras och blir grunt och buskigt, vatten och näringstransporten försämras och därav reduceras tillväxten samt ökar risken för vissnande plantor. För att kontrollera *Heterodera cruciferae* används främst växtföljd, 5 årig intervall mellan kålväxter rekommenderas (Dixon, 2007). En del preparat innehållande karbamat mot kålflugor har visat sig till viss del motverka cystnematoder.

6.2.3.2 Betcystnematod *Heterodera schachtii*

Heterodera schachtii har en bred värdväxt krets, de flesta värdväxter finns inom familjen Brassicaceae och Amaranthaceae (Andersson, 2018).

Symptomen visar sig med fläckar i odlingen med reducerad tillväxt. Rotsystemet blir grundt och buskigt med mycket sidorötter, karakteristiskt för betcystnematoder är att under första delen av juni månad så kan man upptäcka vita nybildade honor på rötterna. Hos höstraps uttrycks symptom som grovt deformerade rotsystem med mycket nybildade vita honor, som upptäcks under hösten.

6.2.3.3 Gul betcystnematod *Heterodera betae*

Heterodea betae har som *Heterodera schachtii* en bred värdväxt krets familjer som främst angrips är Brassicaceae, Fabaceae och Amaranthaceae (Andersson, 2018).

Heterodea betae har snarlikt symptom som *Heterodera schachtii*. Det som skiljer dessa åt är att *Heterodea betae* har ett stadie när cystorna är gula, cystorna är större, juvenilerna är större, de förökar sig partenogenetiskt, är köldkänslig och populationsdynamiken skiljer sig åt då de kan utveckla en- fler generationer per år och kan snabbare växa samt sjunka i antal. Det beror på att de förökar sig partenogenetiskt.

Växtföljds åtgärder kan man ta till för att motverka uppförökningen. Genom att använda sig av resistent, toleranta sorter samt använda mellangrödor med sanerande och fångst egenskaper i växtföljden. Samma åtgärder används för kontroll av *Heterodera schachtii*.

6.2.4 Rotgallnematod *Meloidogyne chitwoodi*

Rotgallnematoder har en bred värdväxt krets och det är ett fåtal kartlagda växter som inte är värdväxter (Albertson Juhlin et. al. 2014). Rotgallnematoder är sedentära endoparasiter, honan befinner sig inuti gallbildningarna i roten. Värdväxt kretsen är bred för *Meloidogyne chitwoodi* men några växter som agerar extra bra som värdväxt är kålväxter, stråsäd och morötter (Andersson, 2018). Honan är päronformad, färglös med en längd på cirka en millimeter (Pettersson, 2011).

Symptomen visar sig med gallbildningar på rötter hos värdväxten, vilket medför försämrat närings- och vattenupptag (Albertson Juhlin et.al. 2014). Symptomen reducerar tillväxt och ökar risken för vissnande plantor. Gallbildningarna skiljer sig i storlek beroende på värdväxt och nematodart.

Kontrollmetoder av rotgallnematoder är begränsad, växtföljds åtgärder är svårframtagna p.g.a. värdväxt kretsen stora utbredning (Pettersson, 2011). Svartträda är ett alternativ men kan ses negativt ur miljösynpunkt (Albertson Juhlin et.al. 2014).

6.2.5 Stubbrottsnematod *Trichodorus spp.* och *Paratrichodorus spp.*

Stubbrottsnematoder är ektoparasitära frilevande nematoder, som suger näring utifrån rötterna och kan agera som vektorer av virus (Molendijk, 2007). Livs mönstren för släktena *Trichodorus spp.* och *Paratrichodorus spp.* är inte så välkända än (Andersson, 2018). Anledningen till detta är att de har undersökts i fält där ett flertal arter ofta förekommer tillsammans samt att de har visat sig vara svårhanterliga i växthus och laboratorieförsök.

Symptomen visar sig genom att rötterna får ett stubbigt utseende, rötterna blir klumpformiga och uppsvällda vilket beror på att de suger näring från rotspetsarna (Albertson Juhlin et.al. 2014).

Värdväxt kretsen är bred, i stort sätt kan stubbrottsnematoder bevara populationer på de flesta vanligt förekommande grödorna däribland vitkål, rödklöver, ängssvingel, gulärt och höstvetete (Andersson, 2018).

6.2.6 Frilevande nematod *Paratylenchus bukowinensis*

Nematoden *Paratylenchus bukowinensis* orsakar en överdriven tillväxt av sidorötter (Andersson, 2018). Sidorötterna är mycket reducerade i tillväxten och dör snabbt, bruna fläckar visar sig på huvudroten. Arter inom släktet *Paratylenchus* karakteriseras av deras minimala storlek på 0,3 mm- 0,4 mm.

Bland värdväxter ingår grödor inom familjen Brassicaceae och Apiaceae. Växtföljds planering är en kontrollmetod som används och rekommendationen är att undvika grödor inom de två värdväxt familjerna i växtföljden.

6.3 Spridning

Växtparasitära nematoder är inte särskilt rörliga i jorden, de rör sig i vattenfilmer omkring jordpartiklarna främst i matjordslagret (Nilsson, 2014). Deras begränsade rörlighet medför att spridning över fältet kan ta tid. Andra mekaniska spridningsvägar underlättar spridningen.

Jordlevande nematoder sprids via jord och det är därav av vikt att hålla maskiner, redskap, skor och annat som kan sprida nematoderna mellan odlingar eller inom odlingen rena (Hammeraas, 2004 & Nilsson, 2014). Spridningen uttrycks via symtomen som ofta visar sig som reducerad skörd gradvis i körfältets riktning (Nilsson, 2014). Andra spridningsvägar är vind, vatten och plantor.

6.4 Analysmetod

Jordprov för nematoder kan utföras för olika syften (Andersson, 2018). För att undersöka närvaro av nematoder på fältet eller för att mäta mängden av befintligt kända förekomna nematoder för framtida växtföljd strategi.

Jordprovtagning

På traditionellt sätt tas borrhov 40- 50 stycken i ett mönster av ett dubbelv över arealen. Ett annat sätt att ta prover är i raka linjer maskinellt, vilket innebär en grund provtagning som kan vara mer aktuell för vissa nematodarter.

- Proven tas med en provborr med ett provdjup på 25 cm av matjordslagret.
- Ett samlingsprov på ca 1,5 kg tas utav borrhoverna och som skickas till analysering.

Vid prover som tas för att avgöra nematod tätheten på fältet kan det vara av vikt att de har en kort intervall mellan fält och laboratoriet. Olika faktorer kan spela in vid transporten, frilevande nematoder är känsliga för mekanisk skada och därav är det viktigt att packa in jordproverna ordentligt för transport, det rekommenderas att förvara jordprover svaltt och för att undvika äggkläckning kan man torka provet beroende på art.

6.5 Kontroll

6.5.1 Växtföljd

För att motverka nematoder är det viktigt med en välplanerad växtföljd för att minska risken för uppförökning av nematoder på fältet (Andersson, 2018). Växtparasitära nematoder kan ha bred värdväxt krets. I planeringen ska man ta hänsyn till värdväxter och även icke värdväxter, resistens eller tolerans hos sorter. För att motverka kan t.ex. en icke värdväxt vara föregående värdväxt i rotationen.

6.5.2 Ogräskontroll

En god kontroll av ogräs på fälten är viktigt för att minska uppförökningen av jordbundna nematoder (Rölin, 2015). Ogräs kan agera som värdväxter till nematodarter, då flera av dem har en bred värdkrets. Genom att kontrollera ogräs förekomsten på fältet reduceras matförrådet och därmed uppförökningen.

6.5.3 Bioångning

Växter inom familjen Brassicaceae kan agera i sanerande effekt mot nematoder (Andersson, 2018). Den sanerande effekten uppnås genom en hydrolys av glukosinolater med enzymet myrosinas som bildar ämnet isotiocyanater (Albertson Juhlin et.al. 2014). Hydrolysen sker när kålväxter innehållande glukosinolater brukas ned i jorden, en god fördelning av växtmaterial är av stor vikt vid nedbrukning för lyckad sanerings effekt (Andersson, 2018). Nematodartens livscykel och utvecklingsstadier är av vikt att ta hänsyn till vid denna typ av kontroll för att avgöra ultimata tidpunkt för nedbrukning.

6.5.4 Resistenta och mottagliga mellangrödor

Mellangrödor som agerar som värdväxt för nematoder har använts som fånggrödor och var den första metoden man utgick ifrån i försök med mellangrödor (Andersson, 2018). De odlas för att sedan brukas ned vid rätt tidpunkt och stoppa utvecklingen av nematodernas livscykel. Efterhand har sorter med resistens tagits fram, däribland oljerättika mot betcystnematoder och stubbrotsnematoder och purrhavre mot rotsårnematoder och rotgallnematoder. Med hjälp av dessa kan nematod tätheten motverkas. Förädlingsarbete har även resulterat i multiresistenta sorter av oljerättika mot frilevande nematoder och rotgallnematoder. De multiresistenta sorterna ska vara effektiva, möjligen effektivare än tidigare resistenta sorter och därmed ha en god förmåga att reducera nematodtätheter.

6.5.5 Svarträda

Svarträda innebär att fältet förblir utan växtlighet under en del av säsongen (Jordbruksverket, 2019). Genom att använda svarträda på fältet kan man motverka både växtparasitära nematoder och ogräs, vissa arter av nematoder är mer känsliga än andra t.ex. stubbrotsnematoder (Rölin, 2015).

Att låta fältet stå i svarträda har visat sig ha negativa effekter på miljön och används därav inte i större utsträckning. Svarträda kan medföra näringsläckage, reducera mullhalten och bidrar till mer koldioxidutsläpp.

6.5.6 Organiskt material

Genom att tillföra organiskt material i odlingen kan man missgynna växtparasitära nematoder (Nilsson, 2014).

Jordförbättring med naturgödsel, komposterat växtmaterial och grönmassa gynnar mikroliv och ökar mängden växttillgänglig näring i jorden. Den mikrobiella aktiviteten ökar p.g.a. att det organiska materialet bidrar med kol och energi som ökar aktivitet och tillväxt hos mikroorganismer (Eriksson et al. 2010). Ett rikt mikroliv är fördelaktigt

då nematoder har olika svampar, bakterier och markdjur som naturliga fiender (Nilsson, 2014). Dessa kan motverka uppförökningen och därmed hålla nere mängden skadliga nematoder i jorden.

