

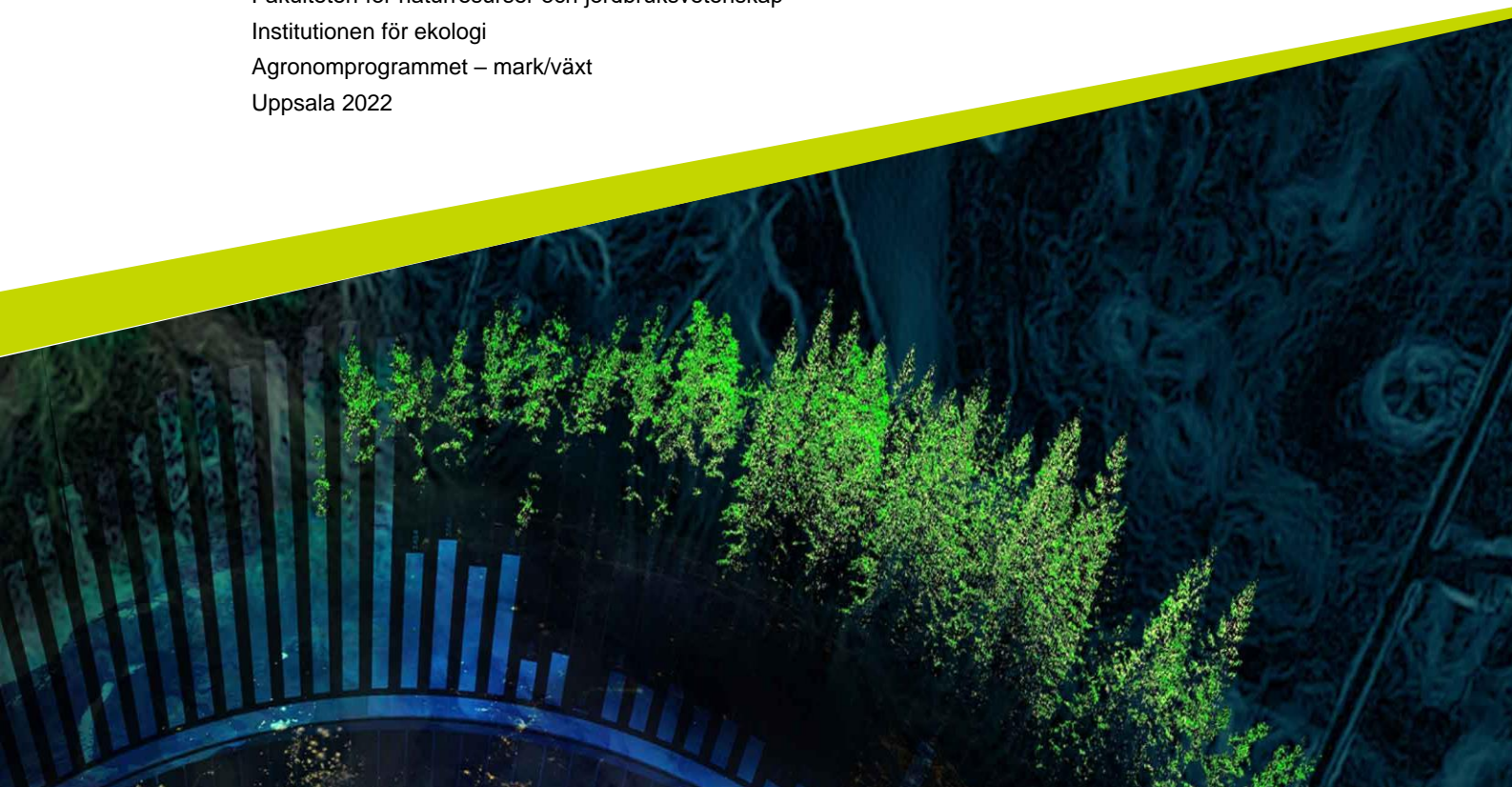


# Effekter av torka och vall på marklevande nematoder

---

Linda Nilsson

Självständigt arbete • 15 hp  
Sveriges lantbruksuniversitet, SLU  
Fakulteten för naturresurser och jordbruksvetenskap  
Institutionen för ekologi  
Agronomprogrammet – mark/växt  
Uppsala 2022



