

Grödans kontra odlingssystemets effekt på frilevande nematoder

The effect of crop vs cropping system on free-living nematodes

Martin Pettersson



Agronomprogrammet mark/växt
Uppsala 2014

Självständigt arbete/Examensarbete / SLU, Institutionen för ekologi 2014:6

Grödans kontra odlingsystemets effekt på frilevande nematoder

The effect of crop vs cropping system on free-living nematodes

Martin Pettersson

Handledare: Maria Viketoft, SLU, Institutionen för ekologi

Examinator: Jan Lagerlöf, SLU, Institutionen för ekologi

Omfattning: 30 hp

Nivå och fördjupning: A1E

Kurstitel: Självständigt arbete i Biologi

Kurskod: EX0732

Program/utbildning: Agronomprogrammet – Mark/växt

Utgivningsort: Uppsala

Utgivningsår: 2014

Omslagsbild: Martin Pettersson

Serietitel: Självständigt arbete/Examensarbete / SLU, Institutionen för ekologi

Löpnummer: 2014:6

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

Nyckelord: Frilevande nematoder, Odlingsystem, Önnestad, Nematodsamhälle, Krukförsök, Säsongsprovtagning.

Sveriges lantbruksuniversitet
Swedish University of Agricultural Sciences

Fakulteten för naturresurser och jordbruksvetenskap
Institutionen för ekologi

Abstract

Nematodes are perhaps the most common animals in the world. Nematode populations can reach densities up to several millions per square meter in the soil. There are many factors which affect nematode communities in arable soil with respect to diversity and population size. Factors like tillage, crop, fertilization, nutrient status and moisture in the soil all have an impact on soil biology and in this way also have effects on the nematode community. This study is based on three different parts, soil samples taken in March 2012 and March 2013, soil samples taken monthly during the growth season of 2013 in bare fallow plots and a pot experiment. All soil samples and the soil in the pot experiment was taken from a long-term field trial in Önnestad which is located nearby Kristianstad, Sweden. The aim of this study was to investigate if cropping system or crop had the greatest effect on the abundance and diversity of nematode communities in arable soil. The hypothesis tested was that crop had a main impact on plant-feeding nematodes, especially when a non-host crop was grown or a bare fallow was establish.

The field trial in Önnestad was established in 1987 and includes 5 cropping systems (2 conventional and 3 organic) with six year crop rotations. In March 2012, soil samples were taken in the Önnestad field trial and high numbers of plant-parasitic nematodes were observed. One year later, soil samples were again taken. The samples from 2012 and 2013 differed greatly in nematode abundances, and the two years were analyzed statistically to find out if cropping system had some effect on the differences between the 2012 and 2013 samplings. There were differences between the years for some nematode families and those differences were all connected with the fact that ley was present in the crop rotation. This indicates that ley has a positive effect on some free-living nematode families.

Before the growing season of 2013, the crop rotations were reorganized because of the high numbers of plant-parasitic nematodes, especially root-knot nematodes. This resulted in plots with bare fallow in three of the crop rotations in 2013. In those bare fallows plots, soil samples were taken monthly and examined to determine how free-living nematodes were affected by this management. In this way, the free-living nematode populations were studied based on how they fluctuate during the season under bare fallow. The pot experiment that was preformed had four different crops; red clover, white clover, ryegrass and bare fallow and the soil in the pots where taken from the plots with bare fallow in the Önnestad field trial. Free-living nematodes were counted and classified after what they eat and in this way the population density of different free-living nematodes could be determined in relation to cropping system and crop.

The results and conclusions of this study are that crop rotations including ley have a positive effect on the abundance of free-living herbivorous nematodes and the nematode population density in general. This means that cropping systems have a role in the complexity and density of free-living nematode populations. The study also showed that legumes may have a positive effect on population density of free-living nematodes regardless what they eat. There is also a crop effect on the community of free-living nematodes in the pot experiment. Herbivores had a lower abundance in pots with bare fallow in contrast to pots with a crop. This clear result didn't show in the analysis of the season sampling. It's possible that bare fallow need a longer time to give this effect in practice.

Sammanfattning

Nematoder är ett av de mest vanligt förekommande djuren i världen. De kan i marken uppnå populationsdensiteter på flera miljoner individer per kvadratmeter. I jordbruksmark finns det flera olika faktorer som påverkar nematodsamhället i avseende på diversitet och populationsstorlek. Faktorer som jordbearbetning, gröda, gödsling, näringsstatus i marken samt markfukt har alla en avgörande roll för markbiologin och på detta sätt även en påverkan på markens nematodsamhälle. Denna uppsats med tillhörande försök är baserad på tre olika delar, jordprover tagna i mars 2012 respektive 2013, jordprover tagna månadsvis i svartträda i ett odlingssystemsförsök under 2013 års odlingssäsong samt ett krukförsök. Alla jordprover och all jord i försöket är tagna från ett långliggande fältförsök i Önnestad som ligger vid Kristianstad. Syftet med uppsatsen var att undersöka huruvida odlad gröda kontra odlingssystem påverkar nematodsamhället. Hypotesen som testades var att grödan har betydelse för mängden och diversiteten av nematodsamhället, och då i synnerhet för växtätande nematoder då en icke-värdväxt odlades samt svartträda var anlagd.

Försöket i Önnestad är ett odlingssystemsförsök som etablerades 1987 och som består av 5 olika odlingssystem (2 konventionella och 3 ekologiska) där alla 5 leden har 6-åriga växtföljder. I mars 2012 togs jordprover i försöket som visade sig innehålla stora mängder av växtpatogena nematoder. Ett år senare togs ytterligare jordprover som visade sig skilja dramatiskt från 2012 års prover i avseende på nematodförekomst. I denna uppsats analyserades proverna för att undersöka eventuella skillnader mellan odlingssystemen. Det visade sig att det fanns skillnader mellan åren för olika nematodfamiljer som går att förklara med att en flerårig vall finns i växtföljden. Detta indikerar att vallodling kan ha en positiv effekt för enskilda nematodfamiljer.

Inför odlingssäsongen 2013 gjordes förändringar i växtföljden i försöket i Önnestad på grund av den höga nematodförekomsten som uppdagades 2012. Det var framförallt rotgallnematodförekomsten som oroade och i tre av odlingssystemen anlades därför svartträda. I dessa svartträdor togs sedan månadsvisa jordprover för att undersöka hur frilevande nematoder påverkas av en svartträda. På detta sätt studerades även hur de frilevande nematoderna fluktuerade under en odlingssäsong i svartträda. Krukförsöket som anlades bestod av fyra grödor vitklöver, rödklöver, engelskt rajgräs och svartträda och jorden som användes till försöket kom från svartträdorna i Önnestadsförsöket. Frilevande nematoder räknades och klassificerades efter födogrupp och på detta sätt kunde populationsdensiteten av olika frilevande nematoder bestämmas i relation till odlingssystem och gröda.

Resultatet och slutsatsen av denna studie är att växtföljder som innehåller vall har en positiv effekt på växtätande frilevande nematoder och att vall generellt har en positiv effekt på olika nematoders populationsdensitet. Detta betyder att odlingssystemet har en roll i de frilevande nematodsamhällena med avseende på dess komplexitet och densitet. Studien visar även att baljväxter möjligen har en positiv effekt på frilevande nematoder oavsett vilken födogrupp de tillhör. Krukförsöket visar även att grödan har betydelse, växtätande nematoder hade en lägre populationsdensitet i krukor med svartträda i relation till krukor med gröda. Detta resultat visade sig dock inte i analysen av säsongsproverna. Det är möjligt att svartträda måste ligga under en längre tid för att ge effekt i praktiken.

Innehåll

Introduktion	6
Faktorer som påverkar nematodernas förekomst i åkermark	6
Jordens struktur och textur	6
Jordbearbetningens inverkan	7
Markfuktens och temperaturens betydelse	7
pH	8
Gödning.....	8
Mineralgödsel	8
Organiska gödselmedel.....	9
Grödans inverkan.....	9
Syftet med studien	11
Material och metod.....	11
Odlingssystemsförsöket.....	11
Tidigare nematodprovtagningar	13
Säsongsprovtagning	13
Krukförsök.....	14
Mikroskopering av nematoder.....	16
Statistik	16
Resultat	17
Tidigare nematodprover	17
Säsongsprovtagning	19
Krukförsök.....	20
Diskussion	24
Slutsats.....	28
Tackord.....	29
Källor.....	30

Introduktion

Nematoder eller rundmaskar är en av de djurgrupper som är mest förekommande på vår planet. De finns överallt i olika habitat såsom i hav, sjöar och på land. I marken står nematoderna för en viktig del av markfaunan och kan komma upp i flera miljoner individer per m².

För att lättare förstå och kartlägga nematodpopulationens roll i odlingsmarken och hur de påverkas av yttre störningar kan nematoderna delas in i olika födogrupper (Yeates *et al.* 1993): växtätare/herbivorer, svampätare/fungivorer, bakterieätare/bakterivorer, allätare/omnivorer samt rovnematoder/predatorer. Nematoder delas in i grupperna utifrån deras morfologi och mundelar. Karaktärsdrag hos växtätare är att de har en tydlig muntagg (stylet) som används för att penetrera växtceller, men även svampätare har en muntagg som dock inte är lika tydlig. Bakterieätarna har en tubformad mundel som används för att suga åt sig bakterier medan predatorerna kan ha en muntagg eller tänder. Omnivoreerna som är allätare har en mundel som karaktäriseras av en tydlig tand (spear) (Viketoft, 2007). Hur förhållandet mellan olika födogrupper ser ut i en odlingsjord beror på ett komplext samband mellan flertalet olika faktorer.

I marken rör sig nematoder i den vattenfilm som återfinns runt aggregatstrukturer och andra partiklar. Utöver markens fysikaliska egenskaper är även markens biologiska förutsättningar och egenskaper viktiga då detta påverkar nematodpopulationernas artsammansättning utifrån tillgång på föda. Detta avspeglar sig även i att koncentrationen nematoder i odlingsmark är som störst på djup ner till 15 cm (Yeates & Bongers, 1999). Denna uppsats består dels av en litteraturstudie som överskådligt redogör för de olika faktorer som påverkar nematodsamhället i åkermark, dels av resultat från egna undersökningar rörande effekt av gröda och odlingssystem på nematodsamhället. Dessa egna undersökningar utgörs bland annat av analys av äldre jordprover tagna i ett odlingssystemsförsök vid samma tidpunkt fast två olika år. I samma odlingssystemförsök gjordes även kontinuerliga säsongsprövar under odlingssäsongen 2013 samtidigt som ett krukförsöks anlades för att utröna grödans effekt jämfört odlingssystemets effekt på nematodsamhället. Sammantaget skall denna uppsats ge en bild av hur nematodpopulationer påverkas i en odlingsjord utifrån hur den brukas och hur olika brukande påverkar nematodsamhällets sammansättning.

Faktorer som påverkar nematodernas förekomst i åkermark

Jordens struktur och textur

Andelen porer av den storlek som kan utnyttjas som habitat för nematoder blir mindre ju finare jordtexturen blir. Även om nematoder har en viss möjlighet att kunna tränga sig igenom passager med mindre diameter än de själva råder det inget tvivel om att struktur och textur på jorden spelar roll för nematodförekomsten, då främst för långa nematoder (Jones, 1969). En finare jord eller en

jord med sämre struktur kan tvinga nematoderna att använda längre och slingrigare vägar fram till födan, vilket i sin tur påverkar nematodernas födosökseffektivitet negativt (Andersson *et al.*, 1997). I jordar med finare textur kan även mikroberna tänkas sitta mer svåråtkomligt för bakterieätande och svampätande nematoder. Detta påverkar då i sin tur födoeffektiviteten ännu mer negativt (Neher, 2010). Det är dock svårt att dra stora slutsatser angående hur en jords textur och struktur påverkar nematodpopulationen, eftersom försöken gjorda inom ämnet ofta är gjorda på odlingsjordar. Detta medför att det är svårt att skilja grödans och odlingsåtgärdernas effekt från texturen och strukturens roll (Yeates, 1999).