6.5.7 Hygien

De åtgärder som finns för att kontrollera växtparasitära nematoder tar i de flesta fall inte bort problemet helt, utan mängden nematoder reduceras (Andersson, 2018). Att hålla god hygien för att minska spridning och på så vis motverka angrepp och eskalerande av angrepp i fält. Växtparasitära nematoder sprids som nämnt ovan med jord och växter, rengöring av maskiner och andra eventuella redskap som används i odlingen är av stor vikt (Nilsson, 2014). Plantmaterial bör kontrolleras innan vidare plantering. Växtskyddslagen innehåller reglemente för att minska spridningen, avsaknad av nematoder i plantmaterial för vidare odling ska upprätthållas.

6.5.8 Biologisk bekämpning

Den biologiska kontroll metoden bygger på att använda organismer som är naturligt förekommande fiender till de växtparasitära nematoderna (Andersson, 2018). Metoden kan antingen utgå från att gynna befintliga organismer på odlingsplatsen med organiskt material eller genom att tillföra fiender i form av organismer till odlingsplatsen. De organismer som främst är i fokus är svampar, denna metod är under undersökning och kommer förhoppningsvis utvecklas och komma att användas i framtiden.

6.5.9 Kemisk Bekämpning

Kemiska bekämpnings åtgärder mot nematoder används inte i Sverige och användningen är begränsad inom EU (Andersson, 2018 & Nilsson, 2014). Preparaten används i liten skala i Europa men förekommer dock desto mer i länder utanför (Andersson, 2018). De preparat som används är jorddesinfektionsmedel och specifika nematicider. Användningen preparaten har begränsats för att de har visat negativ påverkan på miljö och hälsa.

7 Mellangrödor

Med mellangrödor menas en gröda som odlas i tidsspännat mellan två huvudgrödor (Hansson, 2018). Mellangrödor odlas för deras ekosystemtjänster och ekonomiskt gynnsamma effekter (Udari et al. 2017). Sedan långt tillbaka i tiden har de odlats för deras täckande egenskaper under lågsäsongen av odlingsåret. Deras syfte har då främst varit att motverka erosion, jorden från att frysa och för att minimera näringsläckage. Mellangrödor kan vara fördelaktigt att odla ur flera aspekter än de traditionellt använda. De kan odlas för ogräskontroll, patogenkontroll, för att minimera mekanisk jordbearbetning och för deras gynnsamma effekter på jordstrukturen, skörden, grüngödsling, nyttoorganismer, samt mark och vattenkvaliteten (Udari et al. 2017 ; Hansson, 2018). Mellangrödor kan även medföra

negativa effekter vid odling. De kan bidra till en ökning av sjukdomar och insektspatogener (Albertson Juhlin et al. 2014), agera som ogräs i efterkommande gröda samt bidra till en sänkning av marktemperaturen på våren i odlingen (Bergkvist, 2019).

Växtgrupper som vanligen används som mellangrödor är gräsarter, baljväxter, bovete och arter ur familjen Brassicaceae (Udari et al. 2017). Mellangrödor kan odlas under lågsäsongen av odlingsåret, samodlas med huvudgröda och som dubbelgröda vilket innebär samtidigt eller under samma årstid som huvudkulturen. De kan odlas som renkultur eller samodlas två arter eller flera i så kallade multiblandningar.

En egenskap mellangrödor har som är viktig ur ekonomiskt perspektiv är biomassan, en stor biomassaproduktion leder till ogräskontroll och en förhöjning av kolinlagringen i marken (Hansson, 2018). Multiblandningar har ofta en lägre biomassa än renkulturer och två arter i samodling. De ekonomiska faktorer som finns i samband med användning av mellangrödor i odlingen är av stor vikt (Udari et al. 2017). För att användning av mellangrödor i storskalig odling inom familjen Brassicaceae ska vara av intresse, behöver de gynnsamma effekterna överstiga kostnaden betydligt.

Mellangrödor kan ha flera olika effekter på växtpatogena insekter och organismer, de kan odlas för att uppföröka, motverka och förebygga dem (Hwang et al. 2013 ; Albertson Juhlin et al. 2014 ; Andersson, 2018).

Det finns sanerande mellangrödor som motverkar uppförökningen av patogener genom att bilda toxiska substanser som dödar dem (Hooks, 2010 ; Andersson, 2018). Man använder också mellangrödor som agerar värdväxt åt skadegöraren och brukar ner dem innan livscykeln hinner fullbordas och därmed minskar man uppförökning (Andersson, 2018). Mellangrödor kan ha effekt på svamppatogener då de kan användas för att få långlivade vilsporer att gro och sedan dö i frånvaro av värdväxt (Hwang et al. 2013). Resistens och toleranta mellangrödor används även för att motverka patogenens uppförökning av populationer (Hwang et al. 2013 ; Andersson, 2018).

7.1 Mellangrödor i syfte mot klumprotsjuka vid odling av huvudgrödor inom familjen Brassicaceae

Kålväxt odlingens stigande popularitet har under åren bidragit till kortare växtföljdsintervaller och därmed ökade problem med klumprotsjuka (Dixon, 2009). I korta ensidiga växtföljder med Brassicaceae grödor tätt i rotation uppförökas *Plasmodiophora brassicae* snabbt (Petersen, 2019c). Produktionen av kålgrödor begränsas av oron för klumprotsjuka. Valet av mellangrödor i växtföljden är därav av stor vikt för att minska risken för klumprotsjuka i odlingen.

Att kontrollera klumprotsjuka är av svårighet p.g.a. vilsporernas livslängd och kvantiteten som bildas (Wallenhammar, 2001 ; Wallenhammar, 2019b). Åtgärder som utförts har grundat i miljövänliga metoder däribland fokus på att undvika kålväxter på samma fält under flera säsonger samt att undvika odling på smittade fält (Wallenhammar, 2001). Efterfrågan på mellangrödor som kontrollåtgärd för jordburnapatogener är av stort intresse, mellangrödor är en miljövänlig metod som bidrar med flera ekosystemtjänster (Wallenhammar, 2019b). Kontrollmetoden är inte helt okomplicerad, mellangrödor kan sanera och förebygga specifika sjukdomar som klumprotsjuka men även uppföröka andra patogener. Det finns behov av ny forskning på mellangrödor för att utreda deras effekter på bl.a. jordburnapatogener. Mellangrödor kan användas i sanerande syfte för *Plasmodiophora brassicae* som värdväxt och eventuellt icke värdväxter som stimulerar sporgroning (Friberg, 2005b ; Friberg, 2007 ; Whang, 2013). Icke värdväxter kan även användas för att undvika uppförökning i förebyggande syfte då sporena inte stimuleras att gro (Friberg, 2007).

7.1.1 Motverkande

7.1.1.1 Värdväxt

Värdväxter kan användas som mellangrödor och motverka uppförökningen av *Plasmodiophora brassicae* (Friberg, 2005b ; Wallenhammar, 2014b ; Hwang et al. 2015). Värdväxten odlas för att stimulera vilsporer till groning. Värdväxten angrips och avdödas sedan med nedbrukning eller herbicider innan *Plasmodiophora brassicae* hinner fullborda sin livscykel. Utvecklingen av nya vilsporer stoppas och därmed motverkas uppförökningen (Hwang et al. 2013 ; Hwang et al. 2015). Denna metod kan användas i fält som är mycket svårt angripna av *Plasmodiophora brassicae*.

7.1.1.2 Resistenta icke värdväxter

Mellangrödor har utvärderats i olika försök för att stimulera vilsporer att gro i frånvaro av värdväxt och på så vis motverka *Plasmodiophora brassicae* i odlingen (Friberg, 2005b).

Vid angrepp av *Plasmodiophora brassicae* på grödor infekterar zoosporer i två steg som nämnts ovan (Wallenhammar, 1997 ; Feng, 2012). I primära fasen så kallad rothårsstadiet där växten infekteras och den sekundära fasen så kallad klumprotstadiet där sekundär infektion uppföljs av utveckling av plasmodium i rotceller. Sekundär fasen medför symptomen av klumprotsjuka och vidare bildningen av vilsporer. Resistenta icke värdar är mottagliga för den primära fasen och kan även infekteras av sekundära sporer, utvecklingen av sekundärafasen stoppas av resistens som induceras i primärafasen (Feng, 2012). Resistensen förhindrar *Plasmodiophora brassicae* utveckling därmed produktionen av vilsporer.

Försök där resistenta icke värdar har undersökts i syfte för vilspors stimulering har visat sig i flera fall vara inkonsekventa i resultaten (Peng, 2011). Därav behövs mer forskning för att utvärdera potentialen för dessa mellangrödor.

7.1.1.3 Raps *Brassica napus L.*

Användning av raps som mellangröda kan motverka *Plasmodiophora brassicae* i fält genom att agera som värdväxt (Peng, 2011).

I ett fältförsök testades olika intervaller mellan avdödande av raps för att undersöka reduceringen i angreppet på efterföljande rapsgröda. Försöket resulterade i att raps odlad under 6 veckor innan avdödning i två omgångar innan rapsgröda, hade reducerande effekt på vilsporsmängden på fältet.

7.1.1.5 Rajgräs *Lolium perenne*

Rajgräs har utvärderats i olika studier för dess egenskaper som resistent icke värdväxt i syfte mot *Plasmodiophora brassicae* (Feng, 2012).

Rajgräs i användning som mellangröda innehar egenskaper att strukturförbättra, erosionsskydd, sanera från jordburnapatogener och nematoder, ökar humushalten, är snabbväxande och skörd kan användas till djurfoder eller för biogas (Petersen, 2019b). Rajgräs rekommenderas som förfrukt i rapsodling. Är lämplig att använda som renkultur men ingår även i ett flertal mellangrödeblandningar. Exempel på sorter som används som mellangrödor är ALISCA och DIPLOMAT.

I ett laborieförsök i syfte för att utvärdera icke värdväxters påverkan på groningen av *Plasmodiophora brassicae* vilsporer utvärderades rajgräs (Friberg, 2005a).

Rotexudat utvunnet från rajgräs visade stimulerade vilsporer till att gro, groningen visade sig även vara mer effektiv än hos kinesisk kål *Brassica rapa var. pekinensis* som är värdväxt till *Plasmodiophora brassicae*.