# Effekter av torcka och vall på marklevande nematoder

Linda Nilsson

**Handledare:** Maria Viketoft, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för ekologi

**Examinator:** Astrid Taylor, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för ekologi

**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:** 2022

**Nyckelord:** Nematoder, torcka, markfuktighet, vall, växtföljd

**Sveriges lantbruksuniversitet**

Fakulteten för naturresurser och jordbruksvetenskap

Institutionen för ekologi

## Sammanfattning

Nematoder finns i stora mängder i marken och påverkar jordbruket på flera sätt. Det finns nematoder som har en positiv inverkan då de bidrar till markens näringsomsättning och mobiliserar kväve men det finns även växtätande nematoder som kan orsaka skördeföruster. Eftersom nematoder lever i marken är de svåra att studera och det finns mycket som är okänt vad gäller dessa djur. Ökad kunskap om hur miljöfaktorer och odlingsåtgärder påverkar nematoder är därför intressant för mer hållbara odlingssystem och för att öka produktivitet i jordbruket.

I denna uppsats undersöks effekter av torra och andel vall i växtföljden på nematoder genom en litteraturstudie och analys av insamlade nematodprover från ett långliggande växtföljdsförsök i norra Sverige. Nematodprover togs i fem centimeters intervall ned till 30 cm markdjup. Effekter av torra kunde undersökas då nematodprover togs år 2017 och 2018, vilka var år som skiljde sig markant med avseende på nederbörd. Analyserna gjordes med avseende på den totala nematodförekomsten, förekomsten av olika ekologiska nematodgrupper (bakterieätare, svampätare, växtätare, rot-associerade, allätare och rovdjur) och vid torra även nematodernas djupfördelning i marken.

Resultaten visade att en ökad andel vall i växtföljden hade en positiv effekt på förekomsten av växtätande nematoder. För övriga nematodgrupper hade andelen vall inte så stor påverkan på förekomsten. Vad gäller torra så var den totala nematodförekomsten ungefär tio gånger lägre under torkåret 2018 jämfört med 2017. Vidare var förekomsten av samtliga ekologiska nematodgrupper lägre 2018 än 2017. Fördelningen i marken varierade också mellan åren med en högre nematodförekomst i de övre markskikten det fuktigare året 2017 jämfört med 2018.

*Nyckelord:* Nematoder, torra, markfuktighet, vall, växtföljd

## Abstract

Nematodes are found in large quantities in the soil and affect agriculture in several ways. Some nematodes have a positive impact as they contribute to nutrient turnover and nitrogen mobilization in the soil, but there are also plant-parasitic nematodes that can cause yield losses. Because nematodes live in the soil, they are difficult to study, and much is unknown about these animals. Increased knowledge of how environmental factors and cultivation measures affect nematodes is therefore interesting for potentially increasing productivity in agriculture.

In this essay, the effects of drought and the amount of ley in the crop rotation on nematodes were investigated through a literature study and analyses of collected nematode samples from a long-term crop rotation experiment in northern Sweden. Nematode samples were taken in five-centimeter intervals down to 30 cm soil depth. Effects of drought could be investigated since nematode samples were collected in 2017 and 2018, which were years that differed markedly in respect to precipitation. The analyses were made concerning the total amount of nematodes, the presence of different ecological nematode groups (bacterial feeders, fungal feeders, plant feeders, root-associated, omnivores and predators), and, in the case of drought, also the vertical distribution of nematodes in the soil.

The results showed that more ley in the crop rotation had a positive effect on the occurrence of plant feeders. For the other nematode groups, the proportion of forage in the crop rotation did not have a large effect. Regarding drought, the total nematode amount was approximately ten times lower in 2018 as the soil moisture was lower compared to 2017. Furthermore, the amount of all nematode groups was lower in 2018 than in 2017. The vertical distribution in the soil varied between the years, with a higher nematode occurrence in the upper soil layers in the wetter year 2017 compared to 2018.

