



Interaktion mellan *Rhizoctonia solani* och rotsårsnematoder i ärt

Interaction between Rhizoctonia solani and root lesion nematodes in pea

Josefin Wikström

Självständigt arbete • 15 hp

Sveriges lantbruksuniversitet, SLU

Fakulteten för naturresurser och jordbruksvetenskap • Institutionen för ekologi

Agronomprogrammet – mark/växt

Uppsala 2021



Interaktion mellan *Rhizoctonia solani* och rotsårsnematoder i ärt

Interaction between Rhizoctonia solani and root lesion nematodes in pea

Josefin Wikström

Handledare: Maria Viketoft, SLU, Institutionen för ekologi
Examinator: Hanna Friberg, SLU, Institutionen för skoglig mykologi och växtpatologi

Omfattning: 15 hp
Nivå och fördjupning: Grundnivå, G2E
Kurstitel: Självständigt arbete i biologi
Kurskod: EX0894
Program/utbildning: Agronomprogrammet – mark/växt
Kursansvarig inst.: Institutionen för vatten och miljö

Utgivningsort: Uppsala
Utgivningsår: 2021
Omslagsbild: Josefin Wikström

Nyckelord: *Rhizoctonia solani*, rotsårsnematoder, *Pratylenchus* spp., patogenitet, ärt

Sveriges lantbruksuniversitet
Fakulteten för naturresurser och jordbruksvetenskap
Institutionen för ekologi

Publicering och arkivering

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

Om ni är fler än en person som skrivit arbetet så gäller krysset för alla författare, ni behöver alltså vara överens. Läs om SLU:s publiceringsavtal här:

<https://www.slu.se/site/bibliotek/publicera-och-analysera/registrera-och-publicera/avtal-for-publicering/>.

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

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

Sammanfattning

Ärt är en av de viktigaste baljväxtgrödorna i Sverige. Ärtplantorna kan drabbas av flera olika patogener, däribland svampen *Rhizoctonia solani* och rotsårsmematoder *Pratylenchus* spp. *Rhizoctonia solani* är en växtpatogen svamp som är indelad i flera så kallade anastomosgrupper, AG. Den anastomosgrupp som är mest känd för att orsaka skada i ärt är AG 4, men även AG 5 är rapporterad som patogen. Rotsårsmematoder, *Pratylenchus* spp., är rapporterade att orsaka skada hos många olika växter, däribland ärt.

Interaktioner mellan *R. solani* och nematoder är studerade i bland annat potatisodling, men ej i ärt. Syftet med denna rapport var att undersöka om interaktioner mellan *R. solani* och *Pratylenchus* spp. förekommer i ärtodling.

För att besvara frågeställningen har dels ett växthusförsök utförts, dels har en litteraturstudie gjorts. Isolat som valdes ut till växthustestet var av *R. solani* AG 3, AG 4 och AG 5. För att infektera ärterna med nematoder användes en jord med naturlig förekomst av rotsårsmematoder. Hälften av jorden steriliserades för att användas som kontroll. Jorden inokulerades med renkulturer av de olika AG.

Undersökningen visade att AG 4 är en mycket stark patogen på ärter som orsakar groddbränna, missfärgning på epikotylen eller att plantorna dör. AG 5 visade sig vara en svagare patogen som orsakar något försämrad uppkomst och missfärgning av epikotylen. AG 3 var inte patogen alls på ärt. Rotsårsmematoderna orsakade mycket stor skada på hela rotsystemet. Inga synergistiska interaktioner mellan *R. solani* och rotsårsmematoder kunde påvisas. Däremot verkade det som att det fanns antagonistiska interaktioner mellan *R. solani* AG 3 och *Pratylenchus* spp. Denna effekt är mycket intressant och liknande resultat kan inte hittas i litteraturen, och bör därför studeras vidare.

Nyckelord: *Rhizoctonia solani*, rotsårsmematoder, *Pratylenchus* spp., patogenitet, ärt

Abstract

Pea is one of the most important legume crops in Sweden. The pea plants can be affected by several different pathogens, including the fungus *Rhizoctonia solani* and root lesion nematodes *Pratylenchus* spp. *Rhizoctonia solani* is a plant pathogenic fungus that is divided into several anastomosis groups, AG's. The anastomosis group that is best known for causing damage to peas is AG 4, but AG 5 is also reported as pathogenic. Root lesion nematodes, *Pratylenchus* spp., are reported to cause damage to many different plants, including peas.

Interactions between *R. solani* and nematodes have been studied in for instance potato cultivation, but not in peas. The purpose of this report was to investigate whether interactions between *R. solani* and *Pratylenchus* spp. occur in peas.

To answer the question, a greenhouse trial has been performed and a literature study has been done. Isolates selected for the greenhouse test were *R. solani* AG 3, AG 4 and AG 5. To infect the peas with nematodes, a soil with a natural occurrence of root lesion nematodes was used. Half of the soil was sterilized for use as a control. Pure cultures of the various AG's were inoculated into the soil. The study showed that AG 4 is a very strong pathogen on peas that causes plant death and discoloration of the epicotyl. AG 5 was found to be a weaker pathogen causing some decrease in the emergence and discoloration of the epicotyl. AG 3 was not pathogenic at all on peas. The root lesion nematodes caused very great damage to the entire root system. No synergistic interactions between *R. solani* and root lesion nematodes could be detected. However, it appeared that there were antagonistic interactions between *R. solani* AG 3 and *Pratylenchus* spp. This effect is very interesting and similar results can not be found in the literature, and should therefore be studied further.

Keywords: *Rhizoctonia solani*, root lesion nematodes, *Pratylenchus* spp., pathogenicity, pea

Innehållsförteckning

Tabellförteckning	9
Figurförteckning	10
Förkortningar	12
1. Inledning	13
1.1. Bakgrund.....	13
1.1.1. Ärt	13
1.1.2. <i>Rhizoctonia solani</i>	13
1.1.3. Rotsårsnematoder	15
1.1.4. Interaktioner mellan svamp och nematoder	15
1.2. Syfte och frågeställningar.....	16
2. Material och metoder	17
2.1. Växthusförsök	17
2.1.1. <i>Rhizoctonia solani</i>	17
2.1.2. Rotsårsnematoder	18
2.1.3. Försöksupplägg	19
2.1.4. Extra försök.....	19
2.2. Statistisk analys	19
3. Resultat.....	20
3.1. Uppkomst.....	20
3.2. Sjukdomsindex	22
3.3. Längd	24
3.4. Vikt.....	25
3.5. Nematodförekomst.....	26
3.6. Extra försök.....	27
4. Diskussion	29
4.1. AG 4	29
4.2. AG 5	29
4.3. AG 3	30
4.3.1. Tillväxtstimulering?.....	30

4.3.2. Interaktion mellan AG 3 och rotsårsnematoder	30
4.4. <i>Nematoder i ärt</i>	31
4.5. <i>Slutsatser</i>	31
4.6. <i>Felkällor</i>	32
Referenser	33
Litteraturförteckning	33
Tack	35
Bilaga 1	36
Bilaga 2	37

Tabellförteckning

Tabell 1. Några kända värdväxter för de undersökta anastomosgrupperna.....	14
Tabell 2. Använda isolat av <i>R. solani</i> och deras ursprung.....	17
Tabell 3. Försöksupplägget.....	19
Tabell 4. Resultatet av den nya analysen visar förekommande nematodsläkten och antal/g färsk jord i den nematodsmittade jorden. ”Start” visar antalet innan odling av ärter, ”Nematod obeh.” visar antal efter odling av ärter utan svampsmitta och ”Nematod AG 3” visar antal efter odling av ärt med smitta av AG 3.....	27

Figurförteckning

Figur 1. <i>R. solani</i> AG 5 på agarplattor.....	18
Figur 2. Inokulering av <i>R. solani</i> på vetekärnor	18
Figur 3. Uppkomst av ärter i försöksled med steril resp. nematodinnehallande jord och med tillsats av <i>R. solani</i> av olika anastomosgrupper (AG3, AG4, AG5). I stapeldiagrammet presenteras medelvärden för varje försöksled. Felstaplarna anger medelfel och bokstäverna anger Duncan gruppering, där olika bokstäver vid staplarna anger statistiskt signifikanta skillnader ($p < 0,05$, $n = 10$).	20
Figur 4. Uppkomst av ärter i steril respektive nematodinnehallande jord till vänster och uppkomst efter tillsats av olika <i>R. solani</i> AG till höger. Bokstäverna ovanför varje stapel anger Duncan gruppering.....	21
Figur 5. En representativ kruka från varje block med de olika behandlingarna. Krukorna i övre raden innehåller steril jord och nedre raden innehåller jord med naturlig nematodförekomst.....	21
Figur 6. Sjukdomsindex på ärter i försöksled med steril resp. nematodinnehallande jord och med tillsats av <i>R. solani</i> av olika anastomosgrupper (AG3, AG4, AG5). I stapeldiagrammet presenteras medelvärden för varje försöksled. Felstaplarna anger medelfel och bokstäverna anger Duncan gruppering, där olika bokstäver vid staplarna anger statistiskt signifikanta skillnader ($p < 0,05$, $n = 10$).	22
Figur 7. Sjukdomsindex på ärter i steril respektive nematodinnehallande jord till vänster och sjukdomsindex efter tillsats av olika <i>R. solani</i> AG till höger. Bokstäverna ovanför varje stapel anger Duncan gruppering.....	22
Figur 8. Tvättade rötter från en representativ kruka från varje block. Observera att alla plantor som odlats i jord med nematodförekomst var mörkare än de som odlats i steril jord. Även de karaktäristiska <i>R. solani</i> symptomen syns på bilden.	23
Figur 9. Längd på ärtskotten i försöksled med steril resp. nematodinnehallande jord och med tillsats av <i>R. solani</i> av olika anastomosgrupper (AG3, AG4, AG5). I stapeldiagrammet presenteras medelvärden för varje försöksled. Felstaplarna anger medelfel och bokstäverna anger Duncan gruppering, där olika bokstäver vid staplarna anger statistiskt signifikanta skillnader ($p < 0,05$, $n = 10$).	24
Figur 10. Ärtplantornas längd i steril respektive nematodinnehallande jord till vänster och längden efter tillsats av olika <i>R. solani</i> AG till höger. Bokstäverna ovanför varje stapel anger Duncan gruppering.....	24
Figur 11. Färskvikt av ärter i försöksled med steril resp. nematodinnehallande jord och med tillsats av <i>R. solani</i> av olika anastomosgrupper (AG3, AG4,	