I ett försök arrangerat i växthus för att utvärdera påverkan på groningen av *plasmodiophora brassicae* vilsporer och effekten på klumprotsjuka i rapsodling av icke värdväxter och värdväxter som mellangrödor (Hwang et al. 2015). Rajgräs utvärderades i detta försök. Rajgräs visade sig reducera vilsporsmängden i jorden och angreppet av klumprotsjuka hos rapsgrödan. Vilsporsmängden reducerades även där rajgräs odlats i jämförelse med träda. Kinesisk kål *B. rapa* som kan användas som värdväxt i motverkande syfte, visade sig vara mer effektiv i detta försök men risken för uppförökning är för den metoden högre än vid användning av icke värdväxter som rajgräs.

Egenskap som motverkar uppförökningen av *Plasmodiophora brassicae* hos rajgräs är att den agerar som en resistent icke värdväxt (Feng, 2012). Då utvecklingen av *Plasmodiophora brassicae* sekundärefas stoppas av resistens som induceras i

primärafasen och därmed motverkar uppförökning av vilsporer. *Plasmodiophora brassicae* motverkas då befintliga vilsporer stimuleras att gro och i sekundärafasen av livscykeln stoppas. Enligt en studie där infektionen av *Plasmodiophora brassicae* undersökts påvisade att inducering av resistens sker i den primärafasen och att rajgräs behöver en relativt lång och intensiv infektions period för att inducera resistensen. Mellangrödor som stimulerar vilsporsgroningen och inte agerar som värdväxt skulle kunna vara ett alternativ för reducering av *Plasmodiophora brassicae* i svårt infekterade fält (Hwang, 2015).

7.1.2 Förebyggande

7.1.2.1 Icke värdväxter

Användning av icke värdväxter som mellangrödor i kålväxtföljder kan i förebyggande syfte minska angrepp och mängd vilsporer av *Plasmodiophora brassicae* (Hwang et al. 2015). Vilspors mängd och angreppets svårighetsgrad reduceras när icke värdväxter odlas i växtföljden i jämförelse med mottagliga eller resistentarter. Samt har icke värdväxter visat i försök bidra till minskning av spor populationer i jämförelse med träda.

7.1.2.2 Rödklöver *Trifolium pratense*

Rödklöver har i olika försök testats för mottaglighet av *Plasmodiophora brassicae* i syfte för vilspor stimulering (Friberg, 2005a). Försöken har resulterat i att rödklöver agerar som en icke värdväxt (Friberg, 2005a), samt att den har stimulerande verkan på groningen av vilsporer men i liten skala och agerar som resistent icke värdväxt (Friberg, 2005b).

I ett växthusförsök där icke värdväxter däribland rödklöver utvärderades för deras förmåga att stimulera vilsporer av *Plasmodiophora brassicae* (Peng, 2011). Visade det sig att rödklöver infekteras och därav stimulerar vilsporer. Rödklöver infekteras endast i den primärafasen och kunde därav inte uppföröka *Plasmodiophora brassicae*. Rödklöver placerades därav i gruppen av resistent icke värdväxter.

7.1.2.3 Honungsfacelia *Phacelia tanacetifolia*

Honungsfacelia som mellangröda agerar som icke värdväxt och uppförökar därmed inte *Plasmodiophora brassicae* (Petersen, 2019c).

7.1.3 Uppförökande

7.1.3.1 Värdväxter

Kålväxter angrips och uppförökar *Plasmodiophora brassicae* och agerar därmed som värdväxt (Friberg, 2005a ; Nilsson, 2014 ; Wallenhammar, 2014a). Mellangrödor som värdväxt för *Plasmodiophora brassicae* är svårhanterligt (Friberg, 2005b). Metoden kan vara svår att applicera i fält, är tidskrävande och om avdödning sker vid

fel tidpunkt kan risken vara att uppföröka *Plasmodiophora brassicae* istället för att reducera angreppet.

7.2 Mellangrödor i syfte mot nematoder vid odling av huvudgrödor inom familjen Brassicaceae

Växtparasitära nematoder är en växande orosfaktor hos odlare i Sverige (Albertson Juhlin et.al. 2014). En efterfrågan på kunskap om arter, skadliga mängder och åtgärdsmetoder har uppkommit och kommande klimatförändringar höjer oron över att få in fler skadliga nematodarter från övriga Europa till Sverige. Frilevande växtparasitära nematoder har ofta en mycket bred värdväxtkrets och de är beroende av dessa för sin uppförökning och överlevnad. Genom användning av mellangrödor i sin växtföljd i form av icke värdväxter, resistenta och sanerande grödor kan uppförökning motverkas. Mellangrödor anses vara ett bättre alternativ ur miljösynpunkt än andra metoder som används för att motverka växtparasitära nematodangrepp, t.ex. svartråda.

Mellangrödor inom familjen Brassicaceae kan ha sanerande effekt som motverkar växtparasitära nematoder i odling (Pettersson, 2011). Vid val av mellangrödor vid odling av huvudgrödor av växter inom familjen Brassicaceae för att motverka nematoder, är ett val av Brassicaceae mellangröda inte ett alternativ (Udari et al. 2017). Användning av Brassicaceae mellangröda i det förhållandet kan leda till uppförökning av andra specificerade patogener som drabbar kålväxter.

7.2.1 Motverkande

7.2.1.1 Resistenta värdväxter

Resistenta mellangrödor agerar delvis som värdväxter (Bundessortenamt, 2018). Äggkläckning hos nematoder stimuleras och de angriper den resistenta grödan, men livscykeln kan inte fullbordas. Resistensen kan skilja i olika grad. Beroende av vilken grad av resistens mellangrödan innehar motverkas nematodernas uppförökning. Användningen av resistenta sorter mellangrödor för att motverka uppförökning av nematoder fungerar för cyst och rotgallnematoder (Wiketoft, 2019a). De arterna är sedentära endoparasitära arter som vid övergång från juvenil stadie två till tre blir bundna till roten. Växtens resistens mot nematodarten agerar genom att hämma eller förhindra deras reproduktion helt. Resistansen beror ofta på enskilda gener i växten. I vissa fall kan resistensen mot den specifika nematodarten som den är utformad för bestridas. Olika populationer av nematoder inom samma art kan påverkas olika på samma resistenta mellangröda och därav delas populationer av samma art beroende på resistens påvisad mot dem in i patotyper. Vid val av resistent mellangröda är det därav av vikt att både veta vilken nematodart och vilken patotyp som är i syfte att motarbeta.

7.2.1.2 Bioångning

Bioångning är en metod där man använder sig av grödor med sanerande verkan mot nematoder (Wiketoft, 2019a). Växten agerar genom att producera toxiska substanser som avlivar nematoderna. För att utöva metoden planteras mellangrödor som utsöndrar substanserna via rötter eller innehåller substanser i vegetativa delar då vid nedbrukning tillförs marken. De båda alternativen kan vara i kombination i en mellangröda (Albertson Juhlin et al. 2014). Effekten av toxinerna som bildas vid hydrolysen av glykosinolaterna kan ha olika saneringseffekt på organismer, vilket beror på faktorer som biomassaproduktion, koncentration, vilken slags glukosinolat (Albertson Juhlin et al. 2014) samt klimatiska faktorer (Wiketoft, 2019a). Glukosinolaters sanerande verkan på nematoder är begränsad i nordliga områden, saneringseffekten ökar vid snabbare nedbrytningshastighet av materialet som uppnås vid högre breddgrader.

7.2.1.3 Oljerättika *Raphanus sativus var oleiformis*

Odling av oljerättika som mellangröda kan användas i motverkande syfte mot betcystnematoder, stubbrotsnematoder och rotsårsnematoder (Olsson, 2017).

Användning av Oljerättika som mellangröda har främst använts för rotsystemets egenskaper (Olsson, 2013 ; Olsson et al. 2017). Oljerättika innehåller egenskaper att strukturförbättra, öka mullhalten, agera som fångstgröda för kväveupptag, sanerande mot jordburna sjukdomar samt motverka nematoder.

Oljerättika innehåller en resistent gen mot betcystnematoder som verkar genom att förhindra nematoderna från att fullborda sin livscykel och därmed motverka uppförökning. Det finns flera sorter av oljerättika med resistens mot betcystnematod. Sorterna delas in i klasser från 1- 9 beroende på effektiviteten av de sanerande egenskaper de innehåller, sorter i klass 1 har bäst förutsättningar vid sanering (Olsson et al. 2013). För klass 1 har tester beslutat en reducerande effekt på 90 % och för klass 2 ligger den mellan 70- 90% (PH Petersen, 2019a). Exempel på sorter med resistens gen mot betcystnematoden är Cassius, Adagio, Colonel, Picobello och Medicus (Olsson et al. 2013).

Det finns även sorter av oljerättika som innehåller resistens mot flera arter av nematoder, de sorterna kallas multiresistenta Olsson, 2017). De multiresistenta sorterna motverkar betcystnematoder men kan även förhindra uppförökning av rotsårsnematoder, stubbrotsnematoder (Olsson, 2017) och rotgallnematoder (Rölin, 2015). Defender och Terra Nova är två multiresistenta sort exempel av oljerättika med sanerande verkan på rotsårsnematoder, stubbrotsnematoder, betcystnematoder (Olsson, 2017) och rotgallnematoder (Petersen, 2019a).

Oljerättikas rotsystem spelar en stor roll vid sanering av nematoder (Olsson, 2017). Rötternas utbredning och tillväxt bidrar till större kontaktyta som möjliggör en god saneringseffekt av nematoder. Såtidpunkt och kvävegiva kan påverka sanerings effekten oljerättika innehar mot nematoder (Wallenhammar, 2019a). För att rotsystemet ska utvecklas i fördel för sanering bör en startgiva med kväve tillföras vid sådd (Olsson, 2017) samt rekommenderas sådden att utföras på våren för att rotsystemet ska hinna utvecklas och leverera kraftiga förgrenade rötter (Wallenhammar, 2019a).

Oljerättika tillhör familjen Brassicaceae, och innehåller glukosinolater som de flesta andra kålväxter (Olsson et al. 2013 ; Wiketoft, 2015). Glukosinolater som nämnts ovan kan ha sanerande verkan på nematoder och andra skadegörare då toxiner bildas i marken när de bryts ner. Oljerättikas sanerande effekt som mellangröda ligger fokus på resistens i syfte för att motverka nematoder. Olika faktorer behöver överensstämna som nämnts ovan för bioångning med hjälp av oljerättika för att reducera nematoder (Albertson Juhlin et al. 2014 ; Wiketoft, 2019a).