*Keywords:* Nematodes, drought, soil moisture, forage, crop rotation

# Innehållsförteckning

<b>1. Inledning</b> .....	<b>8</b>
<b>2. Bakgrund</b> .....	<b>9</b>
2.1 Marklevande nematoder .....	9
2.1.1 Typer av marklevande nematoder .....	9
2.1.2 Överlevnadsstrategier vid ogynnsamma förhållanden .....	11
2.2 Markvatten och nematoder .....	12
2.2.1 Bevattnings .....	12
2.2.2 Lokaler med olika nederbördsmängd .....	13
2.3 Vall och nematoder .....	14
2.3.1 Växtarter i vällen .....	14
2.4 Syfte .....	15
<b>3. Material och metoder</b> .....	<b>16</b>
3.1 Litteratursökning.....	16
3.2 Försöksplats.....	16
3.3 Temperatur och nederbörd .....	17
3.4 Insamling och utdrivning av nematoder .....	19
3.5 Statistisk analys .....	19
<b>4. Resultat</b> .....	<b>21</b>
4.1 Skillnader i nematodförekomst mellan år.....	21
4.1.1 Totala antalet nematoder.....	21
4.1.2 Fördelning mellan grupper .....	21
4.2 Fördelning i marken .....	22
4.3 Påverkan av vall i växtföljden.....	25
<b>5. Diskussion</b> .....	<b>28</b>
5.1 Skillnader i nematodförekomst mellan år.....	28
5.2 Fördelning av nematodgrupper.....	29
5.3 Fördelning i marken .....	30
5.4 Vall och nematoder .....	30
5.5 Felkällor och förslag på vidare studier .....	31
5.5.1 Torka.....	31
5.5.2 Vall.....	32

<b>6. Slutsatser .....</b>	<b>33</b>
<b>Referenser.....</b>	<b>34</b>



# 1. Inledning

Nematoder utgör en egen stam (Nematoda), vilken på svenska översätts till rundmaskar. De är ett av de vanligaste djuren på jorden och förekommer på de flesta ställen där det finns vatten och organiskt material (Dao 1970). Det finns nematoder som lever i bottensediment i sjöar och hav eller i djur, i växter eller i marken (Boström u.å.). Nematoder är vattenlevande djur och de marklevande nematoderna är beroende av markvatten för att kunna leva där. I framtiden när torka förutspås bli allt vanligare, främst till följd av ökad avdunstning (Sjökvist et al. 2019) kan alltså nematoderna i marken komma att påverkas.

De nematoder som finns i marken och i växter påverkar på flera sätt jordbruket. Det finns bland annat nematoder som har svamp eller bakterier som föda, och andra som lever som rovdjur eller allätare. Nematoder bidrar till markens nedbrytningsprocesser och bakterieätande nematoder är speciellt viktiga för markens näringsomsättning eftersom de har en högre kol/kväve-kvot än bakterier och när de äter bakterier mobiliserar de därmed kväve som på så vis görs tillgängligt för växter.

Det finns även nematoder som orsakar skördeförluster i jordbruket genom att äta på våra odlade grödor, fungera som virusvektorer eller underlätta för andra patogener att angripa en gröda genom att försvaga växten på något sätt (Andersson & Eriksson 2001).

En svårighet med dessa växtätande nematoder är att de ofta ger relativt generella symptom (Tronsmo et al. 2020), så vid nematodangrepp finns det en risk att odlaren misstar angreppen för andra orsaker. En annan svårighet är att de inte kan kontrolleras med kemisk bekämpning då de preparat som finns är skadliga för andra djur och miljön, och i Sverige finns inte några godkända preparat. Odlaren måste alltså ta till andra åtgärder för att kontrollera populationer av växtätande nematoder.