	AG5). I stapeldiagrammet presenteras medelvärden för varje försöksled. Felstaplarna anger medelfel och bokstäverna anger Duncan gruppering, där olika bokstäver vid staplarna anger statistiskt signifikanta skillnader ($p < 0,05$, $n = 10$).	25
Figur 12.	Ärtplantornas färskvikt i steril respektive nematodinneållande jord till vänster och färskvikten efter tillsats av olika R. solani AG till höger. Bokstäverna ovanför varje stapel anger Duncan gruppering.....	25
Figur 13.	Torrvikten av ärter i försöksled med steril resp. nematodinneållande jord och med tillsats av R. solani av olika anastomosgrupper (AG3, AG4, AG5). I stapeldiagrammet presenteras medelvärden för varje försöksled. Felstaplarna anger medelfel och bokstäverna anger Duncan gruppering, där olika bokstäver vid staplarna anger statistiskt signifikanta skillnader ($p < 0,05$, $n = 10$).	26
Figur 14.	Ärtplantornas torrsvikt i steril respektive nematodinneållande jord till vänster och torrsvikten efter tillsats av olika R. solani AG till höger. Bokstäverna ovanför varje stapel anger Duncan gruppering.....	26
Figur 15.	Uppkomst av ärter i nematodinneållande jord utan respektive med tillsats av R. solani AG 3. I stapeldiagrammet presenteras medelvärden för varje försöksled. Felstaplarna anger medelfel och bokstäverna anger Duncan gruppering, där samma bokstäver vid staplarna anger att skillnaderna inte är statistiskt signifikanta ($p = 0,21$, $n = 5$).	27
Figur 16.	Sjukdomsindex i ärter i nematodinneållande jord utan respektive med tillsats av R. solani AG 3. I stapeldiagrammet presenteras medelvärden för varje försöksled. Felstaplarna anger medelfel och bokstäverna anger Duncan gruppering, där samma bokstäver vid staplarna anger att skillnaderna inte är statistiskt signifikanta ($p = 0,44$, $n = 5$).	28

Förkortningar

AG	Anastomosgrupp
<i>P. crenatus</i>	<i>Pratylenchus crenatus</i>
<i>P. penetrans</i>	<i>Pratylenchus penetrans</i>
R. solani	Rhizoctonia solani
Spp.	Species (arter)

1. Inledning

1.1. Bakgrund

1.1.1. Ärt

Baljväxter är en viktig komponent i en växtföljd, tack vare deras kvävefixerande egenskaper. De utgör en god förfrukt till många andra grödor, då en naturlig N-gödsling till jorden sker. I genomsnitt odlades det i Sverige år 2019 strax över 20.000 ha ärter med en medelskörd på 3300 kg/ha, vilket gör det till den mest odlade baljväxten i Sverige (Jordbruksverket, 2019). Med en vegetationstid på 110-120 dagar, för ärt till mogen skörd, möjliggör det odling i både Götaland och Svealand (Jordbruksverket, 2004). Ärt är därför en av de viktigaste grödorna som odlas i Sverige, och skörden går till både människo- och djurföda.

Tidigare odlades en areal på ca 8000 ha konservärt i Skåne och Halland, men när Findus slutade med sin produktion i Skåne 2016 sjönk arealen drastiskt. Det nybildade företaget Foodhills har numera börjat producera konservärt igen i samma område och arealen uppgår nu till ca 3000 hektar. Konservärter sås från slutet av mars till början av juni och skördas gröna från midsommar fram till början av september. På grund av den vanligt förekommande sjukdomen ärtrotträta (*Aphanomyces euteiches*) bör man ha en växtföljd där ärt inte förekommer oftare än vart 8:e år (Wikström, 2021).

1.1.2. *Rhizoctonia solani*

Rhizoctonia solani är en växtpatogen svamp som har många värdväxter bland våra vanligaste grödor, däribland stråsäd, baljväxter, rotfrukter, gräs, grönsaker och bär, och därför årligen skapar stora ekonomiska problem i odling av dessa grödor. Symptom yttrar sig ofta i form av försämrad uppkomst samt flera olika skador på grödan, vilka kan leda till en betydande skördeminskning (Marmolin, et al., 2013). Beroende på vilken värdväxt som studeras kan sjukdomen orsaka röta på plantan, skorv eller groddbrand. På ärter syns symtom huvudsakligen i form av rödfärgad groddbränna på rothalsen (Marmolin, et al., 2013). I fält kan svampen överleva flera år genom bildande av långlivade sklerotier samt genom mycel som livnär sig på växtrester i jorden (Ajayi-Oyetunde & Bradley, 2018). Svampen kan även spridas genom smittat utsäde (Hagedorn, 1984).

Då *R. solani* angriper så många olika växter och har en mycket bred skadebild, har man gjort ytterligare avgränsningar inom arten genom att dela in *R. solani* i 14 somatiskt lika anastomosgrupper, AG (Ajayi-Oyetunde & Bradley, 2018). Om hyfer från olika isolat kan sammansmälta betyder det att de tillhör samma anastomosgrupp. Vidare kan dessa AG delas upp i undergrupper baserat på likheter i patogenitet, genetiska karaktärer eller förmåga för hyferna att sammansmälta (Marcou, et al., 2021). *R. solani* är en parafyletisk grupp där olika anastomosgrupper har olika evolutionärt ursprung, vilket innebär att *R. solani* inte är en enkel art utan ett komplex av arter (Vilgalys & Cubeta, 1994). Till försöket som beskrivs i denna rapport har *R. solani* isolat av AG 3, AG 4 och AG 5 använts. Dess kända värdväxter beskrivs i Tabell 1.

Tabell 1. Några kända värdväxter för de undersökta anastomosgrupperna

Anastomosgrupp	Kända värdväxter
AG3	Potatis, tomat, bomull, tobak, majs, morot, blomkål
AG4	Raps, gurkväxter, ärt, lök, tomat, potatis, sojaböna, bomull, kål, sockerbeta, vete, sallat, bönor, morot
AG5	Potatis, sojaböna, sallat, bönor, gräsmattegräs, ärt

Källa: (Marmolin, et al., 2013) (Holmquist, 2018) (Marcou, et al., 2021 opublicerad)

AG 3 är främst känd för att göra stor skada på potatis. På potatis orsakar svampen lackskorv då mycelet bildar sklerotier på knölen, vilket försvårar försäljningen. Ett annat vanligt symptom är bruna frätskadeliknande sår på stam (groddbränna) och stoloner, vilka kan påverka knölbildningen i olika hög grad. Dessa symptom resulterar årligen i stora ekonomiska förluster och är ett stort problem inom potatisodling (Back, et al., 2006).

AG 4 beskrivs som en av de mest aggressiva anastomosgrupperna i världen i många olika grödor (Sharma-Poudyal, et al., 2015). Den vanligaste förekommande symptomen är att plantorna dör i tidigt skede (Sneh, et al., 1991).

AG 5 har nyligen rapporterats för första gången i Sverige (Marcou, et al., 2021). AG 5 uppges ge lackskorvsymptom, vissnande stjälkar och filtsjukesymptom på morot samt även orsaka groddbränna på potatis. AG 5 har även rapporterats från ärt i USA (Sharma-Poudyal, et al., 2015) och Sverige (Marcou, et al., 2021 opublicerad). AG 5 har tidigare utomlands även rapporterats angripa bönor (Sneh, et al., 1991) och vete (Woodhall, et al., 2012).

I ärtodling är AG 4 generellt känd som den mest aggressiva gruppen. Den orsakar groddbränna, röd-brunfärgning på epikoylen eller att plantorna helt enkelt dör (Hagedorn, 1984). I en undersökning av *R. solani* på ärt i USA fann man att AG 2-1 orsakade det största plantbortfallet, följt av AG 4. AG 4 orsakade störst reduktion i biomassa (Sharma-Poudyal, et al., 2015). I samma artikel från USA beskrivs AG 5 på ärt orsaka störst skada under första odlingsveckan, dvs påverka uppkomsten. AG 3 har ej rapporterats som patogen på ärt.

1.1.3. Rotsårsnematoder

Rotsårsnematoder *Pratylenchus* spp. är vanliga skadegörare i Sverige. Det är ett nematodsläkte som har en mycket bred värdväxtkrets där många av våra vanligaste grödor och även ogräs ingår. Fem arter av rotsårsnematoder påträffas vanligen i fält i Sverige (Andersson, 2018), och de arter som berörs i denna rapport är *P. penetrans* och *P. crenatus*. Rotsårsnematoderna angriper rötterna hos en planta genom att tränga sig in i roten. Detta skapar små skador på rötterna som kan synas i form av mörka långsträckta fläckar. Skadorna blottar rötterna och gör det möjligt för svamp och bakterier att enkelt ta sig in i växten. Infektionen kan leda till nekroser på rötterna vilket i sin tur kan orsaka att hela rotsystemet dör (Viketoft, 2017). Den art som gör mest skada är *P. penetrans* (Jordbruksverket, 2020).

Ett schema där man kan se nematodararter och deras värdväxter är utvecklat av Aaltje i Nederländerna, www.aaltjeschema.nl. Detta schema uppdateras kontinuerligt. Med hjälp av aaltjesschema går det att urskilja vilka grödor som *P. penetrans* och *P. crenatus* angriper, hur stor skada som orsakas, samt hur nematodpopulationen påverkas (Bilaga 1). I schemat avläses det att ärter orsakas måttlig skada av *P. penetrans*, vilket är det näst högsta skadeindexet. Det står även att nematodpopulationen gynnas av ärtodling och det sker mycket stor uppförökning. För *P. crenatus* är skadeläget i ärter okänt och nematodpopulationen faller under indexet "liten ökning".

1.1.4. Interaktioner mellan svamp och nematoder

Växtpatogena svampar och nematoder är två helt olika patogengrupper, men de har en del gemensamma värdväxter. Dessa kan interagera med varandra på flera olika sätt. En kombinerad smitta kan verka oberoende av varandra och orsaka additiv skada. Då orsakar de båda patogenerna skada hos plantan utan att varken förstärka eller försvaga varandra. Den totala skadan blir således summan av de båda skadorna ($1+1=2$). Ett annat alternativ är att det sker ett synergistiskt samband. Det innebär att patogenerna förstärker varandra och skadorna blir tillsammans större, jämfört med om man hade summerat de individuella skadorna ($1+1>2$). Det kan även ske ett antagonistiskt samband mellan patogenerna. Detta är motsatsen till en synergistisk interaktion, där patogenerna istället försvagar varandra. Den totala skadan blir alltså mindre vid kombinerad smitta, än vid additiv skada ($1+1<2$) (Back, et al., 2002). Om det är nematoderna som påverkar svampen eller tvärt om kan variera mellan olika arter. Det kan även bero på att en patogen triggar växtens immunförsvar, vilket påverkar skadan av den andra patogenen och därmed den totala skadan.