Jordbearbetningens inverkan

Vid jordbearbetning ökar andelen porer som nematoder kan utnyttja som habitat, detta gäller såväl grövre som finare jordar (Jones, 1969). Men med ett ökat brukande tenderar nematoddiversiteten att minska till följd av den fysiska störningen som sker vid en bearbetning samt att kvantiteten och kvaliteten på det organiska materialet som återförs till marken påverkas (Yeates & Bongers, 1999).

Det finns tvetydiga resultat angående jordbearbetningens effekt på nematoder. Freckman & Ettema (1993) visade att den totala nematodförekomsten endast i liten utsträckning påverkades av olika jordbearbetningssystem. De visade även att bakterie- och svampätare tenderade att minska i de led som inte jordbearbetades, vilket överensstämmer med Yeates (1999) som hävdade att antalet bakterieätare alltid ökar med ökat brukande. Denna teori stärks ytterligare av ett försök som visar att bakterieätare och svampätare stimuleras vid jordbearbetning medan växtätare, predatorer och omnivorer tycks hämmas av detsamma (Sánchez-Moreno *et al.*, 2006). I motsats till detta finns försök som visar att den totala nematodmängden är större i icke jordbearbetade system kontra konventionellt jordbearbetade och i samma försök påvisas även att bakterieätande nematoder var fler till antalet i de icke jordbearbetade leden (López-Fando & Bello, 1995). Jordbearbetningens effekt på nematodpopulationen och övriga markfloran och faunan är komplex. Bland fördelarna för nematoderna finns bl.a. förutom tidigare nämnda ökning av porvolym också bättre genomrotning. Nackdelar för nematoderna förutom den faktiska mekaniska störningen skulle kunna tänkas vara mindre ogräs vilket påverkar antalet möjliga värdväxter (Barker & Koenning, 1998).

Markfuktens och temperaturens betydelse

Markfukten är som tidigare nämnts av betydelse för nematoder då det gäller deras förmåga till förflyttning i marken (Yeates & Bongers, 1999). Det har dock även visat sig att markfukten tycks ha betydelse för enskilda nematodarters populationsdensitet (Bakonyi & Nagy, 2000). Försök gjorda i Nya zeeländska betesmarker visar att andelen bakterieätande nematoder ökade med högre markfuktighet, oberoende av om markfukten ökade genom nederbörd eller genom bevattning (Yeates, 1999).

Påverkan av markfukt på växtparasitära nematoder beror på hur de angriper plantan. Endoparasitära arter som snabbt går in i plantmaterialet påverkas efter angreppet inte av markfukten, medan ektoparasitära arter som enbart angriper yttre delen av plantmaterialet påverkas. Därmed kan nederbörden tänkas vara av större betydelse för ektoparasitära än endoparasitära växtätare (Jones, 1969). I

övrigt kan man konstatera att markfukten och temperatur, förutom att den påverkar nematodernas rörelseförmåga och växtätarnas rotpenetration, också är väsentlig för deras äggkläckning (Wallace, 1966). Rent generellt tycks det som att temperaturen har störst betydelse på nematodsamhällets artsammansättning jämfört med markfukten (Bakonyi & Nagy, 2000).

pH

Hur nematodsamhället reagerar på pH-svängningar är delvis beroende av vilka arter av nematoder som samhället består av. Det har visast sig att olika nematodararter kan tolerera större pH svängningar än andra arter (Korthals *et al.*, 1996; Burns, 1971). Det är dock möjligt att ett ändrat pH i marken kan leda till att tungmetaller löses ut i markvätskan vilket är giftigt för nematoderna (Korthals *et al.*, 1996). Vid en liten kontaminering av tungmetaller såsom koppar påverkas inte nematodpopulationerna nämnvärt, men vid högre grad av kontaminering sker dock förändringar i nematodpopulationerna då de olika födogrupperna reagerar olika (Yeates & Bongers, 1999; Georgieva *et al.*, 2002). Resultat visar också att nematodpopulationerna antagligen också påverkas indirekt av koppars och pH:s inverkan på växtligheten (Korthals *et al.*, 1996).

Gödsling

Mineralgödsel

Växtnutskvalitets kvalitet påverkar nematodsamhället, därmed påverkar gödslingen nematoderna. Gödslingens effekt på växtnutskvalitets beror på flertalet faktorer såsom klimat, skadegörare, markkemi och sortmaterial, samtidigt som gödslingen kan tänkas medföra ökad rottillväxt och ökat näringsupptag som kan kompensera för växtparasitära nematoders skador på plantan. Vid försök där man studerat gödslingens effekt på nematodpopulationerna måste man ta hänsyn till gödningens effekt på växtligheten. Det är därför inte osannolikt att nematodsamhället ökar som en följd av ökad tillgång av föda (Yeates, 1987).

Sarathchandra *et al.* (2001) drog slutsatsen att kvävetillförsel i stor mängd framför allt genom urea minskar den funktionella diversiteten i mikrofloran och nematodpopulationen. Detta antyder att kvävetillförsel har en påverkan på strukturen och förhållandena mellan markens levande organismer. Svenska försök angående total nematodförekomst under korn (*Hordeum vulgare*) som var ogödslad eller gödslad, visade att nematoderna var flertaligare i de gödslade försöksleden (Sohlenius *et al.*, 1988). Andelen bakterieätande och svampätande nematoder tycktes öka vid ökad tillgång på kväve enligt försök gjorda av Renčo & Kváčik (2012). Rörande kvävet påverkan på växtätande nematoder är resultatet varierande. Kväve som tillfördes i form av $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ tryckte signifikant tillbaka havrecystnematoden (*Heterodera avenae*) (Juhl, 1981), och rotgallnematod (*Meloidogyne* spp.) finns i större utsträckning i ogödslad jämfört med gödslad jord (Sarathchandra *et al.*, 2001). Däremot var *Pratylenchus* och *Paratylenchus* mer förekommande i gödslade led än i ogödslade (Sarathchandra *et al.*, 2001), och Mahmood & Saxena (1980) visade att ökad kvävegiva ökar antalet växtätare, men sätts det i relation till den ökande rottillväxten vid gödsling blir det en minskning av antalet nematoder per gram rötter.

Fosfor tycks inte ha lika stor betydelse för strukturen och förhållandena mellan markens levande organismer som kvävet (Sarathchandra *et al.*, 2001). Ändå visar försök att andelen honor av havrecystnematoden ökar med ökad fosforgiva (Simon & Rovira, 1985), liksom populationen av ektoparasiten *Pratylenchus*. *Pratylenchus* har även visat sig öka i antal vid ökad kaliumgödsling (Badra & Yousif, 1979), och kalium har även visat sig ha en påskyndande effekt på utveckling av rotgallnematoden *Meloidogyne incognita* (Otiefa, 1953). Kaliumgödsling tycks alltså ha en viss positiv effekt på nematodsamhället, detta kan tänkas bero på att kalium har en betydande effekt på rottillväxten samt miljön runt rötterna (Badra & Yousif, 1979).

Organiska gödselmedel

Tillförsel av organiskt gödselmedel såsom grüngödsling, slam och kompost påverkar markfaunan genom en rad olika faktorer såsom ökade näringsvärden i marken och förbättrad struktur. I försök gjorda av Renčo & Kváčik (2012) visade det sig att stallgödsel med en högre andel ammoniumkväve hade en negativ inverkan på växtparasitära nematoder. Däremot ökade bakterieätare och svampätare i led där stallgödsel tillfördes jämfört med obehandlade led. Dessa resultat stärks ytterligare genom resultatet av ett annat gödslingsförsök där bakterieätare och omnivorer ökade i antal medan växtparasitära nematoder visade tendens till minskning och svampätare tendens till ökning vid spridning av stallgödsel (Nahar *et al.*, 2006).

Effekten av kompost och grüngödsling på växtparasitära nematoder är tvetydig, det tycks som att effekten är starkt förknippad med hur kvalitén på det ursprungliga materialet är, t.ex. näringsinnehåll. Det har visat sig att tillförsel av kompost och grüngödsel kan leda till en ökning av antalet växtätare. Däremot kan man dra slutsatsen att tillförsel av organiskt material som bildar för nematoderna giftiga substanser eller syrefria förhållanden har en negativ effekt på nematoderna. Giftiga substanser kan vara de organiska syrorna och ammoniaken som kan tillförs marken vid slamspridning eller vid användning av BDS, bioångning (Thoden *et al.*, 2011). Tillförsel av gödsel från nötkreatur tycks ha en positiv effekt på nematodpopulationen då det i försök visat sig att nematodantalet signifikant steg med ökande giva från 0-40 ton ha⁻¹ (Moradi *et al.*, 2013). Huruvida denna ökning kommer av att endast en födogrupp gynnas eller att det är en generell ökning av nematoder framgår ej. Det har dock visat sig att andelen bakterier i markfloran snabbt ökar vid tillförsel av gödsel och slam (Opperman *et al.*, 1989). Som en följd av ökad mängd bakterier skulle en ökad densitet av bakterieätare inte vara helt oväntad (Opperman *et al.*, 1993). Både bakterie- och svampantagonister till nematoder gynnas av en ökad mängd organiskt material i markprofilen, dock krävs det tid att öka antalet antagonister till den nivå där de skadar nematodpopulationerna nämnvärt. Detta kan inte uppnås med en engångsgiva av organiska tillsatsmedel (Thoden *et al.*, 2011).

Grödans inverkan

Att grödan har en stor påverkan på de nematodarter som är herbivorer kan tyckas självklart. Många av de växtätande arterna har dessutom en begränsad värdväxtkrets, t.ex. potatiscystnematoderna (*Globodera rostochiensis* och *G. pallida*) eller betcystnematoden (*Heterodera schachtii*) (Yeates & Bongers, 1999). Om dessa arter inte har tillgång till sina värdväxter kommer det i längden

leda till att de dör (Chen *et al.*, 2004). Dessa arters populationstäthet är således starkt korrelerade till vilken gröda som odlas (Yeates, 1999). Dessa värdspecifika nematoder kan ge upphov till ekonomiska kännbara skördeminskningar för odlaren (Yeates & Bongers, 1999). Inom födogruppen växtätare återfinns även typer av nematoder som är mindre kopplade till specifika grödor (Yeates *et al.*, 1993) och också orsakar mindre ekonomiska förluster i form av skördeminskning (Yeates, 1999). I kombination med en viss gröda och vissa markförhållanden kan dock även dessa nematoder orsaka skador av ekonomisk betydelse (Yeates, 1999).

Effekten av gröda varierar också mellan de olika födogrupperna. Växt-, bakterie- och svampätare påverkades i större omfattning av baljväxter, gräs och örter än vad predatorer gjorde (Wardle *et al.*, 2003; Viketoft *et al.*, 2005). Bakterieätande nematoder förekom i större mängd under baljväxterna, såsom rödklöver (*Trifolium pratense*) och vitklöver (*T. repens*) jämfört med gräsen, däribland engelskt rajgräs (*Lolium perenne*) (Wardle *et al.*, 2003). Ytterligare konstaterades att under rödklöver återfanns mindre en andel bakterieätande nematoder än under vitklöver, liknande förhållanden kunde antydans angående predatorer. Viketoft *et al.* (2005) såg främst en ökning av snabbväxande bakterieätare under baljväxter medan övriga bakterieätare förekommer mer jämnt under andra växtsläkten såsom gräs.