I denna studie undersöks hur torka påverkar nematoder i jordbruksmark. Det är intressant då nematoder utgör en viktig del i markens ekosystem samt i våra odlingssystem, och detta kan säga oss något om hur populationerna av marklevande nematoder kan komma att förändras i framtiden. Studien ska även undersöka hur olika växtföljder kan påverka nematoder, närmare bestämt hur olika mängd vall i växtföljden påverkar. En anpassad växtföljd kan vara en strategi för att påverka och kontrollera nematodpopulationer, vid exempelvis problem med växtätande nematoder.



## 2. Bakgrund

### 2.1 Marklevande nematoder

Marklevande nematoder är mikroskopiska och transparenta, och de flesta är mellan 0,5-1,5 mm långa (Andersson 2018). På grund av deras storlek och färglöshet är de oftast svåra att se med blotta ögat. Nematoder har en relativt enkel anatomi och består oftast inte av mer än 1000 celler. Det är en av anledningarna till att det är vanligt att använda den bakterieätande nematodarten *Caenorhabditis elegans* som modellorganism inom biologiforskning.

Nematodernas kropp är omsluten av en flexibel kutikula som skyddar nematoden från angrepp och rovdjur. De har relativt enkla organ som ligger fritt i kroppshålan. Nervsystemet består av en nervring som sitter ihop med nervstammar som går till de olika organen (Lambert & Bekal 2002; Andersson 2018). Matspjälkningsorganen sträcker sig genom hela nematoden och består av mun, matstrupe, tarm och anus (Andersson & Eriksson 2001). De har inte något specialiserat system för cirkulation och respiration (Wharton 1986). Livscykeln innefattar sex stadier: ägg, fyra juvenilstadier samt ett vuxenstadium (Andersson & Eriksson 2001).

De marklevande nematoderna finns bundna i vattenfilmen på markpartiklarna (Tronsmo et al. 2020) och eftersom de är så små kan de inte påverka markstrukturen och göra egna gångar i marken. De är alltså beroende av att det finns tillräckligt stora porer för att de ska kunna ta sig någonstans (Andersson 2018).

#### 2.1.1 Typer av marklevande nematoder

I denna studie görs en ekologisk uppdelning av nematoderna där de delas upp efter vad de äter. Detta är en vanlig uppdelning vid nematodstudier och den är praktisk då nematodernas föda säger mycket om deras ekologi samt vilka effekter de har för växtodlingen. Uppdelningen består av växtätare, rotassocierade nematoder, svampätare, bakterieätare samt samlingsgruppen allätare och rovdjur.

Dessa grupper är dock inte alltid helt tydligt avgränsade då födoval kan variera i olika stadier i livscykeln samt att vissa nematodarter kan ha olika näringskällor (Yeates et al. 1993). Det är dessutom svårt att studera vad nematoderna äter

eftersom de lever i marken. Generationstider skiljer sig mellan grupperna, men även inom de olika grupperna kan olika nematodarter ha olika generationstid. Generationstiden för nematoder kan variera mellan några dagar till ungefär ett år (Andersson & Eriksson 2001).

Här följer en presentation av grupperna:

#### *Växtätare och rot-associerade nematoder*

De nematoder som äter på kärlväxter delas upp i växtätare och rot-associerade nematoder. De växtätande nematoderna kan äta rothår, epidermisceller, cortexceller eller kärlvävnad (Holbein et al. 2016). Vissa nematoder har väldigt specifika värdväxter medan andra har ett brett värdväxtspektrum. Det vanligaste är att de växtpatogena nematoderna har en muntagg som används för att göra hål i växtcellerna (Andersson 2018).

De växtätande nematoderna är antingen ektoparasitära eller endoparasitära. Ektoparasitär innebär att den inte tar sig in i växten, utan endast sticker in sin muntagg i växtrötterna från utsidan medan de endoparasitära nematoderna tar sig in i växten och antingen förflyttar sig inom växten eller blir orörliga efter infektion (Tronsmo et al. 2020). Då endoparasiterna tar sig in i växten kan de ofta orsaka mer skada än de ektoparasitära nematoderna. Endoparasiter kan vara mer skyddade mot rovdjur och patogener då de inte löper lika stor risk att utsättas för de som nematoder som endast lever i marken (Lambert & Bekal 2002).