Eftersom *R. solani* och *Pratylenchus* spp. kan leva under samma förhållanden kan interaktionerna mellan dem vara intressanta att testa och undersöka. Undersökningar har gjorts där man studerat interaktionerna mellan dessa växtpatogener i potatisodling. Studierna visade på en additiv interaktion där

skadorna av de båda patogenerna adderades (Viketoft, et al., 2020). Men liknande interaktioner i ärtodling har troligen inte studerats tidigare.

1.2. Syfte och frågeställningar

Syftet med detta arbete var dels att testa patogeniteten i ärt hos isolat av *R. solani* från tre olika AG samt rotsårsnematoder och dels undersöka om det finns interaktioner mellan *R. solani* och rotsårsnematoder. Hypotesen var att skadorna av rotsårsnematoderna skulle förvärra angreppet av *R. solani*.

2. Material och metoder

2.1. Växthusförsök

Växthusförsöket utfödes i en växtkammare under kontrollerade betingelser med en temperatur på 21 °C och belysning under 15 h per dygn. Krukorna stod sorterade efter behandling i olika planteringsstråg för att undvika kontaminering och spridning mellan behandlingarna. I första hand utgjorde nematoderna en stor spridningsrisk då de lätt kan transporteras kortare sträckor via en vattenfilm som blir i samband med bevattning. Även *R. solani* kan spridas via mycel mellan krukor. Ett laboratorium med komplett utrustning fanns tillgängligt under projektets gång.

2.1.1. *Rhizoctonia solani*

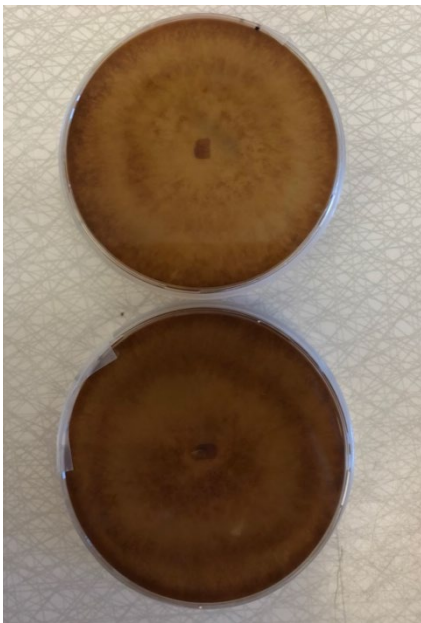
Tre olika *Rhizoctonia*-isolat användes för att jämföra deras patogenitet på ärter och för att se om de interagerar olika med nematoder. De olika isolaten har identifierats till AG 3, AG 4 och AG 5 av Universitetet i Ghent i Belgien via Mariann Wikström (Marcou, et al., 2021), se Tabell 2.

Tabell 2. Använda isolat av *R. solani* och deras ursprung

Isolat nr.	Värdväxt	Isoleringsår	Region	Anastomos-grupp	Accession nr.
RhCaES-61	Morot	2018	Östra Skåne	AG 3	MW999159
RhSbSS-17	Sockerbeta	2016	Södra Skåne	AG 4	MW999203
RhCaES-62	Morot	2018	Östra Skåne	AG 5	MW999177

För att inokulera ärterna med *R. solani* användes en modifierad version av metoden som beskrivs i Scholten et al. (2001) använts. Metoden gick i korthet ut på att vetekärnor lades i blöt över natten i fyra E-kolvar. Sedan hälldes överskottsvattnet ut och E-kolven förslöts med en bomullstuss och aluminiumfolie. Vetekärnorna autoklaverades sedan i tre omgångar tre dagar efter vartannat, i 121 °C i 20 minuter. Detta för att sterilisera vetekärnorna samt förhindra att de gror. *Rhizoctonia*-isolaten hade ympats upp på agarplattor med PDA (Potato Dextrose Agar) (Fig. 1). När

vetekärnorna hade kylts ner ympades de olika *R. solani* isolaten över från agarplattorna till vetekärnorna, och en E-kolv lämnades oinfekterad för att användas som kontroll. E-kolvorna skakades en gång om dagen för att *R. solani* skulle spridas jämnt fördelat och för att vetekärnorna inte skulle klumpa ihop sig. En vecka senare täckte mycel av *R. solani* alla vetekärnor och detta syntes i form av en tunn brun-vit mycelmatta över kärnorna, se Fig. 2. Dessa vetekärnor placerades sedan tillsammans med ärtorna i krukor av storleken 0,6 liter. Tio ärtfrön och sex vetekärnor per kruka placerades på samma djup och jämnt fördelat på ytan.



Figur 1. *R. solani* AG 5 på agarplattor.



Figur 2. Inokulering av *R. solani* på vetekärnor

2.1.2. Rotsårsnematoder

För att infektera ärtorna med nematoder användes en jord med naturlig förekomst av rotsårsnematoder. Jorden togs i ett fält utanför Löddeköpinge i Skåne där förekomsten sedan tidigare är känd och analyserad. Jorden togs där antalet rotsårsnematoder var som högst enligt de tidigare analyserna, som utfördes av ett laboratorium i Nederländerna 2020 (Bilaga 2). Det var nematoder av arten *P. penetrans* som var dominerande, följt av arten *P. crenatus*. Efter insamling av jorden analyserades den på nytt för att få uppdaterade och relevanta värden. Detta gjordes både innan och efter odlingen av ärter. Dock bestämdes nematoderna i detta fall bara till släkte, men vid jämförelse av den tidigare analysen kan man anta att det är samma arter som tidigare. Analysen gjordes av handledaren Maria Viketoft.

2.1.3. Försöksupplägg

Som kontrolljord användes steriliserad jord som tagits på samma fält. För att sterilisera jorden autoklaverades den tills den kom upp i 121 °C. Till båda jordarna tillsattes vetekärnor inokulerade med *R. solani* av de olika anastomosgrupperna enligt beskrivning i punkt 2.1.1. Tio krukor såddes per försöksled för att få ett så tillförlitligt resultat som möjligt, och i varje kruka såddes tio ärtfrön. De olika försöksleden beskrivs i Tabell 3. Den osterila jorden med naturlig nematod-förekomst benämns som ”nematodinnehallande jord”. Efter en vecka räknades uppkomsten. Efter fyra veckor tvättades rötterna och avläsningen påbörjades.

Tabell 3. Försöksupplägget

Försöksupplägg			
Negativ kontroll (steril jord)	Rhizoctonia AG 3 (steril jord)	Rhizoctonia AG 4 (steril jord)	Rhizoctonia AG 5 (steril jord)
Positiv kontroll (nematod- innehallande jord)	Rhizoctonia AG 3 (nematod- innehallande jord)	Rhizoctonia AG 4 (nematod- innehallande jord)	Rhizoctonia AG 5 (nematod- innehallande jord)

Avläsning gjordes enligt metoden som beskrivs i Persson *et al.* (1997). Plantorna graderades i sju klasser mellan 0 och 100, där 0 innebär symptomfri planta och 100 innebär död planta. Resterande mellanliggande klasser baserades på procentuellt angripen rotyta. När alla plantor graderats beräknades ett medelvärde av sjukdomsklasserna som sjukdomsindex för varje kruka. Därefter beräknades medelvärden för varje försöksled. Efter avläsningen mättes medellängden på plantorna ovan jord per kruka. Färskvikt per kruka uppmättes genom att väga både rot och skott. Efter torkning i torkskåp i 70 °C i 2 dygn och uppmättes torrvikten per kruka på samma sätt.

2.1.4. Extra försök

Under försökets gång uppmärksammades det att plantuppkomsten blev högre i det försöksled där AG 3 tillsattes jämfört med det obehandlade ledet. Eftersom detta var ett förvånande resultat, såddes delar av försöket om i mindre skala efter en vecka. I nematodinnehallande jord såddes fem krukor med tillsats av AG 3 och fem kontrollkrukor.

2.2. Statistisk analys

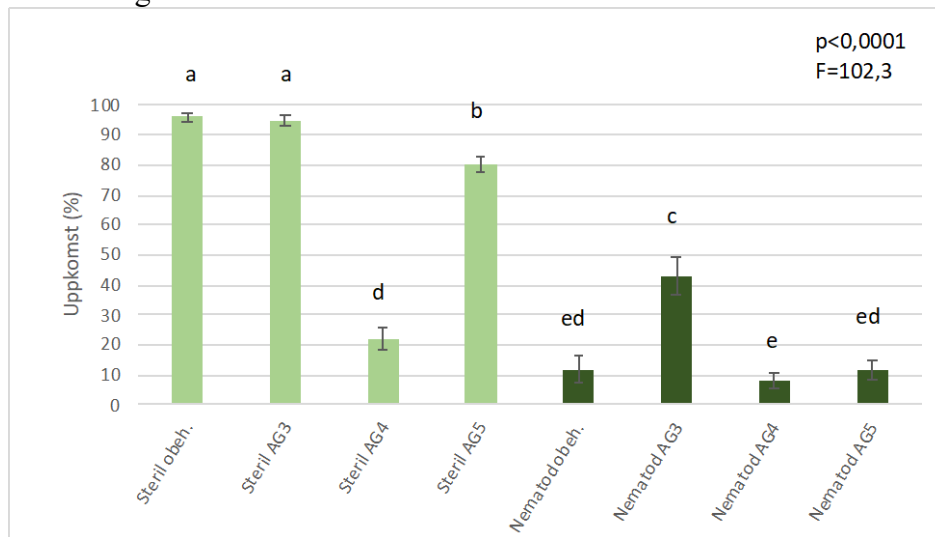
Resultaten analyserades och bearbetades statistiskt i statistikprogrammet SAS/Stat (Statistical Analyses System) med hjälp av variansanalys ANOVA och Duncan's multiple range test. Tvåvägs variansanalys användes för att analysera faktorerna jord (steril respektive nematodinnehallande) och svamp (obehandlat respektive olika *R. solani* AG). Envägs variansanalys användes för att jämföra alla separata försöksled. Signifikansnivån sattes till $p < 0,05$. I diagrammen anger bokstäverna ovanför varje stapel Duncan gruppering och medelvärden med samma bokstav är inte signifikant åtskilda.