Enligt Wardle *et al.* (2003) fanns det även en antydans till att herbivorer var mer flertaliga under *T. pratense* än *T. repens*. Townshend & Davidson (1989) kom fram till att den växtätande nematoden *Paratylenchus projectus* fanns i större utsträckning under *T. repens* än *T. pratense*. Att de växtätande nematoderna ur släktet *Paratylenchus* tycks föredra vitklöver konstateras även av Viketoft *et al.* (2005). Även Sohlenius *et al.* (1987) visade i sina försök att växtätare tycks föredra baljväxter före gräs. I samma försök återfanns även en större mängd bakterieätare under baljväxterna medan svampätare och omnivore/predatorer tycktes vara mer frekvent förekommande under gräset.

Det är också en skillnad i om grödan är årenu eller perenn. Neher & Campbell (1994) fann att växtparasitära nematoder störs mer i årenuella grödor än i perenna. Detta kan tyckas logiskt utifrån det faktum att perenna grödor brukas mer intensivt och därmed mer liknar ett ostört naturligt habitat än den årenuella grödan. I samma studie fastställdes även att kvoten mellan svampätare/bakterieätare är större i perenna grödor än årenuella. Detta antyder då att svampätarna var till antalet fler i perenna grödor än årenuella. De perenna grödornas mer omfattande och mer långlivade rotsystem gynnar en större markfauna och därigenom också nematoder tillhörande födogrupperna omnivorer och predatorer (Neher, 2010). Under ett svenskt försök som låg under fem år konstaterade Sohlenius *et al.* (1987) att antal nematoder av vissa släkten t.ex. *Paratylenchus* höll en mer jämn nivå i de årenuella systemen än i de perenna systemen där de hade större fluktuationer mellan försöksåren. I samma försök konstateras att perenna odlingsystem i genomsnitt hade en större nematoddensitet än årenuella odlingsystem.

Effekter på frilevande nematoder av att en svartträda anläggs är rent generellt en reduktion i populationsdensiteten. Effekten av en svartträda har varierande effekt på olika nematodsläkten. Detta antyder att det kan vara nödvändigt att en svartträda måste kvarstå över en relativ lång tid för att ha önskad effekt (Stirling *et al.*, 2001).

Syftet med studien

Utifrån dessa olika faktorer som nämnts ovan skapas de förutsättningar som bestämmer artsammansättningen och individantalet i ett nematodsamhälle i åkermark. Syftet med denna studie var att undersöka hur nematodsamhället sammansättning påverkas av grödan och odlingssystemet. Detta gjordes genom ett krukförsök med olika grödor odlade i jord insamlad från tre olika odlingssystem i ett långliggande odlingssystemförsök. I studien ingick även att studera populationssvängningarna av nematoder under växtsäsongen i svartträda som ett försök att sanera odlingsmark från skadliga växtparasitära nematoder. I arbetet ingick också att analysera nematoddata från tidigare nematodprovtagningar i odlingssystemförsökets samtliga behandlingar.

Frågor som studien försöker svara på:

- Är effekt av grödan som odlas av större betydelse än odlingssystemet?
- Kan svartträda reducera populationerna av växtparasitära nematoder?
- Sker det en successiv nedgång i växtparasitära nematoder under växtsäsongen i svartträda?

Material och metod

Odlingssystemsförsöket

Sedan 1987 har Hushållningssällskapet i Kristianstad bedrivit odlingssystemsförsök i Önnestad. Försöket är uppbyggt av tre ekologiska och två konventionella sexåriga växtföljder och syftet var till en början att spegla effekten av omläggningen till ekologisk produktion. Under årens lopp har man även studerat skillnader mellan biodynamisk, ekologisk och konventionell produktion i försöket. I dagens läge ligger fokus på att utveckla de olika odlingssystemen mot en hållbar produktion. I Önnestad har på senare tid en nematodproblematik uppstått vilket har lett till att inför kommande sex-åriga omloppstider kommer fokus även att ligga på nematodproblemen.

Försöket i Önnestad är beläget i anslutning till Önnestadgymnasiet och ligger ca en mil nordväst om Kristianstad (N 56° 3,320', E14° 1,745'). Försöket består av 30 rutor, 12 m x 15 m, och består som tidigare nämnts av fem olika odlingssystem (för växtföljder se *Tabell 1*):

- A. Konventionell, kreaturlös med traditionella lantbruksgrödor samt grönsaker och klöverfrö (skörderester nedplöjes).
- B. Konventionell, kreaturlös med traditionella lantbruksgrödor
- C. Ekologisk, kreaturlös med traditionella lantbruksgrödor, grönsaker och tillförelse av biogasrötrest producerad inom systemet.
- D. Ekologisk med kreatur och traditionella lantbruksgrödor
- E. Ekologisk, kreaturlös med traditionella lantbruksgrödor, grönsaker, klöverfrö samt inköpt växtnäring (skörderester nedplöjes).

Tabell 1. Växtföljder i Önnestadförsöket gällande från odlingssäsong 2013.

År	Led A Konv.	Led B Konv.	Led C Eko.	Led D Eko.	Led E Eko.
1	Svartträda (tidigare morötter)	Rödbetor	Vårkorn	Rödbetor	Vårkorn
2	Plantlök	Havre	Svartträda (tidigare morötter)	Havre/ärt+ insådd rajgräs	Svartträda (tidigare morötter)
3	Potatis	Potatis	Plantlök	Potatis	Gröngödsling (havre + fodervicker)
4	Råg+ Insådd	Korn+ insådd ¹	Havre	Korn+ insådd ³	Plantlök
5	Vitklöver (tidigare rödklöver)	Fodervall I ¹	Biogasvall I ²	Fodervall I ³	Råg+insådd
6	Vårkorn (tidigare rödbetor)	Fodervall II ¹	Biogasvall II ²	Fodervall II ³	Vitklöver

¹ Slåttervall Vit Skånefrö ²20 % vitklöver, 20 % engelskt rajgräs, 30 % timotej, 30 % hybridrörsvingel ³Slåttervall Vit EKO Skånefrö

Utifrån den höga förekomsten av rotgallnematoder (*Meloidogyne hapla*) gjordes justeringar i växtföljden inför odlingssäsongen 2013. Detta resulterade i att morötter togs bort och ersattes med svartträda, rödklöverfrövallen ersattes med vitklöverfrövall samt att rödbetorna i led A ersattes med vårkorn (*Tabell 1*). Det faktum att svartträda infördes i A, C och E leden gjorde det möjligt att ta ut större jordvolym som jordprov utan att påverka det pågående odlings-systemsförsöket allt för mycket. Jordarten på provtagningsplatsen definieras som en måttligt mullhaltig till mullrik lerig sand och det är således även denna jordart som återfinns i krukförsöket. Mullhalten för odlings-systemsförsöket i Önnestad fastställdes 2005 till 6,1 % i matjorden samt 1,3 % i alven (medeltal för alla led). Övrig växt-näringsstatus samt mineralisering presenteras i *Tabell 2*.

Tabell 2. Växt-näringsstatus, mineralisering samt pH enligt Eurofins 2012-11-14 för rutorna med svartträda under odlingssäsongen 2013 i Önnestad försöket.

	A14	C7	E13
pH (H ₂ O)	7.1	6.4	6.9
P-AL (mg/100g lufttorrjord)	21	9.6	13
P-HCl (mg/100g lufttorrjord)	110	91	72
P-AL Klass	V	IVA	IVB
P-HCl Klass	V	V	IV
K-AL (mg/100g lufttorrjord)	16	9.2	4.6
K-HCl (mg/100g lufttorrjord)	68	51	43
K- AL Klass	III	III	II
K-HCl Klass	II	II	I
Cu-HCl	9.1	8.3	5.3
Ammonium-N (kg/ha)	8.5	4.8	4
Nitrat-N (kg/ha)	78.3	34.3	34.1
Summa mineral-N (kg/ha)	86.9	39.1	38.2

Tidigare nematodprovtagningar

Under mars 2012 togs prover i samtliga försöksrutor i odlings-systemsförsöket i Önnestad. Provtagningen gjordes med hjälp av en jordborr (diam. 2,5 cm) till ett djup av 25 cm. Proverna togs i ett W mönster i varje ruta. På detta sätt blev provtagningen representativ för hela rutan. Proverna skickades för analys till nematodlaboratoriet i Alnarp, för bestämning av förekomst av rotgallnematoder, stubbrotsnematoder, rotsårsnematoder och nålnematoder. Hela provtagningsproceduren upprepades i mars 2013 för att kunna följa utvecklingen av nematodpopulationerna.

Säsongsprovtagning

Säsongsproverna togs i rutorna med svartträda i leden A, C och E (dvs ruta A14, C7 och E13). Provtagningen gjordes på samma sätt som de provtagningar som genomfördes under våren 2012 och 2013. Efter själva provtagningen förvarades sedan proverna i en back där omrörning skedde för att skapa en homogen jordvolym som är representativt för hela rutan och jordprofilen. Provtagningen ägde rum i juni, juli, augusti och september för att kunna följa nematodpopulationernas utveckling i svartträda under odlingssäsongen. Proverna som togs under säsong skickades efterhand i kylboxar till Uppsala. I Uppsala togs

totalt 100 g jord ut för extraktion av nematoderna ur jorden (5 gånger 20 grams prover) och placerades i en vattenfylld tratt, som sedan ställdes under en 25 watts lampa i 24 timmar, sk Baermann utdrivning (Viketoft et al. 2005). Efter utdrivningen avdödades sedan proverna genom nedsänkning i vattenbad, 85°C i 3 min. Proverna konserverades sedan med 8 % -formalinlösning.

Krukförsök

För krukförsöket användes jord som insamlats från försöksrutorna A14, C7 och E13, det vill säga samma rutor som säsongsproverna togs i. Således togs jorden från de rutor där det var svartträda, dock kom jorden från tre olika växtföljder. Detta gjorde det möjligt att sedan studera odlingssystemets och grödans effekt på nematodförekomsten. Insamlingstidpunkt var densamma som första säsongsprövtagningen (dvs juni). Krukorna som användes under försöket var vanliga svarta odlingskrukor med måtten 11cm x 11 cm x 12cm . Försöket omfattade totalt 48 stycken krukor (tre jordar x fyra grödor x fyra upprepningar). Utöver detta ingick fyra stycken viktkontrollkrukor (med de olika grödorna i) som användes för att avgöra bevattningsbehovet för respektive gröda.

Jorden tillsattes i krukorna (med filterpapper i botten för att täcka dräneringshålen) i två etapper. Vid första etappen tillsattes jord upp till 9 cm av krukans höjd, vilket motsvarade 850 gram lufttorr jord. I denna volym hade dessutom 1,1g Yara NPK 11-5-18 utblandat med 28 ml vatten blandats in, vilket motsvarar en gödningsgiva om 100 kg kväve per/ ha. Anledningen till att NPK granulaten tillsattes i upplöst form i vatten var för att få en jämn fördelning av gödningen i hela krukans. När detta hade genomförts i alla led så tillfördes slutligen ytterligare 260 gram lufttorr jord för att fylla upp krukans till 11 cm. Dessa 260 g var ogödslad men dock uppvattnad med 9 ml vatten. Med detta agerande minimerades risken för att fröna skulle förgiftas av försaltning. Således var den totala jordvikten lufttorr jord per kruka 1110 g.