Rot-associerade nematoder hittas ofta i rotzonen, men det är inte helt klart hur stor påverkan de egentligen har på växterna. De kan äta på växternas rothår, epidermisceller och även svamp i marken (Yeates et al. 1993). De tar sig inte in i växten, utan är ektoparasitära.

#### *Bakterieätare*

Munnen hos bakterieätande nematoder liknar ett rör genom vilken nematoden kan suga i sig bakterier (Andersson 2018). De bakterieätande nematoderna har en positiv effekt på växter eftersom de frigör oorganiskt kväve i marken när de äter bakterier (Tronsmo et al. 2020), vilket då blir tillgängligt för växterna att ta upp. De kan även påverka växter positivt genom att äta växtpatogena bakterier men negativt genom att äta bakterier som har positiv effekt på växter så som rhizobiumbakterier (Matus-Acuña et al. 2018; Chantanao & Jensen 1969). Bakterieätare har ofta en generationstid på enbart några dagar (Andersson & Eriksson 2001) men generationstiden kan också vara längre (Bongers & Bongers 1998).

#### *Svampätare*

Svampätarna äter svamphyfer och har en muntagg som sticker hål på svamphyfernas celler (Nordiska Jordbrukares Förening 1971). De kan äta flera

olika typer av svampar så som saprofytiska svampar och svampar som bildar mykorrhiza. De kan även äta växtpatogena svampar (Ruess et al. 2000) och på så vis bidra med positiva effekter för grödor.

#### *Rovdjur och allätare*

Rovdjur har oftast en bred mun med tänder eller ett spetsigt rör i munnen (Andersson 2018). De kan äta bland annat protozoer, hjuldjur, småringmaskar och andra nematoder. Att de även kan äta andra nematoder innebär att de rovlevande nematoderna tillhör en högre trofisk nivå än de övriga nematodgrupperna och kan därmed påverkas av förekomsten av de andra grupperna. Gruppen allätare innefattar nematoder som kan äta föda från flera av de andra grupperna (Yeates et al. 1993). Rovdjur och allätare har ofta en relativt lång generationstid (Bongers & Bongers 1998).

### 2.1.2 Överlevnadsstrategier vid ogynnsamma förhållanden

Nematoder är i många fall anpassade för att överleva ogynnsamma förhållanden. Flera av nematoderna som finns i marken kan överleva både abiotisk och biotisk stress tack vare anpassningar till sin levnadsmiljö. Att ha ett brett värdväxtspektrum är till exempel en anpassning hos nematoder för att klara sig trots att en viss typ av växt minskar i antal eller försvinner (Lambert & Bekal 2002). Hos vissa nematoder finns även förmågan att gå in i ett speciellt överlevnadstillstånd för att överleva ogynnsamma perioder. Dessa tillstånd benämns *kryptobios* och *diapaus*.

#### *Kryptobios*

Många marklevande nematoder kan gå in i kryptobios och detta kan ske vid olika faser av livscykel (Van Gundy 1965). Kryptobios är ett tillstånd som induceras av ogynnsamma förhållanden så som torka, frysning och syrebrist. Tillståndet innebär att nematoden går in i en vila där den metaboliska aktiviteten upphör (Andersson 2018). Detta tillstånd kan vara i flera år och upphör när nematodens omgivning blir mer gynnsam.

Förmågan till kryptobios varierar mellan olika nematodarter. I en studie undersökte Fielding (1951) hur länge växtätande nematoder kunde överleva i de växtdelar de infekterat när de förvarades i rumstemperatur. Resultatet visade att det var stor skillnad i överlevnad mellan arter, till exempel hade stjälnematod (*Ditylenchus dipsaci*) en överlevnad på 0% redan efter 16 år medan exempelvis vetefrögallnematod (*Anguina tritici*) i ett prov uppvisade en överlevnad på 100% efter 28 år.