3. Resultat

Ingen signifikant skillnad fanns mellan blocken i någon av de avlästa parametrarna uppkomst, sjukdomindex, plantlängd färskvikt eller torrsvikt. Däremot fanns statistiskt signifikanta skillnader mellan försöksleden.

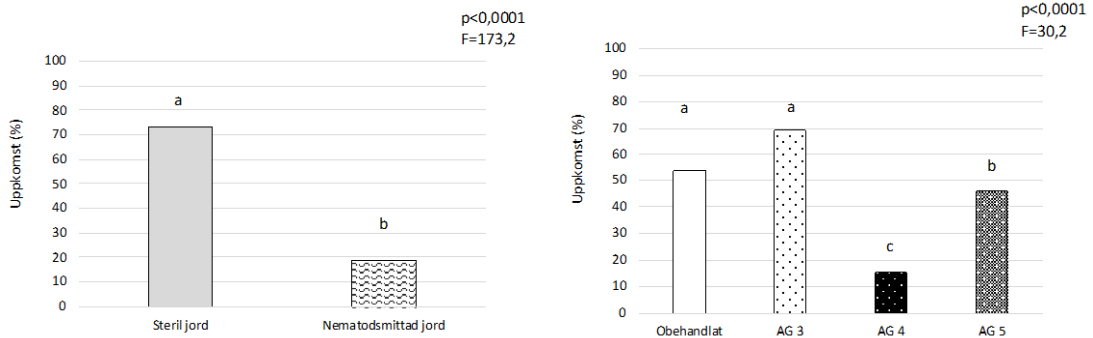
3.1. Uppkomst

I den sterila jorden resulterade AG 4 i ett kraftigt plantbortfall (Fig. 3). Även AG 5 orsakade ett signifikant lägre plantantal än i obehandlat. I den osterila jorden, med förekomst av nematoder, blev det ett kraftigt plantbortfall i alla led jämfört med den sterila jorden. Men där AG 3 hade tillsatts var uppkomsten högre än i de andra tre behandlingarna.

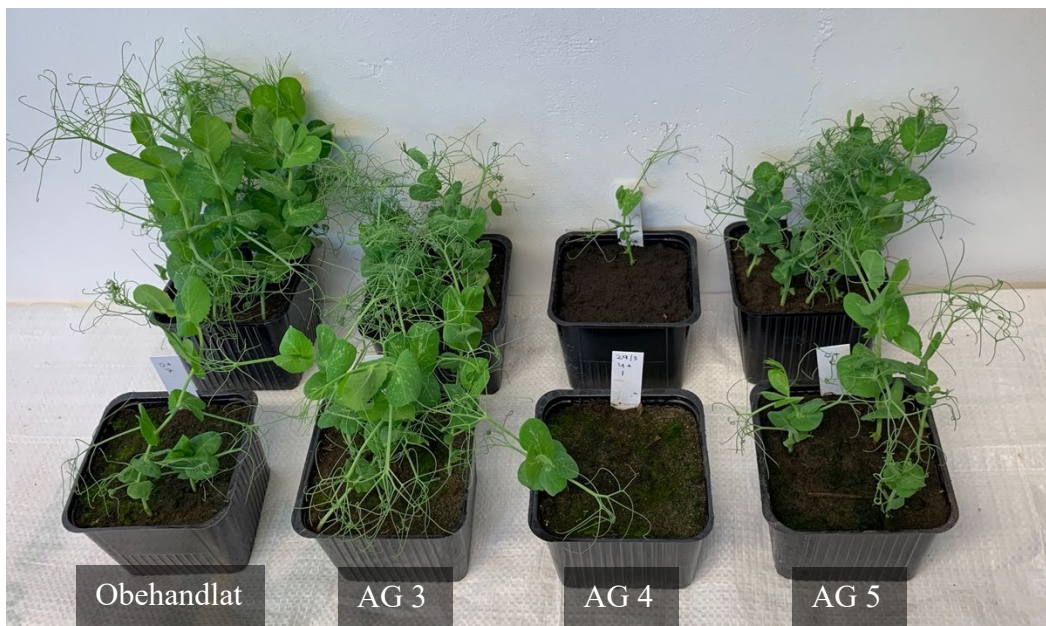


Figur 3. Uppkomst av ärter i försöksled med steril resp. nematod innehållande jord och med tillsats av *R. solani* av olika anastomosgrupper (AG3, AG4, AG5). I stapeldiagrammet presenteras medelvärden för varje försöksled. Felstaplarna anger medelfel och bokstäverna anger Duncan gruppering, där olika bokstäver vid staplarna anger statistiskt signifikanta skillnader ($p < 0,05$, $n = 10$).

När medelvärden för uppkomst i steril jord respektive nematodinnehallande jord räknades samman oberoende av svampbehandling visade resultaten att det var ett mycket kraftigt plantbortfall i den nematodinnehallande jorden, vilket troligtvis beror på stor nematodförekomst (Fig. 4 vänster). På liknande sätt beräknades medelvärden för svampangrepp oberoende av jord. Detta visade att AG 4 också orsakade ett mycket kraftigt plantbortfall (Fig. 4 höger). Även AG 5 orsakade ett signifikant lägre plantantal.



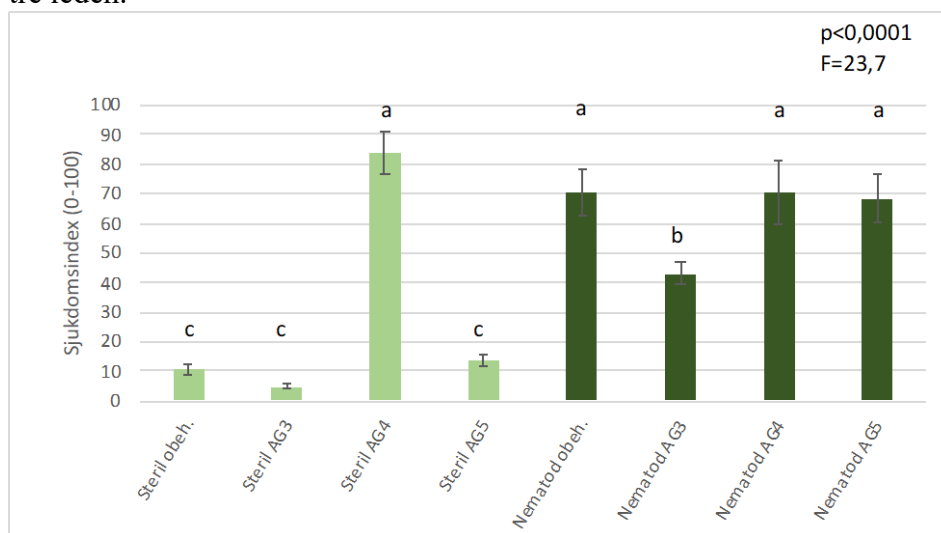
Figur 4. Uppkomst av örter i steril respektive nematodinnehallande jord till vänster och uppkomst efter tillsats av olika *R. solani* AG till höger. Bokstäverna ovanför varje stapel anger Duncan gruppering.



Figur 5. En representativ kruka från varje block med de olika behandlingarna. Krukorna i övre raden innehåller steril jord och nedre raden innehåller jord med naturlig nematodförekomst.

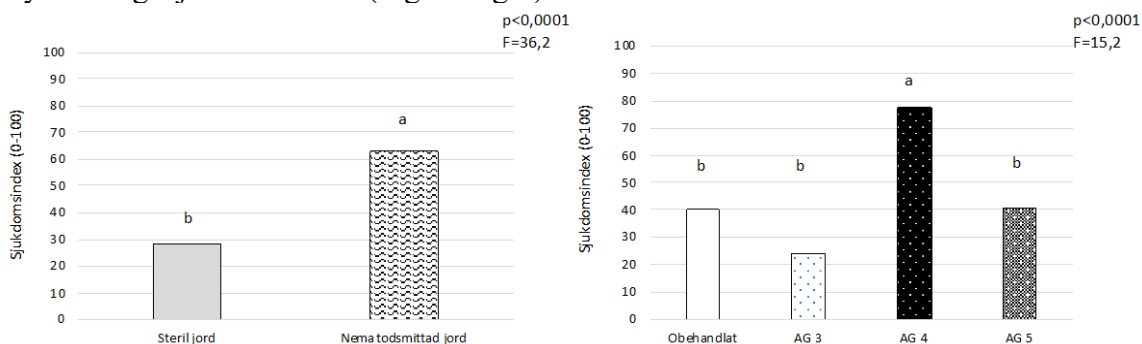
3.2. Sjukdomsindex

I den sterila jorden har AG 4 gett ett mycket högt sjukdomsindex (Fig. 6). I naturligt nematodinnehallande jord har AG 3 signifikant lägre sjukdomsindex än de andra tre leden.

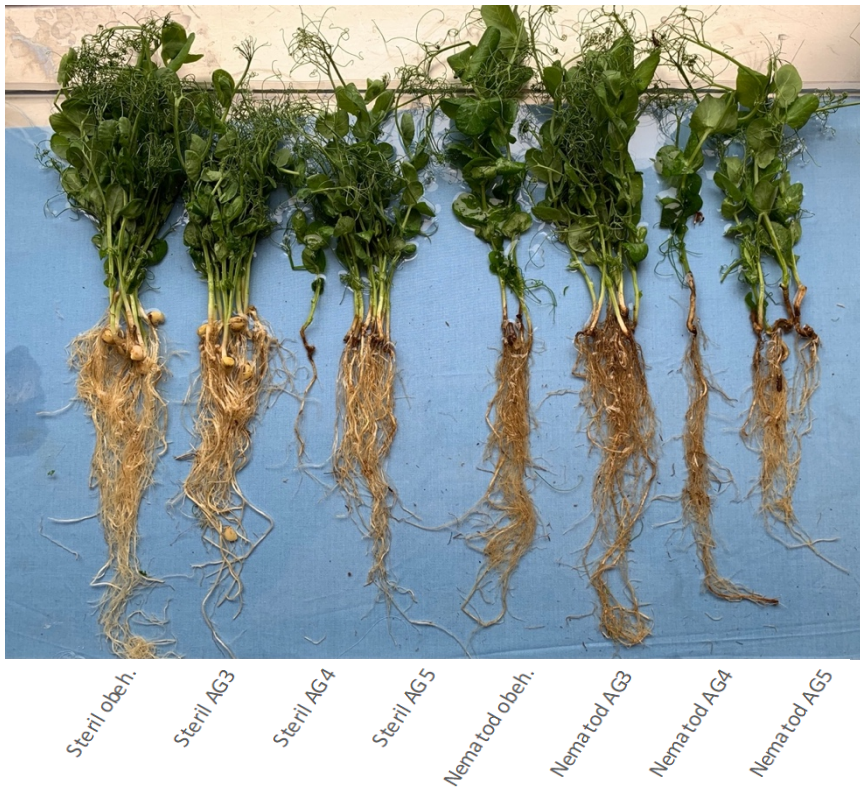


Figur 6. Sjukdomsindex på ärter i försöksled med steril resp. nematodinnehallande jord och med tillsats av *R. solani* av olika anastomosgrupper (AG3, AG4, AG5). I stapeldiagrammet presenteras medelvärden för varje försöksled. Felstaplarna anger medelfel och bokstäverna anger Duncan gruppering, där olika bokstäver vid staplarna anger statistiskt signifikanta skillnader ($p < 0,05$, $n = 10$).