7.2.1.4 Vitsenap *Sinapsis alba*

Vitsenap som mellangröda används för dennes egenskaper att fånga upp kväve ur marken, strukturförbättra, höja mullhalten samt agera sanerande mot nematoder och jordburnapatogener (Olsson et al. 2013).

Vitsenap tillhör familjen Brassicaceae, och innehåller glukosinolater som de flesta andra kålväxter. Glukosinolater som nämnts ovan kan ha sanerande verkan på nematoder och andra skadegörare då toxiner bildas i marken när de bryts ner. Olika faktorer behöver överensstämna som nämnts ovan för bioångning med hjälp av vitsenap för att reducera nematoder (Albertson Juhlin et al. 2014 ; Wiketoft, 2019a).

Vitsenap innehar även resistens gen mot betcystnematod *Heterodera schachtii* varav deras livscykel förhindras och nematodartens uppförökning reduceras (Olsson et al. 2013). Resistensen sanerande effektivitet motverkar nematoderna mest effektivt i växtens tillväxtstadium, vid blomning minskar effekten successivt (Olsson, 2004). Det finns flera sorter av vitsenap som innehar olika grad av resistens (Olsson et al. 2004 ; Olsson, 2013). Sorterna delas in i klass ett och två beroende av effektiviteten på sanerande egenskaper mot cystnematoder, två sorter som ingår i klass 1 är Maxi och Accent. För nematodarter utöver de sedentära endoparasitärerna är sanering med resistens begränsad (Wiketoft, 2015 ; Wiketoft, 2019a).

7.2.1.5 Purrhavre *Avena strigosa*

Användning av purrhavre som mellangröda kan med dess sanerande förmåga motverka nematoder (Hansson, 2018). Nematoder grödan hämmar är

rotsårsnematoder och rotgallnematoder (Rölin, 2015 ; Andersson, 2018 ; Petersen, 2019b).

En reduktion av rotsårs och rotgallnematod tätheter har observerats där purrhavre odlats (Andersson, 2018). Den effekt purrhavre innehar i motverkande syfte mot nematoder tyder på att den agerar som en partiellt resistent värdväxt. Vilket innebär att resistensen inte är fullständig. Den effekt purrhavre innehar mot nematoder uttrycks effektivt på fält med sandiga eller lätta jordar (Petersen, 2019b).

Purrhavre odlas som mellangröda främst för erosionsskydd, biomassaproduktion och nematod reducerande förmåga. Purrhavre utvecklas och tillväxer snabbt, rotsystemet är kraftigt och väl invävt i jorden, vilket är fördelaktigt vid nematod sanering. Mellangrödan producerar även mycket biomassa som är positivt för att höja mullhalten på fältet. I växtföljder med höstraps är purrhavre ett bra alternativ som föregående mellangröda (Willert, 2018 ; Petersen, 2019b). Purrhavre är lämplig att så i renbestånd men passar även att ingå i mellangrödeblandningar (Petersen, 2019b). Sorter som används för kontroll av nematoder är PRATEX, CODEX och TRADEX.

7.2.1.6 Sammetsblomster *Tagetes*

Genom att odla renkultur av tagetes som sanerande mellangröda kan man kontrollera växtparasitära nematoder (Pettersson, 2011).

Tagetes producerar olika substanser och däribland alpha-terthienyl som kan agera allelopatiskt mot nematoder, substansen som bildas dödar nematoder i rotzonen (Hooks, 2010). Allelopati är en fysiologisk process i växten som leder till att giftiga substanser produceras och utsöndras från rötter för att hämma groningen och tillväxt av växter i närheten (Raven et al. 2005). Dessa toxiska ämnen kan även vara hot mot svampar och insekter. Vissa sorter av tagetes har bättre sanerande effekt som *Tagetes erecta* och *Tagetes patula* (Hooks, 2010). Sorten Ground cover har visat sig ha god saneringseffekt mot rotsårsnematoder och viss effekt mot rotgallnematoder (Hooks, 2010 ; Jordbruksverket, 2013). En del forskning visar att endast sedentära endoparasitära nematoder som fullbordar sin livscykel inuti växten påverkas och kan motverkas med allelopati från tagetes då de tränger in i roten (Hooks, 2010 ; Wiketoft, 2019). Annan forskning visar på att även ektoparasitära nematoder som angriper rötterna utifrån och inte är bundna till dem går att kontrollera. Tagetes kan motverka växtparasitära nematoder på andra vis utöver det allelopatiska genom att agera som icke- värd och därav inte uppföröka nematoder, gynna antagonistiska organismer som livnär sig på nematoder och reducerar deras mängd samt agera som värdväxt och därmed användas som mellangröda med fångst egenskaper, där växten myllas ned för att avbryta utveckling i specifikt stadium i nematodens livscykel (Hooks, 2010).

7.2.2 Förebyggande

7.2.2.1 Icke värdväxter

Mellangrödor som inte agerar som värdväxter åt nematoder kallas icke värdväxter (Wang et al. 2002 ; Bundessortenamt, 2018). Dessa reducerar uppförökningen och kan bidra till en naturlig populationsminskning. Icke värdväxter med reducerande förmåga av nematoder innefattar arter av facelia, gräs, spannmål och baljväxter de benämns även som neutralplantor (Bundessortenamt, 2018). I växtföljd med värdväxt för nematoder kan icke värdväxter användas (Andersson, 2018). De används som mellangrödor föregående till värdväxten för att förebygga kraftiga angrepp hos mottagliga gröda.

7.2.2.2 Sunnhampa *Crotalaria juncea*

Sunnhampa tillhör familjen Fabaceae och används som mellangröda för dess goda egenskaper som grüngödsling och i syfte för att hämma växtparasitära nematoder (Wang et al. 2002 ; Sedaghatjoo, 2017). Växtparasitära nematoder som sunnhampa har visat sig ha hämmande effekt på är främst sedentära endoparasitära och endoparasitära arter som *Meloidogyne ssp.* och *Heterodera ssp* (Wang et al. 2002). Sunnhampa hämmar dessa nematoder genom att agera som en icke värdväxt eller dålig värdväxt. Nematoderna kan inte uppföras på växten och därmed förhindras utvecklingen och populations mängden av parasitära nematoder på fältet.

Hederodeae schachtii orsakar skada på flera grödor däribland kålväxter och betor, sunnhampa som mellangröda kan vara ett alternativ för att hämma uppförökningen (Sedaghatjoo, 2017). Sunnhampa har visat sig i flera studier ha hämmande effekt mot växtparasitära nematoder. De flesta studierna har utförts i tropiska och subtropiska länder. Endast begränsad information finns tillgänglig av studier vid odling i Centraleuropa på hur effektiv nematodhämmande förmåga som erhålls. I en studie som utförts i norra Tyskland visade på att sunnhampa var väl odlings benägen som sommar mellangröda samt att sunnhampa agerade som icke värdväxt mot *Hederodeae schachtii*. Sunnhampa visade sig hämma *Hederodeae schachtii* ägg population och därmed begränsa uppförökningen.

7.2.2.3 Honungsfacelia *Phacelia tanacetifolia*

Honungsfacelia kan odlas som mellangröda i syfte för att minska uppförökningen av betcystnematoder genom att agera som icke värdväxt (Bundessortenamt, 2018). Nematoderna upprätthåller inte sig inte på växten och därmed sker en naturlig populationsminskning i brist på värdväxt att livnära sig på.

Honungsfacelia är en mellangröda som innehar egenskaper som gynnar nyttodjur och pollinatörer, bidrar som erosionsskydd, bidrar med organiskt material, lämnar fältet lättbearbetat, är torktålig och gynnar uppvärmningen samt bidrar till naturlig populationsminskning av betcystnematoder (Petersen, 2019b). Honungsfacelia tillhör familjen Boraginaceae vilket är en familj som ovanligen ingår i nordiska växtföljder (Petersen, 2002). För de flesta växtföljdsrotationerna passar honungsfacelia att ingå som mellangröda (Petersen, 2002), särskilt rekommenderas den att ingå i

rapsväxtföljder för att den inte uppförökar betcystnematoder som angriper kålväxter (Willert, 2018 ; Petersen, 2019b). Honungsfacelia passar att sås i renbestånd men även i blandningar (Hansson, 2018). Exempel på blandning som passar i rapsväxtföljd är purrhavre och honungsfacelia (Petersen, 2019b). Två sorter som används är AMERIGO och ANGELIA (Petersen, 2019a).

7.2.2.4 Blålupin *Lupinus angustifolius*

Blålupin som mellangröda har visat reducerande effekt i fältstudier på stubbrotsnematoder (Wiketoft, 2015 ; Willert, 2018), samt rotsårsnematoder (Willert, 2018). Forskning på effekten av hur blålupin påverkar frilevande nematoder är dock begränsad (Wiketoft, 2015).

Blålupin tillhör familjen Fabaceae och används som mellangröda för egenskaper som strukturförbättring, kvävefixering, fångstgröda för näring (Petersen, 2019b), erosionsskydd samt agerar som icke värdväxt för nematoder (Petersen, 2019a). I Sverige är odling av lupiner relativt sällsynt. Lupiner anses kunna odlas tätt återkommande i växtföljden utan att orsaka problem med skadegörare (Lindström, 2010). Rekommenderas att användas som mellangröda i rapsväxtföljder, eftersom den inte angrips av samma skadegörare samt innehar goda gröngödslingsegenskaper (Petersen, 2019b).

7.2.2.5 Rajgräs *Lolium*

Rajgräs agerar som dålig värdväxt för rotsårsnematoder (Bird, 2018) samt icke värdväxt mot betcystnematoder och passar därav att användas som mellangröda i växtrotation med kålväxter (Petersen, 2019b). Rajgräs kan dock uppföröka stubbrotsnematoder.

Rajgräs i användning som mellangröda har goda egenskaper att förhindra kväveläkage samt är rajgräs vinterhärdig och passar att användas till foder (Kramberger et al. 2008). Rajgräs som mellangröda har ingått i ett flertal försök i betodling där bl.a. mellangrödor motverkande effekt i syfte för cystnematoder undersökts. Dock är information kring rajgräs i det syftet bristfällig.