Grödorna i försöket var följande; engelskt rajgräs (*Lolium perenne*), vitklöver (*Trifolium repens*), rödklöver (*Trifolium pratense*) samt svartträda. Sådden genomfördes genom att en egentillverkad såmall trycktes ned i krukans och lämnade efter sig 20 stycken hål där sedan ett frö kunde placeras. Mallen var utformad så att alla frön blev jämt fördelade över jordytan och med lika långt mellanrum mellan varandra samt krukkanterna. Fröna såddes 25/06 -13 och såddjupet varierade mellan grödorna; rajgräset såddes på 1,5 cm djup medan rödklövern och vitklövern såddes grundare. Sorterna som användes i krukförsöket var samma sorter som användes i odlingssystemsförsöket i Önnestad under odlingssäsongen 2013. Dessa var Agrogens vitklöversort Jura, Svalöf Weibulls diploida rödklöversort SW Ares samt Svalöf Weibulls tetraploida engelska rajgrässort SW Birger. Efter sådd förvarades krukorna inomhus i rumstemperatur i 6 dygn för att sedan flyttas ut i fält.

Försöksplatsen där krukförsöket gjordes är belägen i Källunda ca 2,5 km nordöstlig riktning från Hushållningssällskapet i Kristianstads försöksgård Hellegården (N 56° 2,136', E14° 2,725'). Här byggdes en nätgård för att stänga ute fåglar och gnagare från försöket. Nätgården var en enkel konstruktion bestående av reglar i tryckimpregnerat virke och hönsnät som väggar och tak. Således var krukorna exponerade mot klimatfaktorer som om de skulle ha vuxit vilt på samma plats.

Nedgrävning av krukorna skedde 10 dagar efter sådden. Krukorna grävdes ned i fyra rader (led). Avstånden mellan krukorna i försöket var 20 cm inom leden och även mellan led 1 och 2 samt mellan led 3 och 4. Mellan led 2 och 3 var en 60 cm bred gång belägen för att underlätta vattningen av krukorna. Skyddszonen från nätgårdens långsida in till led 1 och 4 var 70 cm på varje sida. Krukorna grävdes ned så att krukantens befann sig 1 cm över markytan. I vilken ordning krukorna skulle stå i inom leden slumpades genom en lottdragning av ett led åt gången, med omrörning mellan varje lott som togs. Att lottdragningen gjordes ledvis medförde att varje behandling förekom en gång i varje led.

15 dagar efter sådd gjordes en gallring av grödbeståndet i krukorna. Plantantalet i varje kruka bestämdes genom att den krukan med lägst plantantal fick agera referens. I krukorna med lägst plantantal återfanns 8 plantor vilket således de resterande krukorna gallrades till. Gallringen genomfördes genom att ovanjordisk biomassa klipptes bort. Ogräsrensning genomfördes genom att ogräsen rycktes bort med medföljande rotsystem. Ogräsrensning genomfördes samtidigt som vattning under försökets gång men i praktiken var detta endast nödvändigt i början innan grödan vuxit sig stark, dock med undantag för svarträdan. Det engelska rajgräset fick gallras ytterligare en gång, 5 dagar efter första gallringen, då fröna sköt nya skott.

Vägning av krukorna och eventuell bevattning skedde två till tre gånger i veckan beroende på väder. Väderleken på den aktuella försöksplatsen under sommaren 2013 var temperaturmässigt normal (juni), varmare än normalt (juli och augusti) och kallare än normalt (september) (SMHI, 2013a). Nederbördsföll det i juni 150 % av normalnederbörds mängd medan det i juli och augusti endast kom 50 % av normalmängd och i september månad föll 75% av normalmängd (SMHI, 2013b).

Under försökets gång eftersträvades att hela tiden hålla en krukcapacitet på 70 % i alla krukor. Krukcapaciteten kan sägas vara den totala mängd vatten som en viss mängd torrjord kan hålla, vanligen uttryckt i ml/ 100 g. Krukcapaciteten bestämdes genom att tre krukor sattes i vattenbad för att uppnå total vattenmättnad. Därefter fick de dränera fritt i 5 h för att sedan vägas. Efter vägning placerades proverna i en ugn med temperaturen 105°C och fick stå där tills de var helt torra. Krukcapaciteten bestämdes utifrån medelvärdet av de tre provernas differens mellan 100 % vattenmättnad och 0 % vattenmättnad dividerat med vikten vid 0 % vattenmättnad. Krukcapaciteten bestämdes till 46,32 ml H₂O/ 100 g torrjord.

För att kunna använda krukcapaciteten i praktiken i försöket krävdes dessutom att jordens aktuella vattenhalt bestämdes. Detta gjordes genom att en bestämd mängd jord vägdes upp för att sedan placeras i en ugn med temperaturen 105°C när sedan vikten var konstant kunde vattenhalten bestämmas som ett medelvärde av tre 100 grams prover genom differensen mellan vikten när jorden var lufttorr och vikten då jorden hade 0 % vattenhalt och sedan divideras med vikten vid 0% vattenhalt. Vattenhalten bestämdes till 21,065 ml H₂O/ 100g.

Uträkningarna som gjordes tog dock inte hänsyn till biomassatillväxten som ökade under försökets gång. Detta innebar att målvikten som användes för att avgöra bevattningsbehovet fick öka i takt med tillväxten hos grödan. I övrigt kunde försöket genomföras utan några nämnvärda komplikationer förutom att krukorna med engelskt rajgräs blev relativt hårt angripna med bladlöss. Angreppet var dock inte så omfattande att insekticider behövde användas utan

löstes genom att lössen klämdes ihjäl med fingrarna vid bevattningstillfällena samt biologisk kontroll av nyckelpigelarver som hittade dit på naturlig väg.

Efter 9 veckor avslutades försöket och tillvägagångssättet var sådant att krukorna togs upp ledvis. Krukan lossades från marken med hjälp av en grep för att få med en så stor rotmassa som möjligt då det visat sig att rötterna vuxit igenom filterpappret och vuxit ut genom krukans dräneringshål. Arbetet utfördes försiktigt för att minimera risken för att jord från försöksplatsen skulle kontaminera proverna och vice versa. Den ovanjordiska biomassan klipptes av och stoppades i pappåsar medan krukans innehåll stoppades i plastpåse som förslöts. Efter transport till Uppsala förvarades ovanjordiska biomassaproverna i rumstemperatur fram till torkning medan krukorna förvarades i kylrum (4°C).

Den ovanjordiska biomassan torkades i ugn i 48 h i temperaturen 75 °C därefter bestämdes biomassans torrsubstans. Jorden i krukorna tömdes i de plastpåsar som de hade transporterats i och rotbiomassan avlägsnades. Rötterna sköljdes med vatten för att sedan fotograferas och okulärbedömas utifrån hur de såg ut. Efter detta bestämdes rötternas torrsubstans på liknande sätt som den ovanjordiska biomassan hade gjorts. Jorden från varje kruka blandades noggrant i sina plastpåsar och därefter togs två 20 grams jordprover ut. Avdödningen och utdrivningen av nematoderna i dessa jordprover skedde på samma sätt som avdödningen och utdrivningen för säsongsproverna. I samband med detta togs även ett jordprov på 100 g från varje påse för att bestämma vattenhalten på jorden i varje kruka.

Mikroskopering av nematoder

För att avgöra vilka typ av nematoder som utgjorde nematodsamhället i krukorna krävdes att proverna studerades i mikroskop med 200x förstoring. Med hjälp av hur deras mundelar var utformade klassificerades de till omnivor/predatorer, växtätare, svampätare samt bakterieätare. Vid mikroskoperingen var proverna placerade i en räkneskål med rutnät i botten för att underlätta räkningen.

Nematodförekomsten för varje kruka bestämdes utifrån torrviktsbasis på jorden från varje kruka. Eftersom varje kruka representerades av två prover räknades ett medelvärde ut från de två proverna när nematodförekomsten på torrviktsbasis var bestämt. Proverna som var tagna under odlingssäsongen i Önnestadförsöket var inte baserade på två 20 g prover utan på fem, dessa fem prover slogs sedan ihop. Därefter kunde de räknas och nematodförekomsten bestämmas på liknande sätt som övriga prover.

Statistik

För den statistiska analysen av försöket användes programmet R version 3.0.2. (R Core Team, 2013). De tidigare nematodprovtagningarna analyserades med repeated measures ANOVA. Alla rutor inom samma odlingssystem räknades som upprepningar trots olika grödor. En signifikant effekt av tid undersöktes sedan med parvisa t-tester (holm-justering av p-värdena för multipla jämförelser). Abundanserna för de olika nematodsläkterna log-transformerades för att uppfylla villkoren om normalfördelning för ANOVA. Även säsongsproverna analyserades med repeated measures ANOVA, och datan för bakterieätare och svampätare log-transformerades. Eftersom det primära för säsongsproverna var att studera

eventuella förändringar i nematodpopulationen över tid behandlades de olika odlingssystemen som upprepningar vid varje provtagning. Detta innebar tre replikat per provtagning. Krukförsöket analyserades med tvåvägs ANOVA med gröda och odlingssystem som faktorer. För att ANOVA testet skulle vara normalfördelat log-transformerades data för växtätare, svampätare och den totala nematodpopulationen. I de fall där det fanns interaktionseffekter kompletterades ANOVA-testen med parvisa t-test för att finna skillnaderna. Proverna från krukförsöket var tagna så att två jordprover från varje kruka tagits ut och medelvärden beräknas, samt att det funnits fyra upprepningar genom de fyra leden. Dataunderlaget från rov/ omnivorer ansågs vara för dåligt för att göra en statistisk analys på.

Resultat

Tidigare nematodprover

Tabell 3 ger en överblick av nematodproverna tagna i alla rutor 2012 och 2013 i Önnestad. Signifikant effekt av odlingssystem hittades för stubbrots- ($F=11,43$, $p=0,018$), rotsårs- ($F=195$, $p<0,001$) och nålnematoder ($F=19,36$, $p=0,007$).

Rotgallnematoderna uppvisade inga signifikanta skillnader mellan odlingssystemen.

För stubbrotsnematoder fanns en signifikant skillnad mellan odlingssystem A och D ($p=0,005$), där led D hade den högsta abundansen (*Tabell 3*). För rotsårsnematoder hade led B det högsta antalet nematoder (*Tabell 3*), signifikant mer än led A ($p<0,001$), led C ($p=0,007$) och led E ($p=0,003$). Led D hade den näst högsta abundansen av rotsårsnematoder, vilken också var signifikant högre än abundansen i led A ($p=0,004$), led C ($p=0,021$) och led E ($p=0,021$). Nålnematoderna var minst förekommande i led A, vilket var signifikant mindre än led C ($p=0,002$), led D ($p<0,001$) och led E ($p=0,016$).