När man räknade samman medelvärden för sjukdomsindex i steril jord respektive nematodinnehallande jord oberoende av svampsmitta visade resultaten på högre sjukdomsindex i den nematodinnehallande jorden, vilket troligtvis beror på stor nematodförekomst (Fig. 7 vänster). På liknande sätt beräknades medelvärden för svampangrepp oberoende av jord. Detta visade att AG 4 också orsakade ett mycket högt sjukdomsindex (Fig. 7 höger).



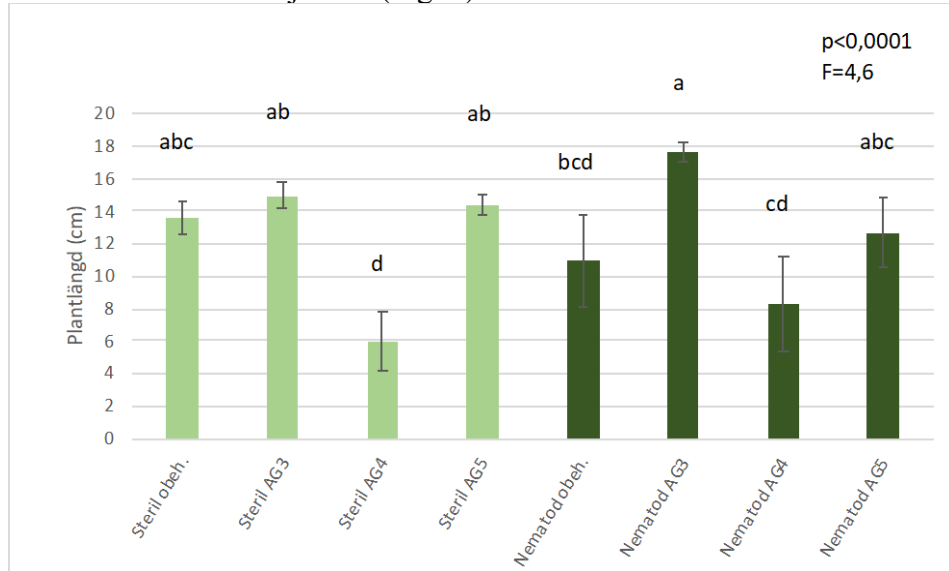
Figur 7. Sjukdomsindex på ärter i steril respektive nematodinnehallande jord till vänster och sjukdomsindex efter tillsats av olika *R. solani* AG till höger. Bokstäverna ovanför varje stapel anger Duncan gruppering.



*Figur 8. Tvättade rötter från en representativ kruka från varje block. Observera att alla plantor som odlats i jord med nematodförekomst var mörkare än de som odlats i steril jord. Även de karaktäristiska *R. solani* symptomen syns på bilden.*

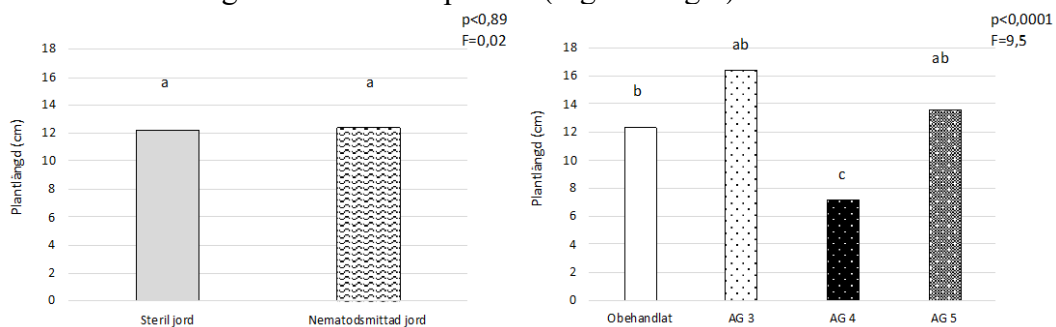
3.3. Längd

När det gäller längden på skotten har AG 4 påverkat plantorna kraftigt negativt i steril jord. Den positiva effekten av AG 3 syns även på plantlängden i den nematodinnehallande jorden (Fig. 9).



Figur 9. Längd på ärtskotten i försöksled med steril resp. nematodinnehallande jord och med tillsats av *R. solani* av olika anastomosgrupper (AG3, AG4, AG5). I stapeldiagrammet presenteras medelvärden för varje försöksled. Felstaplarna anger medelfel och bokstäverna anger Duncan gruppering, där olika bokstäver vid staplarna anger statistiskt signifikanta skillnader ($p < 0,05$, $n = 10$).

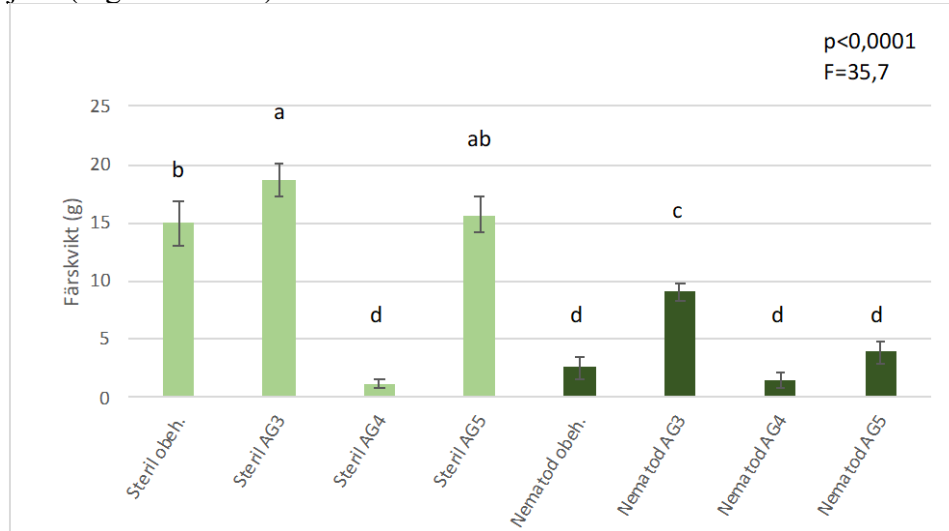
När medelvärden för plantlängd i steril respektive nematodinnehallande jord oberoende av svampsmitta räknades samman visade resultaten att det inte var någon signifikant skillnad mellan jordarna (Fig. 10 vänster). På liknande sätt beräknades medelvärden för svampangrepp oberoende av jord. Detta visade att AG 4 orsakade signifikant kortare plantor (Fig. 10 höger).



Figur 10. Ärtplantornas längd i steril respektive nematodinnehallande jord till vänster och längden efter tillsats av olika *R. solani* AG till höger. Bokstäverna ovanför varje stapel anger Duncan gruppering.

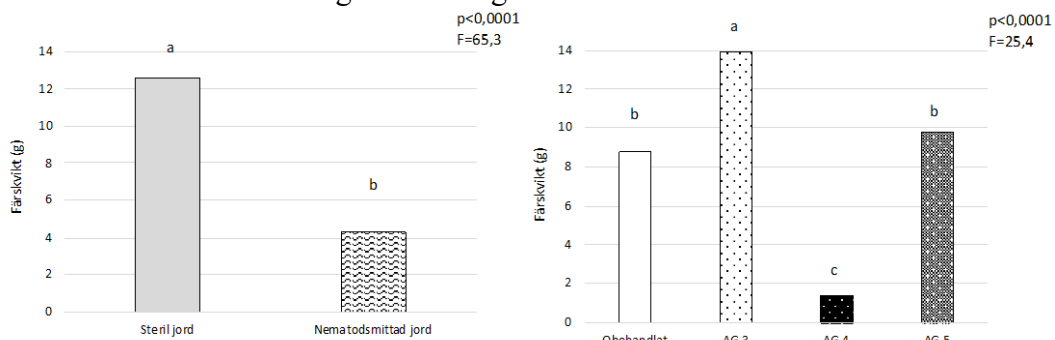
3.4. Vikt

Den kraftigt negativa effekten av AG 4 på ärter syntes även i färskvikten och torrvikten. Här syntes positiv effekt av AG 3 i både steril och nematodinneållande jord (Fig. 11 och 13).

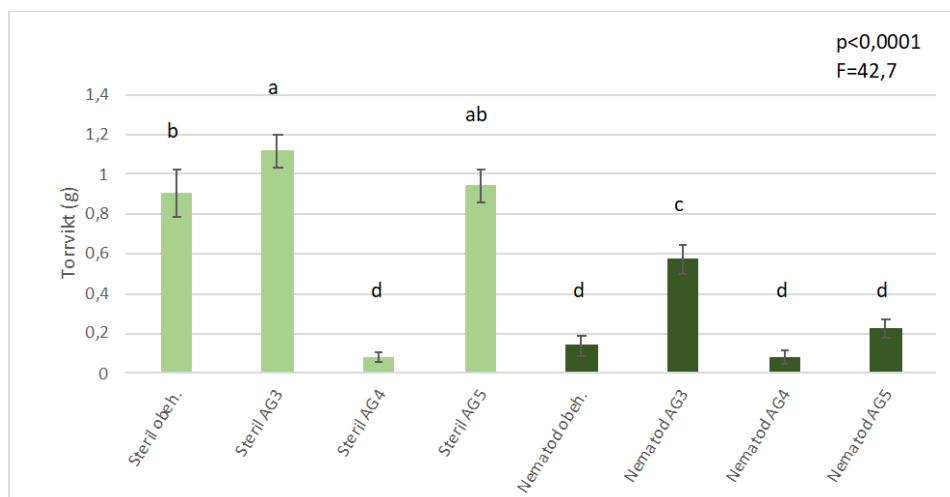


Figur 11. Färskvikt av ärter i försöksled med steril resp. nematodinneållande jord och med tillsats av *R. solani* av olika anastomosgrupper (AG3, AG4, AG5). I stapeldiagrammet presenteras medelvärden för varje försöksled. Felstaplarna anger medelfel och bokstäverna anger Duncan gruppering, där olika bokstäver vid staplarna anger statistiskt signifikanta skillnader ($p < 0,05$, $n = 10$).