#### *Diapaus*

Vid markförhållanden som torka, ogynnsam temperatur eller brist på föda (som till exempel brist på rätt värdväxt) kan nematoderna gå in i diapaus där deras

metaboliska aktivitet reduceras, men till skillnad från kryptobios så upphör den inte helt.

Ett exempel på detta är att flera bakterieätande nematoder kan bilda dauerlarver vid ogynnsamma miljöförhållanden. Dauerlarv är en typ av specialiserat juvenilstadium som klarar av ogynnsamma förhållanden då den bland annat är mer torktålig och mer tålig för näringsbrist än vanliga juvenilstadier (Andersson & Eriksson 2001). Ett exempel på en nematodart som kan bilda dauerlarver är *Caenorhabditis elegans*.

För de växtätande nematoderna havrecystnematod (*Heterodera avenae*), rotgallnematoden *Meloidogyne naasi* och gul potatiscystnematod (*Globodera rostochiensis*) kan diapaus innebära att diapauslarver finns i ägg som ligger kvar i marken under en längre tid utan att kläckas (Sommerville & Davey 2002).

## 2.2 Markvatten och nematoder

Nematoder är vattenlevande och i marken finns de i vattenfilmen runt markpartiklarna. Är vattenhalten för låg begränsas nematodernas rörlighet i marken och dessutom kan det osmotiska trycket bli för högt. Vid för hög vattenhalt kan istället syretillgången bli för låg (Andersson 2018) och nematoderna får inte stöd när de ska förflytta sig. Den optimala vattenhalten varierar mellan olika nematoder beroende på deras storlek.

### 2.2.1 Bevattning

Studier som har gjorts om markvattnets påverkan på nematoder genom att variera mängden artificiell bevattning visar på varierande effekt. Neher et al. (1999) undersökte hur olika markvattenhalter påverkade olika grupper av nematoder i fält. De kom fram till att många nematoder överlever även vid relativt låga markvattenhalter. Markvattenhaltens påverkan på nematoder tillhörande olika ekologiska grupper varierade även under säsongen. Det fanns alltså inget generellt samband mellan markvattenhalt och förekomsten av de olika nematodgrupperna.

I ett krukförsök som pågick under växstsäsongen (april-oktober) undersöktes skillnader i nematodantal mellan krukor som endast fick tillskott av naturligt regnfall och krukor som även fick tillskott av artificiell bevattning. Resultatet från den studien visade att markvattenhalten hade relativt liten effekt på förekomsten av nematoder (Griffiths et al. 2003). Hos vissa grupper av nematoder observerades förändringar i förekomsten men det var ingen effekt på det totala antalet nematoder. Bakonyi & Nagy (2000) visade att antalet nematoder var lägre vid behandlingar med höga vattennivåer jämfört med låga vattennivåer i fält. Även Sylvain et al. (2014) visade på att vid behandlingar med olika mängd bevattning i fält på samma

plats fanns det en negativ korrelation mellan antalet nematoder i marken och ökad markfuktighet på alla platser förutom på den torraste platsen, där man inte kunde se några signifikanta skillnader i antalet nematoder.

I en studie av Todd et al. (1999) där nematodförekomsten jämfördes mellan obevattnade och bevattnade fält, kom man fram till att antalet växtätande nematoder ökade i bevattnat led jämfört med obevattnat led. För resterande nematodgrupper varierade påverkan av bevattning mer. Antalet bakterieätande nematoder var högre i bevattnat led endast då skillnaden i markfukt mellan bevattnat och obevattnat led var som störst. Vid de tillfällen då markfukten inte skiljde sig lika mycket fanns det alltså ingen skillnad i antalet bakterieätande nematoder mellan leden eller så fanns det mer i det obevattnade ledet. Även antalet svampätande nematoder var högre i det bevattnade ledet när mängden markfukt skiljde sig mycket, men vid de andra tidpunkterna fanns ingen tydlig trend.