7.2.3 Uppförökande

7.2.3.1 Värdväxt

Värdväxter till växtparasitära nematoder stimulerar tillväxt och uppförökningen av dem (Bundessortenamt, 2018). Mellangrödor som är värdväxter för nematoder kan användas som fånggrödor, de angrips och för kontroll brukas de ned vid rätt tidpunkt i livscykelns och kan då reducera populations mängden av nematoder (Andersson, 2018).

8 Interaktioner mellan nematoder och klumprotsjuka

8.1 Oljerättika

Olika sorter av oljerättika har även testats för sanering av jordburna växtföljdssjukdomar (Olsson, 2017 ; Petersen, 2019a). Tester av multiresistent oljerättika med motverkande effekt på ärtröta och rotbrand har för det mesta visat god saneringseffekt (Olsson, 2017). Oljerättika tillhör familjen Brassicaceae och uppförökar *Plasmodiophora brassicae* som orsakar klumprotsjuka på kålväxter (Olsson, 2017 ; Wallenhammar, 2019a). Oljerättika har sjukdomsindex 4, vilket är en gradering av mottagligheten för *Plasmodiophora brassicae* på grödan i en skala från 1- 100 (Wallenhammar, 2019a). Sjukdomsindex kan variera mellan olika sorter. Oljerättika har relativt lågt sjukdomsindex, mottagligheten för *Plasmodiophora brassicae* kan jämföras med resistent rapssorter. Därav anses motståndskraften vara relativt hög mot *Plasmodiophora brassicae* (Olsson et al. 2013). Vid användning av oljerättika som mellangröda i kålodling i syfte att sanera mot nematoder bör analyser av förekomst av *Plasmodiophora brassicae* i förebyggande syfte genomföras (Wallenhammar, 2019a). Klumprotsjuka uppträder fläckvis på fältet så väl utspridda prov rekommenderas. Oljerättika i växtföljder för sanering av nematoder där kål ingår avrådes p.g.a. risken att uppföröka *Plasmodiophora brassicae* i odlingen (Olsson, 2017 ; Wallenhammar, 2019a).

8.2 Vitsenap

I kålodling är det flera skadeorganismer att tänka på (Wallenhammar, 2019a ; Wallenhammar, 2019b). Vitsenap uppförökar *Plasmodiophora brassicae* som orsakar klumprotsjuka på kålväxter. Vitsenap är mer mottaglig för klumprotsjuka än oljerättika, hänsyn till detta bör tas i valet mellan dessa i kålodling i sanerande syfte mot cystnematoder (Andersson, 2018). Vitsenap har ett sjukdomsindex 60, vilket är en gradering av mottagligheten för klumprotsjuka på grödan i en skala från 1- 100 (Wallenhammar, 2019a ; Wallenhammar, 2019b). I kålodling bör inte vitsenap odlas som mellangröda om inte fältet är fritt från *Plasmodiophora brassicae*.

För att kontrollera betcystnematod *Heterodera schachtii* istället för med vitsenap eller oljerättika kan man använda mellangrödor i 6 årig växtföljd med klöver eller gräsarter i förebyggande syfte som inte uppförökar *Plasmodiophora brassicae* (Wiketoft, 2019b).

9 Sammanställning påverkan av mellangrödor på skadegörare

9.1 Tabell beskrivning

Tabellen visar en sammanställning av information som framgått i studien angående mellangrödors påverkan på skadegörare som drabbar kålväxter. I generellt syfte om dem förebygger, motverkar eller uppförökar skadegörarna i fråga.

- Förebyggande- **F**
- Motverkande- **M**
- Uppförökande- **U**
- Kan potentiellt agera motverkande annars förebyggande- **MF**
- Ej framkommit i studien- tom ruta

Skadegörare ➡

Mellangrödor ↓

Nål-nematod	Betcystnematod	Gul betcystnematod	Rotgallnematod	Stubbrotsnematod	Kålcystnematod	Rotsårsnematod	Frilevande nematod	Plasmodidophora brassicaceae	
				F		F		F	Blålupin
	F							F	Honungsfacelia
U								MF	Rödklöver
	F	F	F		F			F	Sunnhampa
	F			U		F		M	Rajgräs
			MF			MF		F	Purrhavre
			MF			M		F	Tagetes
U	M	U	M	M	U	M	U	U	oljerättika
U	M	U	U	U	U	U	U	U	Vitsenap
U	U	U	U	U	U	U	U	U	Raps

10 Diskussion

Mellangrödor är av stort intresse som kontrollåtgärd mot jordburnapatogener (Friberg, 2005b ; Wallenhammar, 2013 ; Dixon, 2014 ; Wallenhammar, 2014b ; Hwang et al. 2015).

Mellangrödor kan med olika tillvägagångssätt användas i syfte för att motverka, förebygga och uppföröka *Plasmodiophora brassicae* (Hwang et al. 2013 ; Albertson Juhlin et.al. 2014 ; Andersson, 2018). Men att det ger resultat i de olika syftena mot *Plasmodiophora brassicae* räcker möjligen inte till. Potentiell användning av mellangrödor i storskaliga odlingssystem i syfte för kontroll av *Plasmodiophora brassicae* anses i (Udari et al. 2017) att eventuell gynnsam effekt behöver överstiga kostnaden betydligt. Wallenhammar, (2019b) föreslår utökad forskning för att utreda deras effekter i förhållande till odlingssystem. Vilket jag samtycker kan bidra med mer bevis för att utvärdera mellangrödors ekonomiska nytta i syfte att kontrollera växtskadegörare.

Klumprotsjuka

Är en välkänd patogen som drabbar grödor inom familjen Brassicaceae (Wallenhammar, 1997 ; Wallenhammar, 2013). Dess långlivade vilsporer och kvantitet av vilsporer som uppförökas vid angrepp försvårar kontrollen (Wallenhammar, 2001). Men det är även andra externa faktorer som försvårar kontrollen och är av vikt att övervaka vid val av kontrollmetod anser jag. Ett flertal faktorer spelar in vid kontroll av *Plasmodiophora brassicae* och mellangrödor kan ses som ett potentiellt alternativ och komplement i brassica odlingssystem (Wallenhammar,1997 ; Wallenhammar, 2013 ; Dixon, 2014). I och med alla faktorer som påverkar kontrollen anser jag att god fält kännedom är av vikt för att kunna påverka *Plasmodiophora brassicae* utveckling med mellangrödor. För att motverka med mellangrödor ska vara effektiv anser jag att hänsyn till externa faktorer och även användning av andra metoder i samband med mellangrödor bör tillämpas.

Mellangrödor har potential att användas för kontroll av *Plasmodiophora brassicae* (Friberg, 2005b ; Feng, 2012 ; Hwang et al. 2015). Resistenta icke värdväxter som mellangrödor har utvärderats i olika försök för att motverka *Plasmodiophora brassicae*.

Rajgräs har i försök visat effekt som resistent icke värdväxt och därmed visat sig vara en potentiell mellangröda för reducering av *Plasmodiophora brassicae* i brassicaceae odling (Friberg, 2005a ; Hwang et al. 2015). Effekter på vilspors groningen har i försök visat sig vara mer effektiv än hos kinesisk kål som är värdväxt åt patogenen (Friberg, 2005a). I ett annat försök visade sig effektiviteten på groningen av vilsporer vara mer effektiv hos kinesisk kål än hos rajgräs (Hwang,

2015). Enligt (Peng, 2011) har effekten av rajgräs visat sig vara inkonsekvent i ett flertal studier. Motsägelsen i dessa försök tolkar jag som att det behövs mer undersökningar för att fastställa rajgräsets effektivitet som resistent icke värdväxt. En studie har visat på att det krävs en relativt lång och intensiv infektions period för att inducera resistensen för att rajgräs ska agera som resistent icke värdväxt (Feng, 2012). Potentiellt kan försök i intensivt angripna fält enligt (Hwang et al. 2015) vara av intresse för användning av rajgräs som mellangröda. Med tanke på resultatet i studien utförd i (Feng, 2012). Tänker jag att det möjligen kan vara en felkälla som påverkat tidigare försöks inkonsekvens. Men å andra sidan är (Feng, 2012) den endaste källa som styrker informationen jag undersökt. Rajgräsets effektivitet i mellangrödeblandningar är även en tanke som uppkom utifrån (Feng, 2012) studie, finns det en risk att mellangrödeblandningar har för låg infektions intensitet, då det förekommer mindre mängd rajgräs än i renbestånd. Jag anser att det hade varit intressant att undersöka ytterligare hur inducering av resistens förhåller sig till infektionsintensitet.

Värdväxter kan användas som mellangrödor för att motverka uppförökningen av *Plasmodiophora brassicae*. Genom att odla värdväxter som mellangrödor kan utvecklingen av nya vilsporor stoppas och därmed motverka vidare uppförökning av vilsporor (Friberg, 2005b ; Wallenhammar et al. 2014b ; Hwang et al. 2015).

Värdväxter är arter inom familjen Brassicaceae (Friberg, 2005a ; Pettersson, 2011, Nilsson, 2014 ; Wallenhammar, 2014a). Raps har i ett försök utvärderats för motverkande effekt mot *Plasmodiophora brassicae* i brassicaceae och resulterat i att odling av raps som avbröts innan vilsporor han utvecklas gav en reducering av vilsporor samt angreppsnivån av klumprotsjuka (Peng, 2011). Det verkar dock vara en riskabel metod då i (Hwang et al. 2015) det förklaras att metoden kan innebära risken att istället för att motverka *Plasmodiophora brassicae* istället uppföröka patogenen om avdödning av mellangröda utövas vid fel tillfälle. Jämförelsen av risken med värdväxter gentemot resistent icke värdväxter menas i (Hwang et al. 2015) på att är betydligt högre hos värdväxter. Jag instämmer då risken för resistent icke värdväxter inte visat sig leda till uppförökning. I (Udari et al. 2017) avråder de till att mellangrödor inom familjen Brassicaceae att ingå i odlingsystem innehållande kålgrödor. Utav detta anser jag att mer fokus i fortsatt undersökning bör läggas på resistent icke värdväxter som utövar en mindre risk för uppförökning av *Plasmodiophora brassicae*.