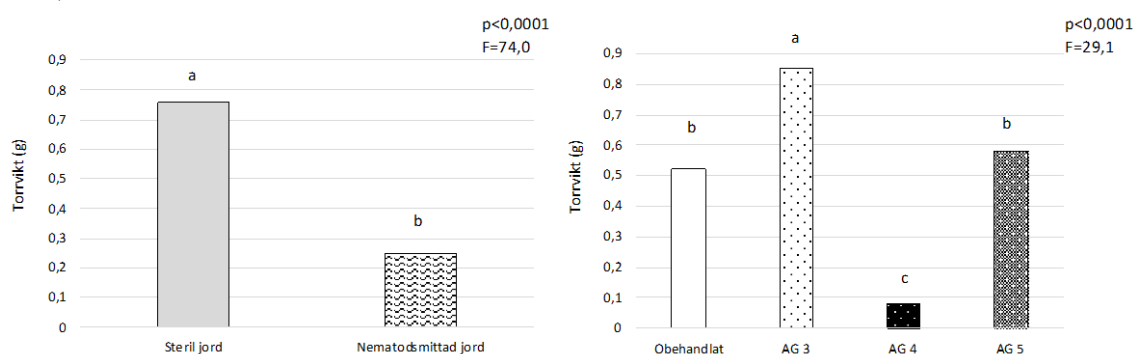
När man räknade samman medelvärden för vikt (både färskvikt och torrvikt) i steril jord respektive nematodinneållande jord oberoende av svampsmitta visade resultaten på en signifikant lägre färskvikt i den nematodinneållande jorden, vilket troligtvis beror på stor nematodförekomst (Fig. 12 och 14 vänster). På liknande sätt beräknades medelvärden för svampangrepp oberoende av jord. Detta visade att AG 4 också orsakade en mycket lägre vikt (Fig. 12 och 14 höger). AG 3 resulterade däremot i en signifikant högre vikt.



Figur 12. Ärtplantornas färskvikt i steril respektive nematodinneållande jord till vänster och färskvikten efter tillsats av olika *R. solani* AG till höger. Bokstäverna ovanför varje stapel anger Duncan gruppering.



Figur 13. Torrsvikten av ärter i försöksled med steril resp. nematod innehållande jord och med tillsats av *R. solani* av olika anastomosgrupper (AG3, AG4, AG5). I stapeldiagrammet presenteras medelvärden för varje försöksled. Felstaplarna anger medelfel och bokstäverna anger Duncan gruppering, där olika bokstäver vid staplarna anger statistiskt signifikanta skillnader ($p < 0,05$, $n = 10$).



Figur 14. Ärtplantornas torrsvikt i steril respektive nematod innehållande jord till vänster och torrsvikten efter tillsats av olika *R. solani* AG till höger. Bokstäverna ovanför varje stapel anger Duncan gruppering.

3.5. Nematodförekomst

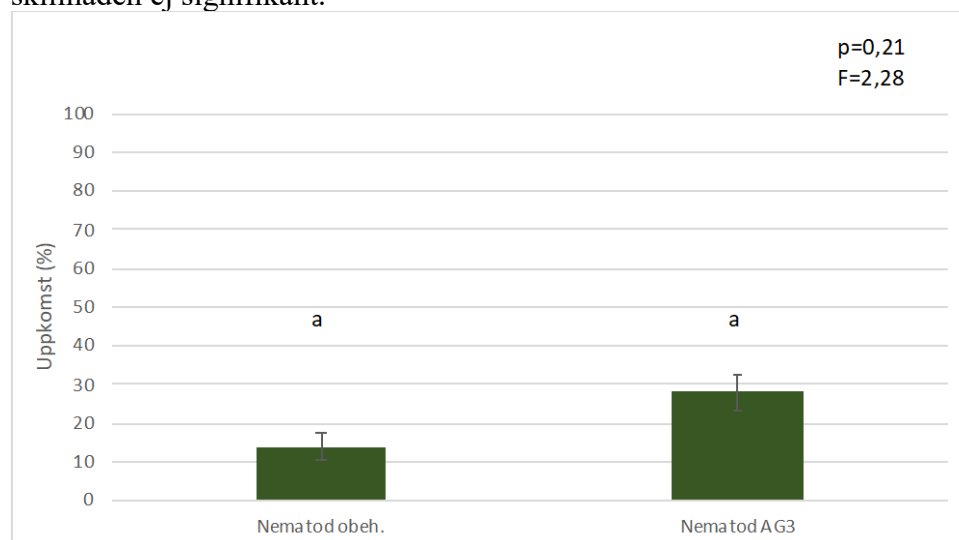
Resultat av analys av jorden visar att det naturligt förekom 19,465 nematoder per gram färsk jord i början av försöket. Efter odling av ärter utan *Rhizoctoniasmitta* hade alla arter av nematoder ökat och det totala antalet var 159,97 nematoder per gram färsk jord. I det led där AG 3 hade tillsatts hade antalet nematoder per gram färsk jord endast ökat till 63,128. De som hade ökat mest var ”övriga” oidentifierade nematoder. *Pratylenchus* spp. (rotsårsmematoder) hade ökat med 75% i jorden utan tillsats av *R. solani*. Däremot hade *Pratylenchus* spp. minskat med 72% där *R. solani* AG 3 hade tillsatts (Tabell 4). När nematodanalys gjordes av den jord som ärterna hade odlats i syntes nematoder i alla utvecklingsfaser, vilket styrker analysresultatet som visade på att nematodpopulationen hade ökat (Tabell 4).

Tabell 4. Resultatet av den nya analysen visar förekommande nematodsläkten och antal/g färsk jord i den nematodsmittade jorden. "Start" visar antalet innan odling av ärter, "Nematod obeh." visar antal efter odling av ärter utan svampsmitta och "Nematod AG 3" visar antal efter odling av ärt med smitta av AG 3

Släkte	Start	Nematod obeh.	Nematod AG 3
Tylenchorhynchus	0,597	2,138	0,393
Pratylenchus	1,766	3,083	0,491
Paratylenchus	0	0,149	0,049
Trichodorus	0	0	0,049
Aphelenchus	0,497	0,796	0,639
Aphelenchoides	2,485	5,072	0,933
Övriga	14,121	148,732	62,623
Totalt	19,465	159,97	65,128

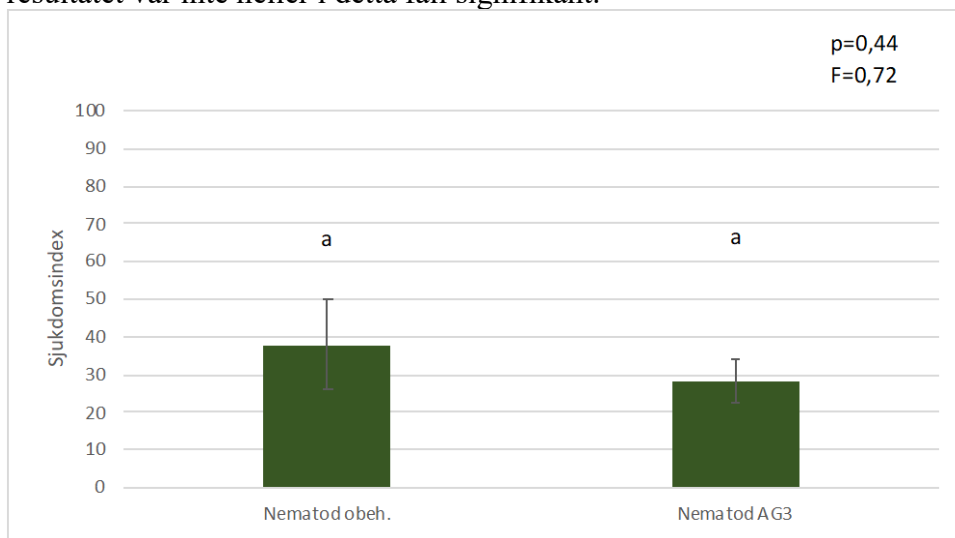
3.6. Extra försök

I det upprepade mindre testet syntes samma tendenser till högre plantantal efter behandling med AG 3 i naturligt nematodinhållande jord, men i detta test var skillnaden ej signifikant.



Figur 15. Uppkomst av ärter i nematodinhållande jord utan respektive med tillsats av *R. solani* AG 3. I stapeldiagrammet presenteras medelvärden för varje försöksled. Felstaplarna anger medelfel och bokstäverna anger Duncan gruppering, där samma bokstäver vid staplarna anger att skillnaderna inte är statistiskt signifikanta ($p=0,21$, $n=5$).

Även sjukdomsindexet tenderade att vara lägre i det AG 3 infekterade ledet, men resultatet var inte heller i detta fall signifikant.



Figur 16. Sjukdomsindex i örter i nematodinneållande jord utan respektive med tillsats av *R. solani* AG 3. I stapeldiagrammet presenteras medelvärden för varje försöksled. Felstaplarna anger medelfel och bokstäverna anger Duncan gruppering, där samma bokstäver vid staplarna anger att skillnaderna inte är statistiskt signifikanta ($p=0,44$, $n=5$).

4. Diskussion

Växthusförsöket gav resultat som både visar på variation mellan AG-grupperna samt mellan den sterila och nematodinneållande jorden.

4.1. AG 4

I den sterila jorden var AG 4 den anastomosgrupp som orsakade överlägset störst skada. Jämfört med kontrollen utan *R. solani* i den sterila jorden (negativ kontroll) orsakade AG 4 en minskning i uppkomst med 74% (Fig. 3). De få plantor som klarade sig hade alla mycket högt sjukdomsindex och således fick även detta led totalt sett mycket högre index än de andra leden i steril jord (Fig. 5). Dessa enstaka plantor var även mycket små vilket ledde till låga värden inom både längd, färskvikt och torrsvikt (Fig. 9, 11 och 13). Enligt litteraturen är AG 4 den anastomosgrupp som är mest känd att orsaka kraftig sjukdom på ärt (Hagedorn, 1984). AG 4 är känd för att orsaka groddbränna, missfärgning på epikotylen och plantdöd. Resultaten i denna undersökning stämmer väl överens med den sjukdomsbeskrivning som gjorts tidigare baserad på resultat från bland annat Sneh *et al.* (1991).