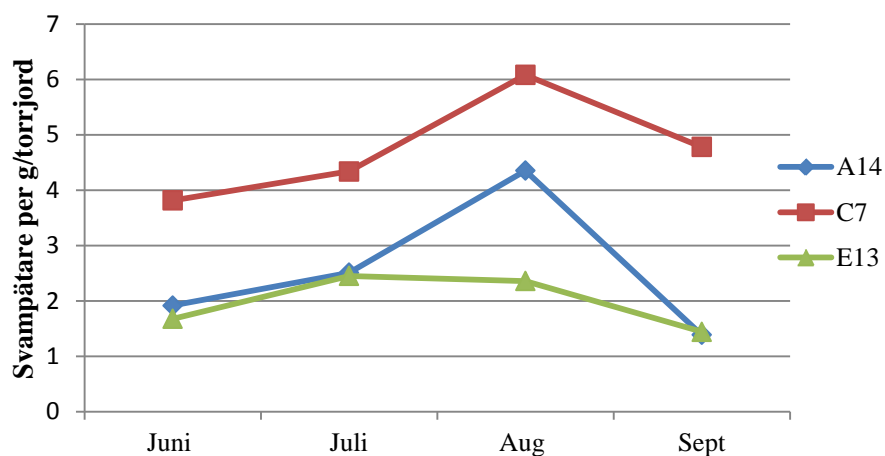
Tabell 3. Medelvärden (standardavvikelse) och signifikanta skillnader för prover tagna 2012 och 2013 i odlingsystems försöket i Önnestad. Antal nematoder per 250 gram jord.

Led	Rotgallnematoder ¹		Stubbrotnematoder ²		Rotsårsnematoder ³		Nålnematoder ⁴	
	2012	2013	2012	2013	2012	2013	2012	2013
A Konv.	270 (603,7)	19,3 (25,4)	31,3 (20,7)	14,2 (7,9)	40 (59,4)	71,7 (64,9)	1,5 (3,2)	0(0)
B Konv.	26 (63,2)	5,7 (9,0)	86 (56,0)	64,16 (52,6)	290 (76,4)	511,7 (321,8)	3,6(3,2)	2,3(3,7)
C Eko.	99,8 (176,9)	16,3 (24,7)	38,2 (25,4)	23,7 (22,8)	100,2 (63,0)	166,8 (119,4)	18,8 (25,40)	17,8 (20,0)
D Eko.	103,8 (243,2)	23,5 (36,1)	65,2 (42,6)	55,5 (37,7)	215 (114,7)	355 (245,5)	18,8 (21,97)	31,5 (35,7)
E Eko.	708,5 (1615,6)	141 (323,3)	56 (42,0)	36,83 (28,4)	76,5 (87,7)	110,8 (111,0)	9,8 (10,3)	6,5 (8,7)
Sign. skillnader			D>A		B>A,C,E D>A,C,E		A<C,D,E	

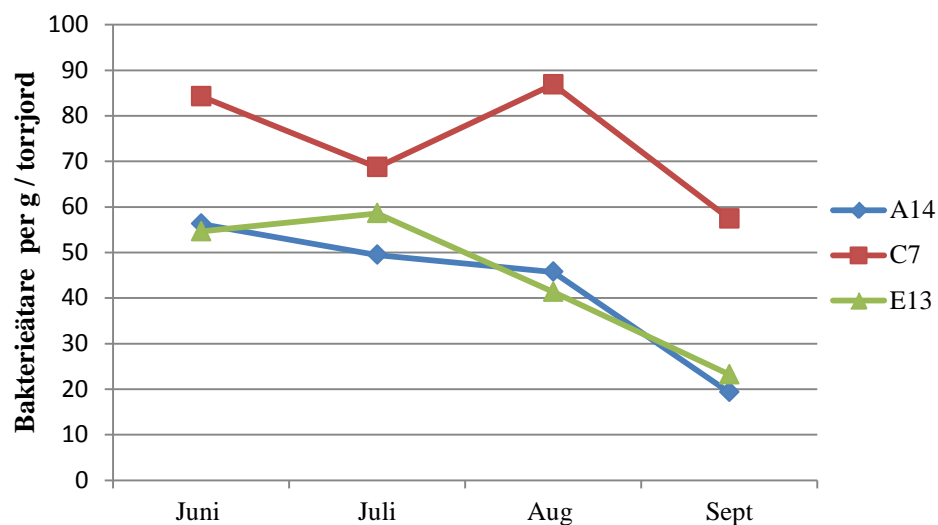
¹ *Meloidogyne hapla* ² *Trichodorus* spp., *Paratrichodorus* spp. ³ *Pratylenchus fallax*, *P. neglectus*, *P. crenatus* ⁴ *Longidorus* spp.

Säsongsprovtagning

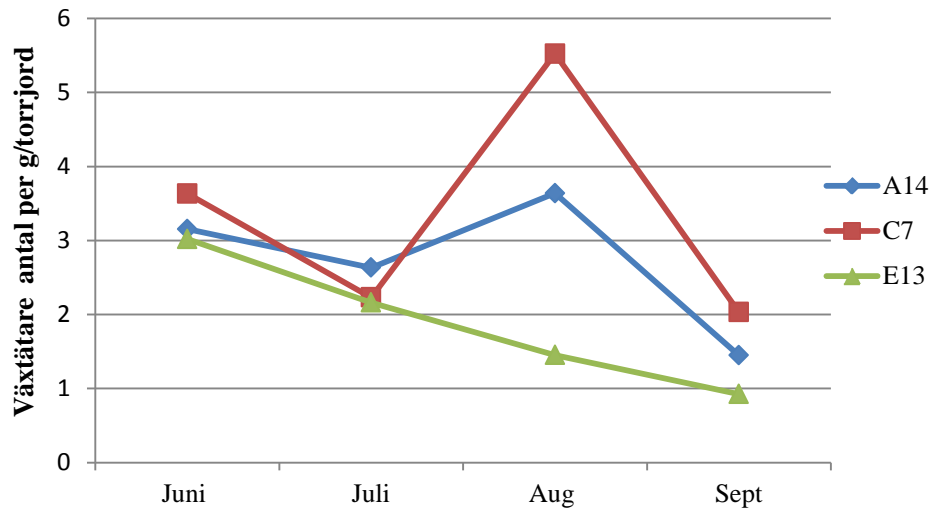
Resultatet från de fyra provtagningarna under säsong i odlingsystemet i Önnestad visade en signifikant effekt av tid för svampätare ($F = 5,28$, $p = 0,041$) (Figur 1) och bakterieätare ($F = 8,93$, $p = 0,0125$) (Figur 2). De parvisa testerna visade dock inga signifikanta skillnader mellan de olika provtagningstillfällena. Det finns således en effekt som påverkar nämnda födogrupper men vad den bestod av går inte att avgöra utifrån de data som finns tillgängliga. Enligt Figur 1 ser det ut som att svampätarna minskar under säsongen i rutorna A14 och E13, medan de däremot tycks öka över tid i C7. Trenden för bakterieätarna under säsongen tycks vara en nedgång i samtliga rutor (Figur 2). För växtätarna fanns ingen signifikant påverkan av tid under säsongen (Figur 3).



Figur 1. Populationsförändringen av svampätare i svartträdrorna i odlingssystems-försöket i Önnestad under säsongen 2013. A14 = Konv. Kreaturslös, traditionella lantbruksgrödor samt klöverfrövall. C7= Eko. Kreaturslös, traditionella lantbruksgrödor samt tillförsel av biogasrötrest producerad inom systemet. E13= Eko. Kreaturslös traditionella lantbruksgrödor, grönsaker, klöverfrövall samt inköpt växtnäring.



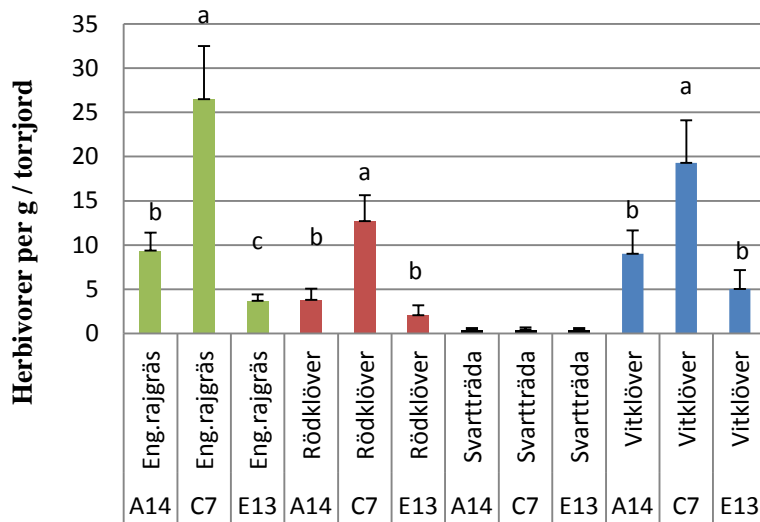
Figur 2. Populationsförändringen av bakterieätare i svartträdrorna i odlingssystems-försöket i Önnestad under säsongen 2013. Förklaring av odlings-system se Figur 1.



Figur 3. Populationsförändringen av växtätare i svartträdena i odlingsystems försöket i Önnestad under säsongen 2013. Förklaring av odlingsystem se *Figur 1*.

Krukförsök

Krukförsöket visade att odlingsystemet har en påverkan på nematodpopulationerna. Detta gällde framförallt födogruppen växtätare där interaktionen mellan odlingsystem och gröda var signifikant (*Tabell 4*). Odlingsystemet C7 visade sig ha en signifikant positiv effekt på växtätare i alla grödor utom i svartträdan (*Figur 4*).



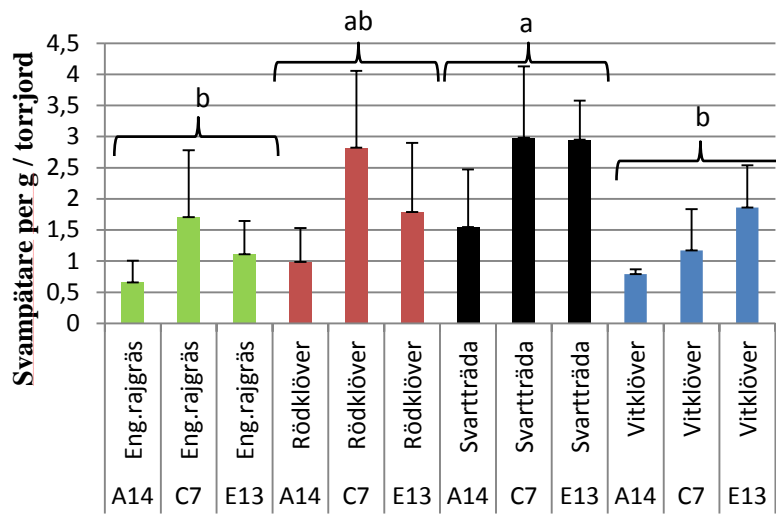
Figur 4. Figuren visar antalet växtätare i krukförsöket per g/ torr jord efter 9 veckor. Staplar märkta med samma bokstav skiljer sig inte signifikant. Observera att bokstäverna enbart avser signifikanta skillnader mellan odlingsystem beväxna med samma gröda inte emellan olika grödor. Finns inga bokstäver finns heller ingen signifikans. Förklaring av odlingsystem se *Figur 1*.