Icke värdväxter som mellangrödor kan i förebyggande syfte minska angrepp och mängd vilsporor av *Plasmodiophora brassicae* (Hwang et al. 2015). Växter som agerar som icke värdväxter mot *Plasmodiophora brassicae* är rödklöver (Friberg, 2005a) och honungsfacelia (Petersen, 2019c). Med varierad artrikedom finns både naturliga fiender och andra hinder som kan motverka en enskild arts eskalerande uppförökning (Nilsson, 2014). Vilspormängden och angreppets svårighetsgrad kan reduceras när icke värdväxter odlas i växtföljden i jämförelse med värdväxter eller resistent värdväxtarter. Samt har icke värdväxter visat sig i försök bidra till

minskning av vilspors populationer i jämförelse med tråda (Hwang et al. 2015). Utav informationen som undersökts av icke värdväxter har inget material visat på att icke värdväxter skulle uppföröka *Plasmodiophora brassicae*, vilket styrker att de passar i förebyggande syfte i kålodling. Dock anser jag att icke värdväxter som mellangrödor i syfte att sänka populationer inte är tillräckligt utredda för att avgöra hur pass stor effektiviteten är.

Nematoder

Växtparasitära nematoder agerar olika beroende vilken art de tillhör och hur deras livscykel utspelar sig (Molendijk, 2007 ; Nilsson, 2014). Variationen över livscykeln tid, fortplantningen och angreppssättet kan skilja sig betydligt (Molendijk, 2007). Parasiterar de utifrån på rötterna, inuti eller är de bundna till växten (Molendijk, 2007 ; Pettersson, 2011 ; Nilsson, 2014). Detta påvisar att det är av vikt att genom analysmetoder avgöra vilken nematod i fråga som agerar som skadegörare innan man beslutar kontroll med mellangrödor. I (Andersson, 2018) menas på att analyser bör utföras för att fastställa art inför växtföljdsplanering. Vilket jag samtycker med då icke värdväxter i kålodling kan vara värdväxter åt en art av växtparasitära nematoder men icke värdväxt åt en annan. Rajgräs icke värdväxt för betcystnematoder och värdväxt för stubbrotsnematoder (Petersen, 2019b).

Mellangrödor i form av icke värdväxter, resistenta och sanerande grödor kan potentiellt motverka nematoder (Albertson Juhlin et. al. 2014).

Resistenta mellangrödor kan motverka sedentära endoparasitära nematoder som cystnematoder och rotgallnematoder (Wiketoft, 2019a). Flera betingelser hos mellangrödan och nematoden anser jag spelar in vid motverkan. Det finns effekt skillnader beroende på sort av mellangröda, de innehar olika grad av resistens (Bundessortenamt, 2018). Enligt (Andersson, 2018 ; Wiketoft, 2019a) skiljer sig påverkan av effekten beroende på patotyp inom art av nematod. Vid eventuell användning av mellangrödor är det enligt mig av vikt att ha koll på dessa faktorer för att kunna motverka sedentära endoparasitära nematoder på ett effektivt vis. Av det vill säga så är det viktigt att ha koll på vilken patotyp som finns på fältet och om mellangrödan innehar resistens mot den och iså fall vilken grad av resistens.

Oljerättika och vitsenap är två alternativ med resistenta gener mot sedentära endoparasitära arter (Olsson et al. 2013 ; Olsson, 2017).

Vitsenap innehar resistens mot betcystnematoden *Heterodera schachtii* (Olsson et al. 2013). Det finns faktorer som påverkar effektiviteten av vitsenap som är av vikt att ha koll på vid eventuell sanering. I (Olsson, 2004) menas att sanerings effekten kan skilja sig i olika grad beroende på vilket tillväxtstadium växten befinner sig i och enligt (Olsson et al. 2013) skiljer sig även graden av resistens mellan sorter. Enligt ett flertal artiklar däribland (Olsson, 2004 ; Olsson et al. 2013 ; Albertson Juhlin et al. 2014 ; Olsson, 2017 ; Wiketoft, 2019a) har vitsenap god effekt mot betcystnematoder och passar att använda som resistent mellangröda.

Oljerättika har innehar resistens mot betcystnematoder (Olsson et al. 2013 ; Olsson, 2017). Det finns även sorter som utöver betcystnematoder har resistens mot rotsårsnematoder och stubbrotsnematoder dessa kallas multiresistenta (Olsson, 2017 ; Petersen, 2019a).

Oljerättika med resistens har visat sig ha god reducerande effekt på sedentära endoparasitärer i ett flertal undersökningar förklaras i (Olsson et al. 2013 ; Rölin, 2015 ; Olsson, 2017 ; Petersen, 2019a) vilket tyder på att det är en effektiv mellangröda att använda i motverkande syfte mot betcystnematoder och rotgallnematoder. I (Olsson, 2017) påvisas att oljerättika även är effektiv mot rotsårsnematoder. Men motsägelse till det finns. Då i (Wiketoft, 2019a) förklaras att resistenta mellangrödor endast kan motverka cyst och rotgallnematoder då de är bundna till roten. Enligt mig bör effekten av oljerättika på rotsårsnematoder ytterligare undersökas för att styrka något av exemplen.

Oljerättika och vitsenap kan användas i motverkande syfte i bioångning (Olsson et al. 2013 ; Wiketoft, 2015). Men å andra sidan menas i (Wiketoft, 2019a) att metoden är begränsad i nordliga områden och är därav inte aktuell i Sverige. Samt menas i (Albertson Juhlin et al. 2014) att ett flertal faktorer kan påverka effektiviteten av saneringen som är svårhanterliga. I jämförelse med resistens sanering verkar bioångning vara ett mindre effektivt alternativ vid användning av vitsenap och oljerättika.

Purrhavre hämmar rotgallnematoder och rotsårsnematoder (Rölin, 2015 ; Andersson, 2018 ; Petersen, 2019b). I andra studier står det att den hämmar nematoder generellt. T.ex. i (Hansson, 2018). Men enligt ovanstående undersökning gäller det för rotsårsnematoder och rotgallnematoder. Purrhavre är inte enligt (Andersson, 2018) helt resistent mot dessa utan är ofullständigt resistent så kallad partiellt resistent. Enligt (Wiketoft, 2019a) motverkar resistens endast sedentära endoparasitärer. Vilket inte innefattar rotsårsnematoder (Pettersson, 2011), I (Andersson, 2018) anses att svarhavre är en icke värdväxt till rotsårsnematoder. Utav denna information anser jag att det bör undersökas ytterligare för att bestyrka purrhavres effektivitet mot dessa. Jag anser även att material om purrhavres effekt som partiellt resistent mellangröda är begränsad, för att kunna avgöra nyttan av purrhavre som resistent mellangröda i denna litteraturstudie.

Vissa sorter av tagetes har visat i sig i försök reducera rotsårsnematoder och rotgallnematoder med bioångning (Hooks, 2010 ; Jordbruksverket, 2013). Men en del forskning tyder på att endast sedentära endoparasitära nematoder påverkas (Hooks, 2010 ; Wiketoft, 2019). I (Wiketoft, 2019a) anses det att bioångning är en ineffektiv metod i Sverige. I (Hooks, 2010) menas att med tagetes i växtföljden kan nematoder naturligt minska i population om de inte har tagetes som värdväxt. Jag drar slutsatsen att även om inte bioångning visar sig vara effektiv nog kan tagetes vara av nytta att använda i Brassicaceae växtföljden i syfte som icke värdväxt.

I förebyggande syfte kan man använda sig av icke värdväxter som bidragit till en naturlig populationsminskning (Wang et al. 2002 ; Andersson, 2018 ; Bundessortenamt, 2018). Enligt mig är ingående information för de icke värdväxter som tas upp bristfällig, jag anser att fler källor som styrker detta är av behov. Mer studier anser jag behövs för att fastställa den angivna effekten av dem på specifika nematod arter. Välplanerad växtföljd tas upp som åtgärd för nematoder (Nilsson, 2014 ; Andersson, 2018). Vilket styrks av flera artiklar och icke värdväxter som mellangrödor är därav ett bra komplement i växtföljden då de inte uppförkar specifik skadegörare i fråga.

Sunnhampa har visat sig agera som icke värdväxt mot *Meloidogyne ssp.* och *Heterodera ssp.* (Wang et al. 2002). Flera studier har utförts i syfte för sunnhampas påverkan på växtparasitära nematoder i tropiska länder. Det finns endast begränsat antal studier i nordligare klimat (Sedaghatjoo, 2017). Fler studier i nordligare klimat anser jag är av intresse för att utvärdera sunnhampas potential i Sverige då i (Sedaghatjoo, 2017) det förklaras vidare att ett försök i tyskland har påvisat sunnhampas icke värdväxt effekt mot betcystnematod *Hederodeae schachtii* varav populationen minskade med sunnhampa som sommar mellangröda.

Honungsfacelia agerar som icke värdväxt för betcystnematoder (Petersen, 2019b ; Willert, 2018). Rekommendationer finns för att Honungsfacelia ska användas i rapsväxtföljder (Petersen, 2019b).

Blålupin har som mellangröda visat effekt som icke värdväxt mot stubbrotsnematoder (Wiketoft, 2015 ; Willert, 2018) och även rotsårsnematoder (Willert, 2018).

Rajgräs agerar som dålig värdväxt för rotsårsnematoder (Bird, 2018) men även som icke värdväxt mot betcystnematoder (Petersen, 2019b).

Interaktioner mellan klumprotsjuka och nematoder

Oljerättika som mellangröda har påvisat goda effekter som resistent mellangröda mot nematoder (Olsson et al. 2013 ; Rölin, 2015 ; Olsson, 2017 ; Petersen, 2019a). Men och andra sidan tillhör oljerättika familjen Brassicaceae och uppförkar *Plasmodiophora brassicae* som orsakar klumprotsjuka på kålväxter (Olsson, 2017 ; Wallenhammar, 2019a). Oljerättika kan ha olika grader av mottaglighet för klumprotsjuka och mottagligheten anses vara relativt låg (Olsson et al. 2013 ; Wallenhammar, 2019a). Även om mottagligheten är låg kan uppförkningen ändå bli stor anser jag med tanke på hur mycket vilsporor som uppförkas i en rot. Infekterad rotdel kan innehålla mellan 100-200 miljoner sporer per/gram (Wallenhammar, 2018). Om oljerättika ska användas i kålväxtföljder som mellangröda bör analyser utföras för att utesluta förekomst av *Plasmodiophora brassicae* anses i (Wallenhammar, 2019a). Vilket möjligen hade kunnat vara ett potentiellt sätt samtycker jag för att kunna motverka nematoder i odling av huvudgrödor inom

familjen brassicaceae med oljerättika, men i (Wallenhammar, 2019) påpekas även att det är svårt att detektera *Plasmodiophora brassicae* i fält. Oljerättika avrådes att odlas i kålväxtföljder (Udari et al. 2017 ; Olsson, 2017 ; Wallenhammar, 2019). Det är enligt mig för riskabelt att använda sig av oljerättika som mellangröda inom odling av grödor inom familjen Brassicaceae. Då jag anser att risken att uppföröka *Plasmodiophora brassicae* är betydlig.