I den jord med naturlig nematodförekomst fick ärtplantorna generellt sämre uppkomst, mörkare rötter samt mindre biomassa än i den sterila jorden. Men mellan kontrollen utan *R. solani* i den nematodinneållande jorden (positiv kontroll) och det AG 4 infekterade ledet fanns inga signifikanta skillnader i någon mätpunkt. Därför kan det konstateras att skador av rotsårnematoder ej förvärras i kombination med *R. solani* AG 4 på ärt. Vid jämförelse av skadan av AG 4 i steril och nematodinneållande jord fanns inte heller några signifikanta skillnader, vilket visar att skadan av AG 4 är oberoende av nematoderna.

4.2. AG 5

I figur 3 kan man se att isolat från AG 5 i steril jord gav 15% lägre uppkomst och resultatet är signifikant åtskilt från kontrollen. Däremot hade AG 5 inte någon motsvarande påverkan på sjukdomsindex. Att AG 5 till största del visade symptom i början av testet stämmer överens med den sjukdomsbeskrivning som gjordes i artikeln skriven av Sharma-Poudyal, *et al.* (2015). I liknande undersökningar från Sverige har AG 5 orsakat lägre uppkomst och missfärgning av epikotylen (Marcou, *et al.*, 2021 opublicerad), vilket även det överensstämmer med resultaten i denna rapport. I den nematodinneållande jorden hade den positiva kontrollen och det AG

5 infekterade ledet liknande resultat i alla mätpunkter. Troligtvis hade nematoderna orsakat så pass stor skada att tillsatsen av AG 5 inte verkar ha haft någon betydelse.

4.3. AG 3

I den sterila jorden gav det AG 3 infekterade ledet liknande resultat som den negativa kontrollen. Detta både i hänsyn till uppkomst, sjukdomsindex och längd. AG 3 verkar alltså inte vara patogen alls på ärt. Detta överensstämmer med resultat som utförts och beskrivits av Sharma-Poudyal, *et al.* (2015).

4.3.1. Tillväxtstimulering?

Men ett förvånadsvärt resultat hos AG 3 i den sterila jorden var att medelvärdet av ärtplantornas färskvikt var 3,7 g högre än i den negativa kontrollen, vilket var ett signifikant resultat (Fig. 11). Även torrvikten var signifikant högre än den negativa kontrollen (Fig. 13). Enligt tidigare undersökningar finns det beskrivet att icke-patogena *R. solani* isolat kan inducera tillväxtstimulering i olika grödor. Tillväxten uttrycktes bland annat i form av ökad plantvikt (Sneh, *et al.*, 1986). Det är därför troligt att det använda isolatet av AG 3 i detta försök har fungerat som tillväxtstimulerande i ärt, och att plantvikten på så vis har ökat.

4.3.2. Interaktion mellan AG 3 och rotsårsnematoder

I den nematodsmittade jorden ser resultaten annorlunda ut. Enligt den positiva kontrollen har skador i jord med naturlig nematodförekomst uppgått till 70 i sjukdomsindex. Men i det led där AG 3 hade inokulerats sjönk indexet till 43, vilket är en minskning med 27 enheter (Fig. 6). Dessa resultat är signifikant skilda från varandra med hög säkerhet.

I nematodinnehallande jord utan svampsmitta var uppkomsten endast 12%. Försöksledet med en kombination av nematodinnehallande jord och AG 3 resulterade i en uppkomst på 43%. Det innebär att AG 3 orsakade en ökning i uppkomst med ungefär 30%, och även dessa resultat är signifikant skilda från varandra (Fig. 3). Kombinationen av jord med naturlig nematodförekomst och AG 3 behandling ledde även till att plantorna fick en signifikant högre längd (Fig. 9) och vikt (Fig. 11 och 13).

Den positiva effekten av AG 3 i jord med nematodförekomst var således återkommande i alla mätpunkter, och var signifikant skilda från den positiva kontrollen. Varken AG 4 eller AG 5 har uppvisat liknande resultat, utan det är unikt för AG 3. För att försäkra sig om att testet utfördes rätt och att ingen förväxling har skett mellan behandlingarna, gjordes ett liknande test i mindre skala. Detta för att se om samma tendenser kunde urskiljas igen. Återigen var uppkomsten lite bättre i det AG 3 behandlade ledet jämfört med den positiva kontrollen. Sjukdomsindexet var även det lite bättre. Dock var resultaten inte signifikanta, vilket skulle kunna bero på att det andra testet endast bestod av fem upprepningar. Detta upprepade försök visade alltså återigen samma tendenser som det första testet, vilket bekräftar att tidigare resultat var korrekta.

De tillväxtstimulerande egenskaperna som observerats hos AG 3 i den sterila jorden skulle kunna ha liknande effekter i den nematodinhållande jorden. Men eftersom även sjukdomsindex har sjunkit borde det finnas ytterligare någon förklaring. Eventuellt skulle AG 3 kunna fungera som antagonist mot rotsårsmematoder i ärt. I analysen av jorden syntes det att *Pratylenchus* spp. hade ökat efter ärtodling utan tillsats av *R. solani*. Däremot hade *Pratylenchus* spp. minskat med 72% i jorden där AG 3 hade tillsatts i samband med sådd av ärterna. Det styrker hypotesen om en antagonistisk interaktion mellan AG 3 och *Pratylenchus* spp.

Denna interaktion är mycket intressant och troligtvis sedan tidigare okänd, och därför bör liknande studier upprepas. Det enda liknande resultat som kunde hittas i litteraturen är försök där man undersökte effekten av *R. solani* på rotgallnematoder i tomat (Siddiqui & Shaukat, 2005). Isolat som testades var olika isolat av AG 4. Resultatet av detta visade att *R. solani* kan producera fenylättiksyra (PAA), vilket gynnar bakterien *P. fluorescens*, vilken i sin tur orsakar död av rotgallnematoden *M. incognita* (Siddiqui & Shaukat, 2005). Om något liknande har skett i denna rapport är oklart och fortsatt undersökning hade behövts för att undersöka den bakomliggande mekanismen.

Hypotesen som var att en kombinerad smitta av *R. solani* och rotsårsmematoder skulle ha en synergistisk interaktion, har inte kunnat styrkas i något resultat. Tvärtom visade resultaten istället på en antagonistisk interaktion.

4.4. Nematoder i ärt

Ett annat förvånande resultat var hur stor skada nematoderna orsakade hos ärterna. De påverkade nästan alla mätpunkter negativt vilket man kan se i de svart-vita diagrammen till vänster samt genom jämförande av ljus- och mörkgröna staplar. På plantlängden i Figur 9 syns dock inte samma tendenser, men det kan bero på att de plantor som faktiskt överlevde klarade att växa bra på höjden ändå. Enligt aaltjeschemat (Bilaga 1) orsakar *P. penetrans* måttlig skada på ärterna, men i detta fall kan man konstatera att skadorna har varit förödande. Undersökningar från USA visar att *Pratylenchus* och *Paratylenchus* kan orsaka stor skada i ärtodling (Riga, et al., 2008).

4.5. Slutsatser

- *R. solani* AG 4 är en mycket kraftig patogen som kan orsaka lika stor skada på ärtplantorna oberoende av nematodförekomst.
- AG 5 är en svagare patogen som orsakar försämrad uppkomst och missfärgning av epikotylen.
- AG 3 är inte patogen på ärt alls.
- Rotsårsmematoder kan orsaka mycket stor skada på ärtplantorna.

- En antagonistisk interaktion mellan AG 3 och rotsårsnematoder har skett i underökningen. Detta är ett helt okänt fenomen som inte kan hittas i litteraturen och som borde undersökas vidare.

4.6. Felkällor

Den negativa kontrollen resulterade i ett sjukdomsindex på 10. Detta index borde vara 0 om plantorna hade varit helt friska. En faktor som troligen orsakade detta kan vara en frösmitta som kom från ärtorna. Det fanns en del små svarta fläckar på ärtorna vid avläsningstillfället och dessa hade spritt sig lite upp på epikotylen, vilket resulterade i ett svagt sjukdomsindex. Förmodligen var detta ett svagt angrepp av *Ascochyta* spp. Samma utsäde har använts till tidigare oberoende försök utan att visa liknande symptom. För att undvika detta problem i framtida försök kan utsädet ytsteriliseras.

I framtida försök kan det vara lämpligt att använda en annan avläsningsmetod vid gradering av *Rhizoctonia*skador än den som använts i detta försök. Den använda metoden är i grunden utvecklad för symptom som visar sig på rötterna, och då *R. solani* främst orsakar skador på epikotylen kan resultatet av avläsningen bli något missvisande. Dock verkar metoden vara bra för avläsning av nematodskador på ärtrötter. Eftersom alla plantor har blivit avlästa enligt samma metod så bör resultaten vara representativa för var grupp.

Sterilisering av jorden tar inte enbart död på nematoderna, utan det tar död på alla mikroorganismer. Därför kan det eventuellt förekomma interaktioner med andra okända organismer i den osterila jorden. Det kan även påverka näringsstatusen i jorden vilket kan ge olika förutsättningar för tillväxt. Det innebär även att jorden som i denna rapport har kallats för "nematodinnehallande jord" innehåller många fler mikroorganismer än bara nematoder, men det är rotsårsnematoderna som fokus har lags på i detta arbete.

Ett alternativ till att använda naturligt nematodinfekterad jord är att odla upp nematoder under laboratorieförhållanden och att sedan tillsätta dessa i en bestämd mängd till en steriliserad jord. Men eftersom tiden var begränsad i detta arbete beslöt det att använda jord med naturlig förekomst av rotsårsnematoder.