Tabell 4. Resultat från ANOVA undersökande effekten av gröda och odlingssystemen A14, C7 samt E13 på totala antalet nematoder, abundansen av de olika födogrupperna samt ovan- och underjordisk biomassa. Förklaring av odlingssystem se *Figur 1* Signifikanskoder:

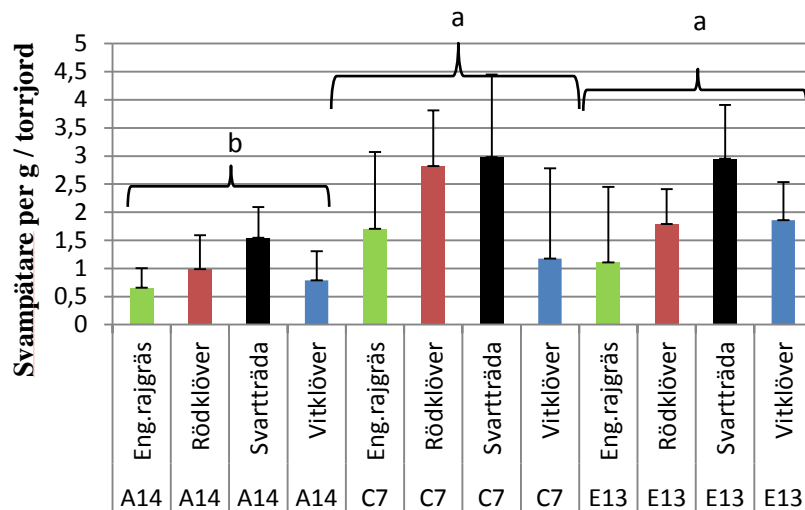
*** <0.001 ** <0.01 * <0.05

	df	F-värde	p-värde
Herbivorer			
Gröda	3	184,044	< 2e-16 ***
System	2	45,791	1.29e-10 ***
Gröda*system	6	5,244	0.000574 ***
Svampätare			
Gröda	3	6,291	0.001523 **
System	2	10,508	0.000254 ***
Gröda*system	6	1,026	0,424261
Bakterieätare			
Gröda	3	9,866	6.9e-05 ***
System	2	0,16	0,853
Gröda*system	6	1,92	0,104
Nematod Tot			
Gröda	3	4,86	0.00612 **
System	2	21,449	7.35e-07 ***
Gröda*system	6	4,754	0.00116 **
Rotbiomassa			
Gröda	2	2,742	0,0824
System	2	2,874	0,0739
Gröda*system	4	0,945	0,4533
Ovanjordisk biomassa			
Gröda	2	85,735	2.02e-12 ***
System	2	1,553	0,23
Gröda*system	4	0,856	0,502

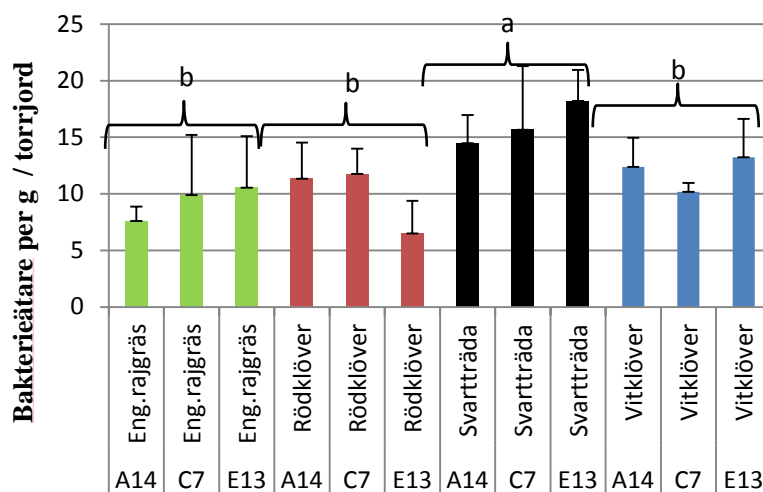
Svampätarna uppvisade en signifikant effekt av både gröda och odlingssystem (*Tabell 4*). Den signifikanta skillnaden mellan grödorna ligger i att svartträdan innehåller fler svampätare än vitklöver och engelskt rajgräs (*Figur 5*). Skillnaden i odlingssystem ligger i att det fanns lägre antal svampätare i odlingssystem A14 än i de övriga (*Figur 6*). Bakterieätarna var endast signifikant påverkade av grödan (*Tabell 4*). Skillnaden i grödorna ligger i att antalet bakterieätare är större i krukorna med svartträda än i övriga grödor (*Figur 7*). För födogrupperna rovnematoder och omnivorer gjordes ingen fullständig statistisk analys, då de endast hittades mycket sporadiskt. Om man dock sammanställer alla födogrupper så finner man att det fanns en interaktionseffekt mellan odlingssystem och gröda (*Tabell 4*). För grödorna engelskt rajgräs och rödklöver fanns en skillnad för odlingssystemet som yttrar sig som sådan att odlingssystem C7 skiljer sig signifikant från övriga (*Figur 8*).



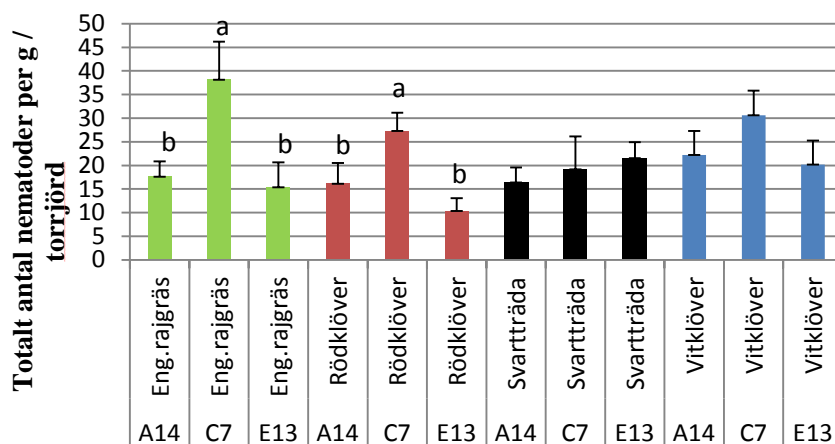
Figur 5. Figuren visar antalet svampätare i krukförsöket per gram torr jord. Staplar märkta med samma bokstav skiljer sig ej signifikant. Bokstäverna avser signifikanta skillnader mellan grödor inte odlingssystem. Förklaring av odlingssystem se Figur 1.



Figur 6. Figuren visar antalet svampätare i krukförsöket per gram torr jord. Staplar märkta med samma bokstav skiljer sig ej signifikant. Bokstäverna avser signifikanta skillnader mellan odlingssystem inte grödor. Förklaring av odlingssystem se Figur 1.



Figur 7. Figuren visar antalet bakterieätare i krukförsöket per gram torr jord. Staplar märkta med samma bokstav skiljer sig ej signifikant. Bokstäverna avser signifikanta skillnader mellan grödor inte odlingssystem. Förklaring av odlingssystem se Figur 1



Figur 8. Figuren visar antalet nematoder totalt per gram torr jord. Staplar märkta med samma bokstav skiljer sig ej signifikant. Observera att bokstäverna enbart avser signifikanta skillnader mellan odlingssystem i en viss gröda inte emellan olika grödor. Finns inga bokstäver finns heller ingen signifikans. Förklaring av odlingssystem se Figur 1

Ovan- och underjordisk biomassa var inte signifikant påverkade av odlingssystemet, utan som Tabell 4 visar så var den ovanjordiska biomassan endast signifikant påverkad av gröda. Dock fanns en trend som antydde att rotbiomassan var lägre i odlingssystem C7 (Tabell 4). Vitklöver var den gröda som producerade mest ovanjordisk biomassa följt av rödklöver medan engelskt rajgräs producerade minst. Alla skillnader i ovanjordisk biomassa var signifikanta. I Tabell 5 återfinns en närmare presentation av växtmaterialet.

Tabell 5. Tabellen visar medelvärden och standardavvikelsen för biomassan i de olika leden.

Gröda	System	Torrsvikt Rot	Torrsvikt Ovan
		g	g
Eng.rajgräs	A14	25,1 (6,4)	18,5(8,0)
Eng.rajgräs	C7	18,2 (5,3)	12,00(2,0)
Eng.rajgräs	E13	25,8(9,5)	15,2(3,8)
Rödkläver	A14	23,6 (3,5)	33,5(3,5)
Rödkläver	C7	17,2(2,5)	28,50(1,20)
Rödkläver	E13	22,7(3,5)	34,8(5,9)
Vitkläver	A14	16,5(1,6)	47,9(7,8)
Vitkläver	C7	18,30(4,7)	50,7(9,8)
Vitkläver	E13	19,6(5,3)	55,8(11,3)

Diskussion

Resultatet av de studier som har gjorts antyder att odlingssystem har en effekt på nematodsamhälle och dess sammansättning och densitet. Detta visade sig dels i krukförsöket där växtätarna hade en större populationsdensitet i de krukor som har jord från odlingssystem C. Det går även att se att odlingssystemen har påverkat de prover som togs 2012 och 2013 då det fanns signifikanta skillnader i odlingssystem för stubbrotsnematoder, rotsårnematoder och nålnematoder. Under krukförsöket har även grödan visat sig spela en avgörande roll för nematodpopulationen. Grödeffekten beror på svarträdan, som visade sig ha en kraftig reducerande effekt på växtätande nematoder men en positiv effekt på abundansen av svampätare och bakterieätare.

Det går att konstatera utifrån säsongsprovtagningen att abundansen av frilevande nematoder var olika mellan leden redan från början se *Figur 1-3*. I figurerna kan man avläsa att växtätarantalet är marginellt större i C7 än i A14 och E13 som håller liknande nivå. För bakterieätare och svampätare är skillnaden betydligt större mellan C7 och de övrigt provtagna rutorna A14 och E13. De juni-prover som redovisas i figurerna är även den jord som användes i krukförsöket. Därför krävs det att man ta i beaktning att det redan vid krukförsökets start fanns en skillnad mellan de olika rutorna. Om man sedan studerar resultaten från krukförsöket kan man förvisso konstatera att C7 skiljer sig signifikant från de andra rutorna som jämfördes i krukförsöket men att detta enbart skulle bero på den skillnad i abundansen som fanns från start är dock inte trolig. Dels är skillnaden betydligt större i krukförsöket jämfört med den i säsongsproverna samt att odlingssystemen inte uppvisar någon effekt i svarträdan för växtätarna. För svampätarna uppvisas effekt av grödan men även effekt av odlingssystem som yttrar sig i form av att A14 har lägre abundans än C7 och E13. A14 och E13 hade i juniproverna enbart en marginell skillnad från varandra som under krukförsökets gång utvecklades till signifikant skillnad. Bakterieätarna uppvisade i krukförsöket inte någon skillnad mellan odlingssystem fast att C7 låg betydligt högre i abundans i jämfört med övriga led i juniproverna då försöket började. Sammantaget tycker jag således att man kan avfärda att utgångsabundansen skulle ha en dramatisk inverkan på resultatet av krukförsöket, dock finns det en möjlighet till en viss inverkan.

Proverna som togs i alla försöksrutor under mars 2012 och mars 2013 skiljde sig dramatiskt, och vad detta beror på är enbart spekulativt. Väderförhållandena under vintern samt innan och under provtagning är en teori. Det är dock inte ovanligt att nematodsamhällena fluktuerar i storlek mellan olika år och under säsongen (Renčo *et al.*, 2010). Det finns dock ett tydligt mönster för skillnader rent odlingsystemsmässigt. För stubbrotsnematoder fanns skillnad mellan led A och D, där D (ekologisk med kreatur och traditionella jordbruksgrödor) håller den större populationen (Tabell 3). Den uppenbara skillnaden mellan dessa led är den att växtföljd D innefattar en flerårig fodervall och stallgödselspridning. Vallodling innebär en mindre störning för nematoderna i form av mindre jordbearbetning samt att faktorer som ökat organiskt material kan tänkas ha en positiv effekt. Att en perenn gröda har en positiv effekt på nematodpopulationen är känt (Neher & Campbell, 1994). Det finns dessutom positiva effekter av stallgödselspridning på den totala nematodpopulationen. Huruvida effekten är densamma för födogruppen växtätare är mer oklar (Moradi *et al.*, 2013). På likande sätt är trenden tydlig för rotsårsmematoder när en flerårig vall finns i växtföljden och i försöksled med stallgödselspridning finns ett större antal rotsårsmematoder. Exempel på är detta är skillnaderna mellan $A < B$, $A < D$, $E < B$ och $D > E$, där led B och D håller en högre abundans och är växtföljder med fodervallar samt stallgödselspridning. Även nålnematoderna uppvisar en skillnad som kan förklaras med att en vall finns i växtföljden, nämligen att led A har lägre abundans än led C och D.