Vitsenap har visat god effekt vid kontroll av betcystnematod *Heterodera schachtii* (Olsson, 2004 ; Olsson et al. 2013). Men i kålodling finns det andra skadeorganismer att tänka på. Vitsenap är en växt tillhörande familjen Brassicaceae som uppförökar *Plasmodiophora brassicae* (Wallenhammar, 2019a ; Wallenhammar, 2019b). Mottagligheten för klumprotsjuka är sjukdomsindex 60 (Wallenhammar, 2019a ; Wallenhammar, 2019b). Mottagligheten är i jämförelse med oljerättika är betydligt högre. I fält fria från *Plasmodiophora brassicae* menar (Wallenhammar, 2019a ; Wallenhammar, 2019b) att det är möjligt att odla vitsenap i syfte mot betcystnematoder. Men som tidigare nämnt är det av stor risk då (Wallenhammar, 2019a) menar att det är svårt att detektera *Plasmodiophora brassicae* på fältet. Enligt mig är risken betydligt större hos vitsenap än oljerättika då mottagligheten skiljer sig mycket. Jag samtycker med innehåll i (Andersson, 2018) som syftar på att hänsyn till mottagligheten av *Plasmodiophora brassicae* bör övervägas noga innan vitsenap används i kålväxtföljder som mellangröda. Andra metoder anses vara mindre riskfyllda som i (Wiketoft, 2019b) föreslås att istället för vitsenap använda sig av icke värdväxter i förebyggande syfte som inte uppförökar *Plasmodiophora brassicae*.

11 Slutsatser

- Mellangrödor kan med olika tillvägagångssätt användas i syfte för att motverka, förebygga och uppföröka *Plasmodiophora brassicae* och nematoder. Men effekten mellangrödorna innehar behöver utredas mer om det ska vara ekonomiskt gynnsamt att använda dem i storskaliga odlingssystem.
- För att med mellangrödor kontrollera dessa skadegörare krävs att flera faktorer tas till hänsyn. Däribland växtegenskaper, angriparens egenskaper, odlingsplatsens egenskaper och även kompletterande kontroll åtgärder.
- Rajgräs har potential att agera som resistent icke värdväxt mot *Plasmodiophora brassicae*. Effekten har dock visat sig vara inkonsekvent i försök och därmed för att fastställa rajgräsets effekt som resistent icke värdväxt finns det ett behov av mer undersökningar.

- Raps kan agera som värdväxt motverkande *Plasmodiophora brassicae*. Metoden kan dock vara riskfylld, om växten avdödas vid fel tillfälle kan *Plasmodiophora brassicae* uppföras istället för att motverkas.
- Riskerna vid användning är betydligt högre för värdväxter än för resistent icke värdväxter som mellangrödor i kålodlingssystem. Enligt studien anses att mer tid åt forskning bör läggas på resistent icke värdväxter.
- Utav informationen som undersökts av icke värdväxter har inget material visat på att icke värdväxter skulle uppföras *Plasmodiophora brassicae*, vilket styrker att de passar i förebyggande syfte i kålodling. Enligt studien är icke värdväxter som mellangrödor i syfte att sänka populationer inte tillräckligt utredda för att avgöra hur pass stor effektiviteten är, därav är fler undersökningar av behov.
- Honungsfacelia agerar som icke värdväxt mot *Plasmodiophora brassicae* och nematoder. Grödan är positiv att använda i växtföljder då den varken uppföras *Plasmodiophora brassicae* eller nematoderna i fråga. Effekten är dock bristfälligt utredd utifrån material som undersökts i litteraturstudien för att avgöra hur pass stor effektiviteten är.
- I förebyggande syfte kan man använda sig av icke värdväxter som bidrar till en naturlig populationsminskning av växtparasitära nematoder. Icke värdväxter såsom blålupin, sunnhampa, rajgräs, tagetes och honungsfacelia. Enligt studien är material för icke värdväxter som tas upp bristfällig. Behov av fler källor som styrker deras verkan är av behov. Mer studier anser jag behövs för att fastställa effekten av dem på specifika nematodarter.
- Tagetes har visat i sig i försök reducera rotsårnematoder och rotgallnematoder med bioångning. Bioångning anses vara en ineffektiv metod i Sverige. Även om inte bioångning visar sig vara effektiv nog kan tagetes vara av nytta att använda i Brassicaceae växtföljden i syfte som icke värdväxt.
- Oljerättika agerar effektivt som resistent mellangröda mot sedentära endoparasitära nematodarter. Resistensen skiljer sig mellan sorter och mot patotyper inom enskild nematodart. Dessa faktorer inverkar på resultatet av effektiviteten och behöver finnas med i planeringen vid användning av denna gröda.
- Vitsenap har visat god effekt som resistent mellangröda vid kontroll av betcystnematod *Heterodera schachtii*. Mottagligheten för klumprotsjuka är dock relativt hög. Det visar på att vitsenap är riskfylld att använda i kålväxtföljder. Mottagligheten skiljer sig mellan sorter och mot patotyper inom

enskild nematodart. Dessa faktorer inverkar på resultatet av effektiviteten och behöver finnas med i planeringen vid användning av denna gröda.

- Purrhavre kan potentiellt agera som partiellt resistent mellangröda och därmed ha motverkande effekt på rotsårnematoder och rotgallnematoder. Då studien visar på inkonsekvent material på purrhavres påverkan och effekt på nematoder finns behov för mer forskning på denna mellangröda.
- Risken för uppförökning av *Plasmodiophora brassicae* är hög om mottagliga plantor odlas även om en endaste planta drabbas på fältet. Risken är hög då en rot-del kan innehålla 100-200 miljoner vilsporor samt att slemsvampen är svår att utesluta på fält vid detektering.
- Vitsenap och Oljerättika i kålodling. I och med att dessa är kålväxter som uppförökar *Plasmodiophora brassicae* är risken för stor för att använda dessa mellangrödor i motverkande syfte mot nematoder i kålodlingsväxtföljder.
- Utifrån litteraturstudien efterfrågas mer forskning på mellangrödor i syfte mot dessa skadegörare för att besluta deras effektivitet och påverkan. Även att interaktioner mellan mellangrödor, nematoder och *Plasmodiophora brassicae* i kålodlingssystem utreds mer.

12 Referenser

- Albertson Juhlin, M-L. Viketoft, M. & Gunnarsson, A. (2014). *Effekt av förfrukt/mellangroda på rotgallnematoder och frilevande nematoder*. Alnarp: Tillväxt Trädgård. (Tillväxt Trädgård Rapport, 2014). [18-03-2019]
- Andersson, S. (2018). *Nematoder som växtskadegörare*. Mjölby: Atremi AB. [07-03-2019]
- Bergkvist, G. (2019). *Mellangrodan i våra odlingssystem*. Nässjö 2 maj, 2019, Sverige. Tillgänglig: <https://www.slu.se/globalassets/ew/org/inst/faltforsk/ak/ak-vatten/mellangroda-20190502-sammanf-och-pres1-3-opt.pdf> [14-05-2019]
- Bird, G-W. Abawi, G. & Lamondia, J. (2018). Växtparasitiska Nematoder av New York, New Jersey och Pennsylvania. I Subbotin, S-A. Chitambar, J-J. *Plant parasitic Nematodes in sustainable agriculture in North America. Northeastern, Midwestern och Southern USA*: Springer Nature Switzerland AG, ss. 27-55. [10-02-2019]
- Bundessortenamt (2018). *Getreide, Mais Öl- und Faserpflanzen Leguminosen Rüben Zwischenfrüchte*. ISSN 21 90-61 30. Osterfelddamm 80, 30627 Hannover. [10-02-2019]
- Dixon, G-R. Page, L-V. (1998). *Calcium and nitrogen eliciting alterations to growth and reproduction of Plasmodiophora brassicae (clubroot)*. *Acta Hort.* 459:343–349. [05-02-2019]
- Dixon, G-R. (2007). *Vegetable Brassicas and Related Crucifers*. United Kingdom: CAB International. [20-03-2019]
- Dixon, G-R. (2009). The Occurrence and Economic Impact of Plasmodiophora brassicae and Clubroot Disease. *Journal Plant Growth Regul*, vol. 28, ss. 194–202, DOI 10.1007/s00344-009-9090-y [20-03-2019]
- Eurofins. (2018). *Klumprotanalyser*. Tillgänglig: <https://www.eurofins.se/tjaenster/vaextodling/jord-sjukdomar/klumprot/> [04-03-2019]
- Feng, J. Xiao, Q. Hwang, S-F, E. Strelkov, S & Gossen, B. (2012). Infection of canola by secondary zoospores of Plasmodiophora brassicae produced on a nonhost. *Eur J Plant Pathology*, vol.132, ss. 309–315. Tillgänglig: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10658-011-9875-2> [17-05-2019]
- Fogelfors, H. (2001). *Växtproduktion i jordbruket*. Stockholm: Natur och Kultur. [17-05-2019]
- Friberg, H. Lagerlöf, J. & Rämert, B (2005a). Germination of Plasmodiophora brassicae resting spores stimulated by a non-host plant. *European Journal of Plant Pathology*, vol. 113, ss. 275–281, DOI: 10.1007/s10658-005-2797-0 [01-02-2019]

Friberg, H. (2005b). *Persistence of Plasmodiophora brassicae*. Diss. Uppsala: Swedish University of Agricultural Sciences. [06-02-2019]

Friberg, H. Lagerlöf, J. & Rämert, B. (2007). Influence of soil fauna on fungal plant pathogens in agricultural and horticultural systems. *Biocontrol Science and Technology*, vol.15:7, ss. 641-658, DOI: 10.1080/09583150500086979 [03-02-2019]

Hammeraas, B. (2004). *Nematodeproblem og jordtrøtthet i frukt*. Vol. 8. Nr. 103. Norge: Grønn kunnskap, ss. 1-5. Tillgänglig:

<https://brage.bibsys.no/xmlui/bitstream/handle/11250/2507865/Planteforsk-GKe-2004-08-103.pdf?sequence=1&isAllowed=y> [10-03-2019]

Hansson, D. Prade, T. Tufvesson, L. & Svensson, S-E. (2018).