Referenser

Litteraturförteckning

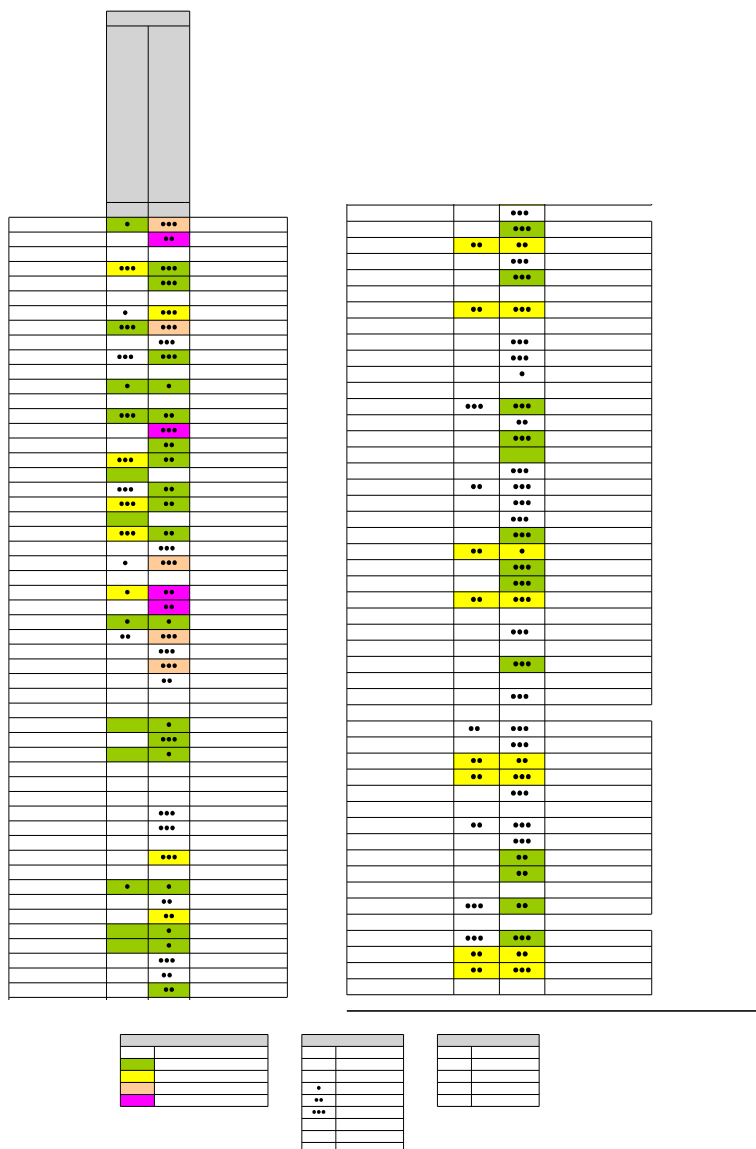
- Ajayi-Oyetunde, O. O. & Bradley, C. A., 2018. *Rhizoctonia solani*: taxonomy, population biology and management of rhizoctonia seedling disease of soybean. *Plant pathology*, Januari, Volume 67, pp. 3-17.
- Andersson, S., 2018. *Nematoder som växtskadegörare*. 1 red. u.o.: Atremi.
- Back, M. A., Haydock, P. P. J. & Jenkinson, P., 2002. Disease complexes involving plant parasitic nematodes and soilborne pathogens. *Plant Pathology*, Dec, Volume 59, pp. 683-697.
- Back, M., Haydock, P. & Jenkinson, P., 2006. Interactions between the potato cyst nematode *Globodera rostochiensis* and diseases caused by *Rhizoctonia solani* AG3 in potatoes under field conditions. *European Journal of Plant Pathology*, Februari, Volume 112, pp. 215-223.
- Hagedorn, D. J., 1984. *Compendium of Pea Diseases*. Madison (Wisconsin): American Phytopathological Society.
- Holmquist, L., 2018. *Rhizoctonia solani* and sugar beet responses. *Genomic and molecular analysis*, Uppsala: Acta Universitatis agriculturae Sueciae.
- Jordbruksverket, 2004. *Odlingsbeskrivningar Trindsäd*. [Online] Available at: http://www2.jordbruksverket.se/webdav/files/SJV/trycksaker/Pdf_ovrigt/p8_15-2.pdf [Använd 2021].
- Jordbruksverket, 2019. *Statistikdatabasen*. [Online] Available at: <http://statistik.sjv.se/PXWeb/pxweb/sv/Jordbruksverkets%20statistikdatabas/?rxid=5adf4929-f548-4f27-9bc9-78e127837625> [Använd 21 April 2021].
- Jordbruksverket, 2020. *Databasen Växtskyddsinfo Trädgård*. [Online] Available at: <https://jordbruksverket.se/e-tjanster-databaser-och-appar/e-tjanster-och-databaser-vaxter/vaxtskyddsinfo-tradgard> [Använd 2021].
- Marcou, S., Wikström M., Ragnarsson S., Persson L., and Höfte M., 2021 opublicerad. Occurrence and anastomosis grouping of *Rhizoctonia* spp. on peas in Sweden. *Journal of fungi*.
- Marcou, S., Wikström M., Ragnarsson S., Persson L., and Höfte M., 2021. Occurrence and anastomosis grouping of *Rhizoctonia* spp. inducing black scurf and greyish-white felt-like mycelium on carrot in Sweden. *Journal of Fungi*, 19 Maj, 7(396), p. 19.
- Marmolin, C., Andersson, S. & Björkholm, A.-M., 2013. *Rhizoctonia solani* i grönsakskulturer, Skara: Hushållningssällskapet.
- Persson, L., Bødker, L. & Larsson-Wikström, M., 1997. Prevalence and Pathogenicity of Foot and Root Rot Pathogens of Pea in Southern Scandinavia. *Plant Pathology*, Volume 81, pp. 171-174.

- Riga, E., Porter, L. D., Mojtahedi, H. & Erickson, D., 2008. *Pratylenchus neglectus*, *P. thornei*, and *Paratylenchus hamatus* nematodes causing yield reduction to dryland peas and lentils in Idaho. *Plant Disease*, 92(6), p. 979.
- Scholten, O. E., Panella, L. W., De Bock, T. S. & Lange, W., 2001. A greenhouse test for screening sugar beet (*Beta vulgaris*) for resistance to *Rhizoctonia solani*. *European Journal of Plant Pathology*, Februari, Volume 107, pp. 161-166.
- Sharma-Poudyal, D., Paulitz, T., Porter, L. & du Toit, L., 2015. Characterization and Pathogenicity of *Rhizoctonia* and *Rhizoctonia*-Like spp. From Pea Crops in the Columbia Basin of Oregon and Washington. *Plant Disease*, Maj, 99(5), pp. 604-613.
- Siddiqui, I. & Shaukat, S., 2005. Phenylacetic acid-producing *Rhizoctonia solani* represses the biosynthesis of nematicidal compounds in vitro and influences biocontrol of *Meloidogyne incognita* in tomato by *Pseudomonas fluorescens* strain CHA0 and its GM derivatives. *Journal of Applied Microbiology*, Volym 98, pp. 43-55.
- Sneh, B., Burpee, L. & Ogoshi, A., 1991. *Identification of Rhizoctonia species*. St. Paul, Minnesota: APS Press.
- Sneh, B., Zeidan M., Ichielevich-Auster M., Barash I., and Koltin Y., 1986. Increased growth responses induced by a nonpathogenic *Rhizoctonia solani*. *Canadian Journal of Botany*, 64(10), pp. 2372-2378.
- Wageningen University, 2020. *Aaltjesschema*. [Online] Available at: <https://www.aaltjesschema.nl/Schema.aspx> [Använd 2021].
- Viketoft, M., 2017. Frilevande nematoder – odlingens osynliga fiender. *Växtskyddsnotiser*, Volym 71, pp. 1-3.
- Viketoft, M., Flöhr A., Englund J-E., Kardell J., and Edin E., 2020. Additive effect of the root-lesion nematode *Pratylenchus penetrans* and the fungus *Rhizoctonia solani* on potato yield and damage. *Journal of Plant Disease and Protection*, Volume 127, pp. 821-829.
- Wikström, M., 2021. *Baljsväxter i växtföljden. Hur ofta kan vi återkomma med olika arter?*. Uppsala, SLU, Sverigeförsöken.
- Vilgalys, R. & Cubeta, M. A., 1994. MOLECULAR SYSTEMATICS AND POPULATION BIOLOGY OF RHIZOCTONIA. *Annual Review of Phytopathology*, Volume 32, pp. 135-155.
- Woodhall, J. W., Laurenson, L. & Peters, J. C., 2012. First report of *Rhizoctonia solani* anastomosis group 5 (AG5) in wheat in the UK. *New Disease Reports*, Volume 26, p. 9.

Tack

Stort tack till handledaren Maria Viketoft för god vägledning av arbetet och analyser av jordar. Även ett stort tack till Mariann Wikström, Agro Plantarum AB, som gjorde försöket möjligt samt för stöttning längs vägen.

Bilaga 1



Bilaga 1 är en bild av ett aaltjeschema som visar hur *P. penetrans* och *P. crenatus* interagerar med några vanliga arter inom lantbruk. De olika färgerna visar skadan som orsakas och symbolerna visar hur nematodpopulationen påverkas (Wageningen University, 2020).

Bilaga 2

Results	
Analysis	Code
Incubation method 14 days	N091
Q <i>Pratylenchus penetrans</i> (root lesion nematode)	P p 875
Q <i>Pratylenchus crenatus</i> (cereal root lesion nematode)	P cr 239
Q <i>Paratylenchus</i> spp. (pin nematode)	Pa 180
Q <i>Rotylenchus</i> (freeliving nematode)	R -
Q <i>Helicotylenchus</i> spp. (spiral nematode)	Hc 20
Q <i>Hemicylophora</i> (sheath nematode)	H -
Q <i>Meloidogyne</i> (root knot nematode)	M -
<i>Ditylenchus</i> (stem nematode)	D -
Q <i>Trichodorus</i> (stubby root nematode)	Tr -
<i>Longidorus</i> (needle nematode)	L -
<i>Xiphinema</i> (needle nematode)	X -
Q Other and Saprophytic nematodes	O + S 8670

number of nematodes per 100 ml
- = not found

- We also highlight the presence of **40 *Heterodera* spp.** (larvae of cyst nematodes) **per 100 ml of soil.** For the determination of the total of larvae and eggs and the probability to cause damage to agriculture, we need to do an extra analysis of the cyst nematodes.

Antalet är beräknat per 100 ml jord i analysen ovan. Det motsvarar följande värden per gram jord:

Pratylenchus penetrans: 5,872

Pratylenchus crenatus: 1,604

Paratylenchus spp. : 1,208

Helicotylenchus spp. : 0,134

Övriga: 58,188

Bilaga 2 visar en tidigare analys av den jord som användes i växthusförsöket. I bilagan anges antal nematoder per 100 ml jord, vilket har räknats om till antal per gram jord nedanför.