För nämnda nematodsläkten finns dock skillnader som inte går att förklara genom en flerårig vall. Till exempel varför det endast uppvisas skillnad för stubbrotsnematod mellan leden A och D men inte för A och de andra leden med fleråriga vallar. En teori är att detta skulle tänkas bero på att det i led D återfinns baljväxter 4 år av 6 vilket skulle kunna gynna växtätarna positivt jämfört med t.ex. en monokultur med spannmål (Sohlenius *et al.*, 1987). För rotsårsmematoder återfinns även signifikant skillnad mellan $B > C$ och $D > C$. Dessa led innefattar alla fleråriga vallar med den skillnaden att B och D, där de största antalen rotsårsmematoder påträffades, har fodervallar medan C har biogasvall. I detta fall är artsammansättningen tämligen lika mellan vallarna, men dock innerhåller fodervallarna även rödklöver istället för enbart vitklöver som i biogasvallen. Detta stärker Wardle *et al.* (2003) resultat som antydde att växtätarna är mer förekommande under rödklöver. I kontrast till detta går det i krukförsöket som presenterats i denna uppsats inte att finna någon signifikant skillnad mellan klöverarterna. Townshead & Davidson (1989) påvisar genom sitt försök ett rakt motsatt resultat mot Wardle *et al.* (2003), och det är möjligt att det är artskillnader hos växtätande nematoder samt att sortmaterialet hos klöver som orsakar dessa tvetydiga resultat. I C sprids biogasrötrest något som inte görs i B och D, en ytterligare skillnad är att i leden B och D odlas grönsakerna rödbetor och potatis. I led D återfinns som tidigare nämnts även baljväxter 4 år av 6 vilket möjligen har en positiv effekt på växtätarna (Sohlenius *et al.*, 1987). Den sammantagna effekten av dessa faktorer skulle kunna tänkas ha den effekten på rotsårsmematodpopulationen som skiljer led C från led B och D.

För nålnematoderna finns det även en skillnad mellan led A och E, där A odlas konventionellt medan E är ekologisk. I övrigt skiljer sig växtföljderna bara i ett avseende och det är att A har potatis medan E istället har grüngödsling (havre+fodervicker) i sin växtföljd. En möjlig förklaring är som tidigare nämnt att E har ett år mer än led A med baljväxter i växtföljden, detta skulle kunna förklara ett större antal växtätare (Sohlenius *et al.*, 1987). En annan förklaring är att

gröngödslingsgrödan är av en sådan kvalitet att den gynnar nålnematoder. Den vetenskapliga grunden för denna teori är tvetydig.

Rotgallnematoden uppvisade en väldigt spridd och varierande förekomst vilket gjorde den svår att analysera statistiskt. Att förekomsten var så varierande och spridd kan mycket väl bero på vissa arts specifika faktorer, men det går inte att säga utifrån de data som varit tillgängliga i denna studie.

Anläggning av svartträda ger på sikt nedgång i populationsdensiteten för samtliga nematodfödogrupper (Stirling *et al.*, 2001). Visuellt ser det ut som en nedgång i växtätarantalet sett över de månadsvisa provtagningarna i svartträdena (*Figur 3*), men denna nedgång är inte inom ramen för vad som kan klassas som signifikant. Den kraftiga uppgången av växtätarantalet i augusti kan vara en bidragande faktor till att resultaten ej var signifikanta. Det påvisas dock en signifikant variation i födogrupperna svampätare och bakterieätare. Men med den tillgängliga datan går det inte att utröna var denna signifikanta skillnad fanns.

Svampätarna visade sig i led A14 och E13 totalt sett över säsongen ha minskat marginellt i antal medan de ökat i C7. Den högre abundansen kan förklaras på liknande sätt som den för de provtagningar som gjordes 2012 och 2013 i odlingssystem C det vill säga att den fleråriga vallen har effekt. Det är även möjligt att uppgången kan förklaras som att det finns mer organiskt material i C7 på grund av vallodlingen vilket vid en anläggning av svartträda fortsätter att ge föda till olika svampar som i sin tur är föda till svampätande nematoder. Det vill säga en försenande förskjutning av en negativ effekt på svampätande nematoder. Denna teori i samverkan med en minskning av övriga födogrupper som ger mer levnadsutrymme för svampätarna kan förklara den totala uppgången. Det går även att konstatera att den födogrupp som var allra vanligast i svartträdan var bakterieätarna.

Något som är talande för säsongsproverna är att det i mitten av augusti sker en uppgång i nära på samtliga populationer men framförallt i A14 och C7 (*Figur 1-3*). Att reaktionen inte är lika tydlig i E14 kan tala emot det faktum att väderlek skulle stå för förändringen då rutorna ligger i anslutning till varandra. Provtagningen för augusti månad gjordes den 13e och togs då i en växande råggröda som var sådd den 2e augusti. Det är således möjligt att sådden av råg satte igång nematodpopulationstillväxten men även att nematoder på större djup blev attraherade av rotexudatet och på detta sätt begav sig mot källan och genom detta ökade nematodkoncentration i ytan. Att ökningen inte går att återfinna i samma utsträckning i E14 finner jag ingen annan förklaring till än att rågtillväxten var sämre där. För att kunna dra större slutsatser ur denna provtagningsserie krävs flera upprepningar under flera år för att kunna fastlägga något konkret. Med resultat från denna studie kan man ställa sig frågande till om en svartträda som ligger under endast en säsong har den reducerande effekt på växtätarna som man önskar. Detta stärks av Stirling *et al.* (2001) som påvisar att tid är en avgörande faktor för ett gott resultat vid anläggning av svartträda i syfte att reducera olika nematodpopulationer.

Trots en svag effekt av svartträdan i fält visade de sig att svartträdekrukorna i krukförsöket hade en mycket låg abundans av växtätande nematoder. Detta är antagligen som en följd av avsaknad av föda. Att en svartträda har en reducerande effekt på nematodpopulationen är känd (Stirling *et al.*, 2001). I krukförsöket finns även en signifikant interaktionseffekt mellan gröda och odlingssystem för växtätarna (*Tabell 4*). Det går att se i *Figur 4* att led C7 håller den största växtätarpopulationen i alla grödor bortsett från svartträdan där ingen signifikant

skillnad fanns. Detta innebär att grödan inte enbart har betydelse för hur populationen av växtätare ser ut utan att även odlingsystemet har betydelse. Det som i första hand skiljer är att C7 har högre abundans än A14 och E13. Detta förklaras på liknade sätt som led C högre abundans i de tidigare nematodprovtagningarna dvs. att en flerårig vall återfinns i växtföljden. Den högre abundansen för C7 är oberoende av vilken gröda som odlades i kukan. Det är möjligt att den högre abundansen för växtätarna i C7 kan vara svaret på varför det kan anas en trend för att rotbiomassan är lägre i krukorna innehållande jord från led C (Tabell 5). För grödorna vitklöver och rödklöver fanns ingen signifikant skillnad mellan krukorna med A14 och E13 dock kan en tendens anas att A14 håller en större population. Det finns dock en skillnad i krukorna där engelskt rajgräs odlades, E13 hade signifikant lägre andel växtätare än A14. Vad som kan tänkas förklara skillnaden mellan odlingsystemen A14 och E13 för växtätarna kan vara det som presenteras i Tabell 2. Där går att avläsa att växtnäringstatusen ligger på en högre nivå för A14 än E13. Att en jord med större förekomst av framförallt kväve och fosfor har en positiv effekt på abundansen av vissa växtätande nematoder är bevisat (Sarařhchandra *et al.*, 2001). Det finns även en skillnad rent växtföljdmässigt som är den att i A14s växtföljd finns potatis som möjligen kan vara en värdväxt och på detta sätt ha en positiv effekt på förekomsten. Dessa faktorer skulle kunna förklara skillnaden mellan odlingsystemen för växtätarna.

Svampätarna gav förvånande resultat i krukförsöket då det visade sig att svartträda hade en högre signifikant populationsdensitet än vitklöver och engelskt rajgräs (Figur 6). Detta är något som talar emot Stirling *et al.* (2001) som antyder att alla födogrupper av nematoder påverkas negativt av en svartträda. Man kan dock tillägga att Stirling *et al.* (2001) är tydlig med att tid är en avgörande faktor för en reduktion av populationsdensiteten. Det kan således vara så att det finns en förskjuten negativ effekt på svampätarna av samma typ som diskuterades för svampätarna i säsongsproverna, det vill säga att svampätarnas huvudsakliga föda inte påverkas den första tiden av ett direkt odlingsuppehåll. Markfuktens betydelse är också intressant. Yeates (1990) visade att bakterieätare gynnas vid en högre markfukt och därav är det även möjligt att svampätare gör det. Det är nämligen högst sannolikt att markfukten pendlat mer under försökets gång i de bevuxna krukorna än de med svartträda. Det är även möjligt att svampätarnas primära föda, svamp, gynnas vid en mer konstant markfukt. Intressant är också att det inte finns någon signifikant skillnad mellan engelsk rajgräs och baljväxterna. Sohlenius *et al.* (1987) visade att svampätare rent generellt föredrog gräs framför baljväxter. Det är förstås möjligt att detta kan bero på rena artskillnader mellan olika svampätare. Svampätarna påvisar även en signifikant lägre populationsdensitet för A14. Detta är också förvånande med tanke på att A14 tillhör det led som har högst växtnäringstatus vilket skulle gynna svampätande nematoder (Renčo & Kováčik, 2012). Det som skiljer A14 rutan från de två övriga är att A14 odlas konventionellt och har potatis i växtföljden. Något som i detta fall skulle var intressant att studera är det faktum att potatis är en gröda som besprutas ofta och mycket mot svampsjukdomar. Huruvida dessa bekämpningsmedel påverkar de svampar som svampätande nematoder äter tillhör inte denna uppsatsen men skulle kunna vara en förklaring till att svampätarpopulationen är lägre i A14. A14 har även det högsta pH av försöksjordarna vilket skulle kunna påverka svampätarnas föda svamparna negativt. Detta skulle då leda till en något sämre födotillgång i A leden kontra C och D.

Bakterieätarna visade precis som svampätarna en signifikant högre populationsdensitet i svartträdan (*Figur 7*). Denna skillnad kan förklaras på samma sätt som för svampätarna i krukförsöket och svampätarna i säsongsproverna, att det möjligen finns en förskjutning i effekten som kan tänkas komma senare så dessa födogrupper primära föda inte påverkas direkt. Även tidigare nämnda faktor att markfukten skulle vara mer jämn i svartträdan kan ha betydelse för bakterieätarnas abundans (Yeates, 1990). Om man sedan studerar den totala nematodförekomsten kan man konstatera att det även där finns skillnader (*Figur 8*). För engelskt rajgräs och rödklöver finns det signifikant mer nematoder i krukorna med odlingsjord C7. I *Figur 8* kan man även ana en likande trend för vitklövern, den är dock inte statistiskt säkerställd. Detta skulle i sådana fall stärka Sohlenius *et al.* (1987) resultat om att odlingsystem med perenna inslag har en större nematoddensitet. På det hela taget är det svårt att utifrån det gjorda krukförsöket dra slutsatser av grödans effekt på nematodsamhället. Då de enda riktiga grödskillnaderna som kunde konstateras beror på svartträdans tillsynes positiva effekt på bakterieätare, svampätare samt negativa effekt på växtätare. Detta resultat talar delvis emot det som presenterades ur säsongsproverna.