Sommarmellangrödors ogräsbekämpande egenskaper – resultat från ett fältförsök 2017. Delrapport. SLU, Alnarp: Institutionen för biosystem och teknologi. Tillgänglig:

<http://pa.ltj.slu.se/janlars/partnerskapalnarp/uploads/projekt/1044.pdf> [09-04-2019]

Hooks, C-R-R. Wang, K-H. Ploeg, A. & McSorley, R. (2010). Using marigold (*Tagetes* spp.) as a cover crop to protect crops from plant-parasitic nematodes. *Applied Soil Ecology*, vol. 46, ss. 307-320. [20-03-2019].

Jordbruksverket. (2019). *Det här gäller för träda*. Tillgänglig:

http://www.jordbruksverket.se/amnesomraden/stod/jordbrukarstod/tradaochvall/trada_4.4dfd5d3a1526082877c19cae.html [18-03-2019]

Kramberger, B. Gruskovnjak, L- D. & Gselman, A. (2008). *Effects of Italian Ryegrass and Date of Plow-In on Soil Mineral Nitrogen and Sugarbeet Yield and Quality*.

Maddison: American Society of Agronomy, vol. 100, ss. 1332-1338. [18-05-2019]

Lindström, S. (2010). *Fröblandningar för den biologiska mångfalden i slättlandskapet*. Husshållningssällskapet Tillgänglig:

<http://www.jordbruksverket.se/download/18.4b2051c513030542a9280004684/1370040300369/Fr%C3%B6blandningar%20som%20gynnar%20f%C3%A5glar%20och%20insekter.pdf> [14-05-2019]

Molendijk, L P G. (2007). The canon of potato science: 16. Free-living nematodes. *Potato Research*, vol. 50, ss. 267-269. [18-03-2019]

Nilsson, U. (2014). *Växtskyddets grunder*. Sveriges lantbruksuniversitet. Institutionen för växtskyddsbiologi. Tillgänglig:

https://pub.epsilon.slu.se/11944/7/nilsson_u_red_150225.pdf [10-02-2019]

Olsson, Å. (2004). Odlingsråd för nematodinfekterade fält. *Betodlaren nr 3, 2004*.

Tillgänglig: <https://www.nordicbeet.nu/wp-content/uploads/2017/01/2004-betodlaren-nr-3.pdf> [14-05-2019]

Olsson, Å. Persson, L. (2017). Oljerättika i växtföljden – vän eller ende? *Betodlaren nr 2, 2017*. Tillgänglig: https://www.betodlarna.se/sites/default/files/assets/documents/betodlaren/betis-2-2017_low.pdf [14-05-2019]

Olsson, Å. (2013). Frilevande nematoder – vad är det?. *Betodlaren nr 1, 2013*. Tillgänglig: https://www.nordicbeet.nu/wp-content/uploads/2016/05/Betis-1-13_Frilevande-nematoder.pdf [16-05-2019]

Olsson, Å. Persson, L. & Wikström, M. (2013). *Effekt av senap och oljerättika som mellangrödor för sanering av rottröta i ärter, spenat och sockerbetor samt betcystnematoden*. Borgeby: NBR Nordic Beet Research. (NBR Nordic Beet Research Rapport, 2013: 416). Tillgänglig: <https://www.nordicbeet.nu/wp-content/uploads/2016/04/416-Sanering-med-mellangr%C3%B6dor-rapport-jordbruksverket-2013-140303-inkl-f%C3%B6rord-FINAL-VERSION.pdf> [13-05-2019]

Peng, G. Ahmed, H-U. Hwang, S-F. Strelkov, S-E. Gossen, B-D. Howard, R-J. & Turnbull, G-D. (2011). Assessment of bait crops to reduce inoculum of clubroot (*Plasmodiophora brassicae*) of canola. *Canadian Journal of Plant Science*, vol. 91, ss. 545-551. [13-05-2019]

Petersen, P-H. (2002). Phacelia Amerigo. Tillgänglig: https://www.phpetersen.com/fileadmin/user_upload/Katalog/amerigo.pdf [16-05-2019]

Petersen, P-H. (2019a). *Ihr saatgut vom spezialisten fur zwischenfruchte*. Tillgänglig: <https://www.phpetersen.com/produkte/zwischenfruchtsorten/nematodenresistenter-oelrettich/>[15-05-2019]

Petersen, P-H. (2019b). Das Zwischenfrucht Programm 2019.[Broschyr]. Grundhof: P.H. Petersen.Tillgänglig: https://www.phpetersen.com/fileadmin/user_upload/Katalog/Gesamtkatalog_2019.pdf [15-05-2019]

Petersen, P-H. (2019c). *Für gesunde Fruchtfolgen*. Tillgänglig: <https://www.phpetersen.com/aktuelles/praxiswissen/nematoden-und-krankheiten/> [15-05-2019]

Pettersson M-L. Åkesson I. (2011). *Trädgårdens växtskydd*. Stockholm: Natur & kultur/LTs förlag. [07-03-2019]

Iwarsson, M. (2014). *Gamla trädgårdsväxter. Vårda väl*. Visby: Riksantikvarieämbetet. [01-02-2019]

- Rölin, Å. (2015). *Växtföljd*. [Broschyr]. Jönköping: Jordbruksverket. Tillgänglig: https://www2.jordbruksverket.se/download/18.116fee5d14e0298945d65995/1434627342115/p10_6.pdf [13-05-2019]
- Sveriges lantbruksuniversitet. (2013). *Biologisk markkartering*. [Video]. Tillgänglig: https://www.youtube.com/watch?time_continue=176&v=Upv_mYq6_VY [07-03-2019]
- Wageningen. (2018). *Ateljéschema 2018*. [13-04-2019]
- Wallenhammar, A-C. (1997). *Klumprotsjuka på oljeväxter*. Uppsala: (LTJ, LTV), Sveriges lantbruksuniversitet. Faktabladd om växtskydd. Jordbruk ; 44 J [10-02-2019]
- Wallenhammar, A-C. Arwidsson, O. (2001). Detection of Plasmodiophora brassicae by PCR in naturally infested soils. *European Journal of Plant Pathology*, vol. 107, ss. 313-321. [02-03-2019]
- Wallenhammar, A-C. Almquist, C. Schwelm, A. Roos, J. Marzec-Schmidt, K. Jonsson, A. & Dixelius, C. (2014b). Clubroot, a persistent threat to Swedish oilseed rape production. *Canadian Journal of Plant Pathology*, vol. 36, ss.135–141. [02-03-2019]
- Wallenhammar, A-C. (2014a). Klumprotsjuka i våroljeväxter – analys, varaktighet och bekämpning. Örebro: Frökontrollen Mellansverige AB. [03-03-2019]
- Wallenhammar, A-C. (2019a). *Mellangrödor i växtföljden – växtskyddsperspektiv*. [PowerPoint presentation]. Uppsala 6-7 februari, 2019, Sverige. Tillgänglig: <http://www.jordbruksverket.se/download/18.4cec8530168b603efb361633/1549353829112/Mellangr%C3%B6dor%20v%C3%A4xtskyddsperspektiv%20-%20Ann-Charlotte%20Wallenhammar.pdf> [13-05-2019]
- Wallenhammar, A-C. (2019b). *Hur hanterar vi växtskyddsfrågorna i mellangrödesystem?*. Nässjö 2 maj, 2019, Sverige. Tillgänglig: https://www.slu.se/globalassets/ew/org/inst/faltforsk/ak/ak-vatten/mellangroda-20190502_pres-7-8.pdf [13-05-2019]
- Wallenhammar, A-C. (2018). Klumprotsjuka- växtföljd och värdväxter. 2018, Sverige. Tillgänglig: <http://www.jordbruksverket.se/download/18.3c1967aa13afeea1eb88000432/1370041079754/Klumprotsjuka%20AC%20Wallenhammar.pdf> [16-05-2019]
- Wang, K-H. Sipes, B-S. & Schmitt, D-P. (2002). Crotalaria as a cover crop for nematode management: A review. *Nematropica*, vol. 32, ss. 24. Tillgänglig: <http://ojs-clone.fcla.edu/nematropica/article/view/69643/67303> [09-04-2019]

Wiketoft, M. (2015). *Effekt av förfrukt/mellangröda på rotgallnematoder och frilevande nematoder – nematoder inom BoT-A projektet*. Uppsala: Sveriges lantbruksuniversitet. Tillgänglig:
<http://194.47.52.113/janlars/partnerskapalnarp/uploads/projekt/626.pdf> [14-05-2019]

Wiketoft, M. (2019a). *Nematoders biologi*. [PowerPoint presentation]. Sveriges lantbruksuniversitet 9 maj, 2019, Alnarp, Sverige.[15-05-2019]

Wiketoft, M. (2019b). *Nematoder svenska skadearter*. [PowerPoint presentation]. Sveriges lantbruksuniversitet 9 maj, 2019, Alnarp, Sverige. [15-05-2019]

Willert, M. (2018). Val av lämpliga mellangrödor för att inte stöka till det i växtföljden. HIR Skåne 17 september, 2018. Tillgänglig:
<http://pa.ltj.slu.se/janlars/partnerskapalnarp/ekonf/20180919/MarcusWillert.pdf> [16-05-2019]

Hwang, S-F, Ahmed, H-U. Zhou, Q. Turnbull, G-D. Strelkov, S-E. Gossen, B-D. & Peng, G. (2015). Effect of host and non-host crops on *Plasmodiophora brassicae* resting spore concentrations and clubroot of canola. *British Society for Plant Pathology*, vol. 64, ss. 1198–1206. [17-05-2019]

Hwang, S-F. Howard, R-J. Strelkov, S-E. Gossen, B-D. & Peng, G. (2013). Management of clubroot (*Plasmodiophora brassicae*) on canola (*Brassica napus*) in western Canada. *Canadian Journal of Plant Pathology*, vol. 36, ss. 49–65. [17-05-2019]

Udari, R-W-M. Wanigasekara, M. & Sharanowski, B-J. (2017). *Cover Crops as a Tool for Insect Pest Management with a Focus on Oilseed Brassicas*. I: Reddy, G-V-P. CAB International, *integrated Management of Insect Pests on Canola and Other Brassica Oilseed Crops*. Canada: CAB International, 2017, ss. 222-232. [14-05-2019]