Slutsats

De slutsatser som går att dra utifrån denna studie är att odlingsystemseffekter är en faktor som tycks kunna påverka nematodpopulationen, då främst växtätarna. Det som är den gemensamma nämnaren för de skillnaderna i försöket är att odlingsystem där en flerårig vall ingår tycks gynna växtätarpopulationen. I krukförsöket påvisas även att svartträda har en avgörande roll för nematodpopulationens densitet och sammansättning. Växtätarantalet var drastiskt lägre i de krukor där svartträda var anlagd. En signifikant liknande effekt kunde dock inte ses i de prover som togs under odlingssäsongen i svartträden i fält. Detta kan antyda att svartträda är ett fungerande alternativ i småskaliga försök men dock ej i praktiken. Denna problematik kräver en mer grundlig och långvarig undersökning för att kunna utrönas. Det kan mycket väl vara möjligt att effekten i krukförsöket kan komma att ske i odlingsystems försöksrutorna efter en längre tids svartträda.

Tackord

Författaren vill rikta ett stort tack till alla inblandade under arbetets gång. Ett extra stort tack till Per Modig och Anita Gunnarsson på Hushållningssällskapet i Kristianstad för idéer och förslag under försökets början och gång. Ett stort tack riktas också till försökspersonalen på Hushållningssällskapet Kristianstad för deras hjälp under försöket och för att jag fick använda deras redskap och lokaler. Marie-Louise Albertsson Juhlin ska ha tack för hjälpen för bevattning av försöket när jag inte kunde göra det själv och för trevligt sällskap vid anläggning av försöket. Ytterligare ett stort tack vill jag ge till handledare Maria Viketoft för god handledning och många nyttiga och bra kommentarer och idéer. Tack!

Källor

- Andersson, A.R.A., Young, I.M., Sleeman, B.D., Griffiths, B.S., Robertson, W.M. 1997. Nematode movement along a chemical gradient in a structurally heterogeneous environment. 1. Experiment. *Fundamental and Applied Nematology* 20, 157-163.
- Badra, T., Yousif, G.M. 1979. Comparative effects of potassium levels on growth and mineral composition of intact and nematised cowpea and sour orange seedlings. *Nematology Mediterranea* 7, 21-27.
- Barker, K.R., Koenning, S.K. 1998. Developing sustainable systems for nematode management. *Annual Reviews of Phytopathology* 36, 165-205.
- Bakonyi, G. Nagy, P. 2000. Temperature- and moisture-induced changes in the structure of the nematode fauna of semiarid grassland-patterns and mechanism. *Global Change Biology* 6, 697-707.
- Beare, M. H. 1997. Fungal and bacterial pathways of organic matter decomposition and nitrogen mineralization in arable soils. *Soil ecology in sustainable agricultural systems*, pp. 37-70.
- Bardgett, R.D., Denton, C.S., Cook, R. 1999. Below-ground herbivory promotes soil nutrient transfer and root growth in grassland. *Ecology Letters* 2, 357-360.
- Burns, N.C. 1971. Soil pH effects on nematode populations associated with soybeans. *Journal of Nematology* 3, 238-245.
- Chen, Z.X., Chen, S.Y., Dickson, D.W. 2004. Nematode management and utilization. *Nematology Advances and Perspectives. Vol: 2*. Cambridge.
- Freckman, D.W., Ettema, C.H. 1993. Assessing nematode communities in agroecosystems of varying human intervention. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 45, 239-261.
- Georgieva, S.S., McGrath, S.P., Hooper, D.J., Chambers, B.S. 2002. Nematode communities under stress: the long-term effects of heavy metals in soil treated with sewage sludge. *Applied Soil Ecology* 20, 27-42.
- Hapca, S., Crawford, J.W., MacMillan, K., Wilson, M.J., Young, L.M. 2007. Modelling nematode movement using time-fractional dynamics. *Journal of Theoretical Biology* 248, 212-224.
- Ingham, R.E., Trofymow, J.A., Ingham, E.R., Coleman, D.C. 1985. Interactions of bacteria, fungi, and their nematode grazers: effects on nutrient cycling and plant growth. *Ecological Monographs* 55, 119-140.
- Jones, F.G.W., Larbey, D.W., Parrott, D.M. 1969. The influence of soil structure and moisture on nematodes, especially *Xiphinema*, *Longidorus*, *Trichodorus* and *Heterodera* spp. *Soil Biology & Biochemistry* 1, 153-158.
- Juhl, M. 1981. The influence of increasing amounts of nitrogen on the propagation of the cereal cyst nematode (*Heterodera avenae* Woll.). *Tidskrift. PlAvl.* 85, 281-289.

- Korthals, G.W., Alexiev, A.D., Lexmond, T.M., Kammenga, J.E., Bongers, T. 1996. Long-term effects of copper and ph on the nematode community in an agroecosystem. *Environmental Toxicology and Chemistry* 15, 979-985.
- López-Fando, C., Bello, A. 1995. Variability in soil nematode populations due to tillage and crop rotation in semi-arid Mediterranean agrosystems. *Soil & Tillage Research* 36, 59-72.
- Mahmood, I., Saxena, S.K. 1980. Effect of different doses of ammonium sulphate and urea on the plant growth and resulting biochemical changes in eggplant cv. pusa purple long infected with *Rotylenchulus reniformis*. *Acta Botanica Indica* 8, 171-174.
- Moradi, J. Besharati, H., Hussein, B.A., Karimi, M. 2013. A 2-year study of soil tillage and cattle manure application effects on soil fauna populations under Zea Mays cultivation, in western Iran (Sanandaj). *Environmental Earth Sciences* 70, 799-805.
- Nahar, M.S., Grewal, P.S., Miller, S.A., Stinner, D., Stinner, B.R., Kleinhenz, M.D., Wszelaki, A. Doohanc, D. 2006. Differential effects of raw and composted manure on nematode community, and its indicative value for soil microbial, physical and chemical properties. *Applied Soil Ecology* 34, 140–151.
- Neher, D.A., Campbell, C.L. 1994. Nematode communities and microbial biomass in soils with annual and perennial crops. *Applied Soil Ecology* 1, 17-28.
- Neher, D.A. 2010. Ecology of plant and free-living nematodes in natural and agricultural soil. *Annual Reviews of Phytopathology* 48, 371-394.
- Oteifa, B.A. 1953. Development of the root-knot nematode, *Meloidogyne incognita*, as affected by potassium nutrition of the host. *Phytopathology* 43, 171-174.
- Opperman, M. H., Wood M., Harris P. J. 1989. Changes in microbial populations following the application of cattle slurry at two temperatures. *Soil Biology & Biochemistry* 21, 263-268.
- Opperman, M. H., Wood M., Harris P. J., Cherrett, C.P. 1993. Nematode and nitrate dynamics in soils treated with cattle slurry. *Soil Biology & Biochemistry* 25, 19-24.
- R Core Team (2013). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
URL <http://www.R-project.org/>.
- Renčo, M., Kováčik, P. 2012. Responses of plant parasite and free living soil nematodes to composted animal manure soil amendment. *Journal of Nematology* 44, 329-336.
- Renčo, M., Lišková, M., Čerevková, A. 2010. Seasonal fluctuations of the nematode communities in a hop garden soil. *Helminthologia* 47, 115-122.

- Sánchez-Moreno, S., Minoshima, H., Ferris, H., Jackson, L, E. 2006. Linking soil properties and nematode community composition: effects of soil management on soil food webs. *Nematology* 8, 703-715.
- Sarathchandra, S.U., Ghani, A., Yeates, G.W., Burch, G., Cox, N.R. 2001. Effect of nitrogen and phosphate fertilizers on microbial and nematode diversity in pasture soils. *Soil Biology & Biochemistry* 33, 953-964.
- Simon, A., Rovira, A., D. 1985. The influence of phosphate fertilizer on the growth and yield of wheat in soil infested with cereal cyst nematode (*Heterodera avenae* Woll.). *Australian Journal of Experimental Agriculture* 25, 191 – 197.
- SMHI, 2013a. <http://www.smhi.se/klimatdata/meteorologi/temperatur>, besökt 2013 -03-12.
- SMHI, 2013b. <http://www.smhi.se/klimatdata/meteorologi/nederbörd>, besökt 2013 -03-12.
- Sohlenius, B., Boström, S., Sandor, A. 1988. Carbon and nitrogen budgets of nematodes in arable soil. *Biology and Fertility of Soils* 6, 1-8.
- Sohlenius, B., Boström, S., Sandor, A., 1987. Long-Term Dynamics of Nematode Communities in Arable Soil Under Four Cropping Systems. *Journal of Applied Ecology* 24, 131-144.
- Stirling, G.R., Blair, B. L., Pattemore, J. A., Garside, A.L., Bell, M.J. 2001. Changes in nematode populations on sugarcane following fallow, fumigation and crop rotation, and implications for the role of nematodes in yield decline. *Australasian Plant Pathology* 30, 323-335.
- Thoden, T.C., Korthals, G.W., Termorshuizen, A.J. 2011. Organic amendments and their influences on plant-parasitic and free-living nematode: a promising method for nematode management? *Nematology* 13, 133-153.
- Townshend, J. L., Davidson, T.R., 1989. Grass and legume hosts of *Paratylenchus projectus*. *Nematologica* 35, 128-131.
- Viketoft, M. 2007 Soil nematode communities in grasslands. *Doctoral thesis no.2007:48*. Uppsala : SLU.
- Viketoft, M., Palmborg, C., Sohlenius, B., Huss-Danell, K. & Bengtsson, J. 2005. Plant species effects on soil nematode communities in experimental grasslands. *Applied Soil Ecology* 30, 90-103.
- Wallace, H. R. 1966. Factors influencing the infectivity of plant parasitic nematodes. *Proceedings of the Royal Society of Biological Sciences* 164, 592-614.
- Wang, K.H., MacSorley, R., Gallaher R.N. 2004. Relationship of soil management history and nutrient status to nematode community structure. *Nematropica* 34, 83-96.

Wardle, D. A., Yeates, G.W., Williamson, W., Bonner K.L., 2003. The response of a three trophic level soil food web to the identity and diversity of plant species and functional group. *Oikos* 102, 45-56

Yeates, G.W., & Bongers, T. 1999 Nematode diversity in agroecosystems. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 74,133-135.

Yeates, G.W., Bongers, T., De Goede, R.G.M., Freckman, D.W. & Georgieva, S.S. 1993. Feeding habits in soil nematode families and genera - an outline for soil ecologists. *Journal of Nematology* 25, 315-331.

Yeates, G.W. 1987. How plants affect nematodes. *Advances in Ecology* 17, 61-112.

Yeates, G. W. 1975. Effect of fertiliser treatment and stocking rate on pasture nematode populations in a yellow-grey earth. *New Zealand Journal of Agricultural Research* 19, 405-408.

Yeates, G.W. 1999. Effects of plants on nematode community structure. *Annual Reviews of Phytopathology* 37, 127-149.

Yeates, G.W., Wardle, D. A., Watson, R. N., 1993. Relationships between nematodes, soil microbial biomass and weed management strategies in maize and asperagus cropping systems. *Soil Biology & Biochemistry* 25, 869-876.