Endoparasitära och ektoparasitära nematoder kan påverkas olika av olika nederbördsmängd. I en fältstudie där nederbörden kontrollerades minskade både antalet ektoparasiter och endoparasiter vid ökad nederbörd i ett fuktigt klimat (Ankrom et al. 2020). Däremot i torrt och medeltorrt klimat påverkades knappt ektoparasiterna vid ökad nederbörd medan endoparasiterna ökade vid ökad nederbörd i medeltorrt klimat men inte i torrt klimat. Enligt den studien verkar alltså ökad nederbörd ha en negativ effekt på förekomsten av växtätande parasiter i ett fuktigt klimat men vid torrare klimat verkar ökad nederbörd antingen ha en positiv eller ingen påverkan.

Nematoder kan även påverkas av hur andra organismer, som de samspelar med, påverkas av torka. Detta kan exempelvis vara organismer som nematoder äter, organismer som äter nematoder eller organismer som konkurrerar med nematoder om föda. Neher et al. (1999) visade till exempel att det kan finnas en positiv korrelation mellan hoppstjärntar och bakterieätande nematoder samt mellan småringmaskar och bakterieätande nematoder och att detta är vanligare i torrare jordar än i fuktigare jordar. De observerade även att det kan finnas korrelationer mellan olika nematodgrupper, till exempel var ökad mängd bakterie- och svampätande nematoder positivt för mängden rovlevande nematoder. Studien visade även att mängden svamp i marken var som högst vid lägre vattenhalt och att mängden bakterier var högst vid högre vattenhalt. Det fanns dock inte några signifikanta samband mellan antalet bakterieätande nematoder och svampätande nematoder med mängden bakterier respektive svamp i marken.

Markvattenhalten kan även påverka växternas tillväxt och rotutveckling, vilket kan ha en positiv effekt på växtätande nematoder.

### 2.2.2 Lokaler med olika nederbördsmängd

Todd et al. (1999) jämförde även förekomsten av nematoder mellan två lokaler med olika medelårsnederbörd, 616 mm respektive 1053 mm, och det konstaterades att

antalet växtätande nematoder var högre där medelårsnederbörden var högre. Även Ankrom et al. (2020) visade att det är fler växtpatogena nematoder i ett fuktigare klimat. Sylvain et al. (2014) kunde konstatera att det totala antalet nematoder var högre på platserna med högre nivåer av markfukt då fyra olika platser jämfördes.

## 2.3 Vall och nematoder

Vall är en perenn gröda och perenna grödor kan utgöra en mer långvarig resurs än årliga grödor. Detta innebär att de kan ha en positiv effekt på nematoder, speciellt på växtätande nematoder som är väldigt beroende av sina värdväxter (Freckman 1985). I en svensk studie visade Sohlenius et al. (1987) att nematodförekomsten var högre där perenna grödor odlades jämfört med där årliga grödor odlades. De kom även fram till att en ökad rotproduktion hade positiv effekt på den totala nematodförekomsten. Enligt Yeates (1999) är även diversiteten av nematoder större när perenna grödor odlas jämfört med när årliga grödor odlas.

Medan vallen ligger så är marken relativt ostörd jämfört med när årliga grödor odlas eftersom det då oftast tillämpas olika typer av jordbearbetning. I en studie av Lenz & Eisenbeis (2000) reducerade jordbearbetning antalet nematoder i de översta 10 cm av marken men inte i 10–20 cm-lagret och plöjning hade större negativ effekt än kultivering. De observerade även att andelen bakterieätande nematoder var högre i bearbetade led jämfört med obearbetade led. Andelen växtätande nematoder var däremot lägre i bearbetade led. Detta överensstämmer med en studie utförd av (Thomas 1978) där resultaten visar att antalet växtätande nematoder minskade av bearbetning. I studien föreslås att en möjlig orsak till detta kan vara att plöjning fördröjer markuppvärmning och därmed även äggkläckning. En annan möjlig orsak som nämns är att den ökade mängden växtrester på markytan som minskad bearbetning ger kan göra så att fukt och värme stannar kvar i marken, vilket skulle kunna ha en positiv effekt på nematoderna.

Dock visade McSorley & Gallaher (1994) att skillnader i nematodförekomst mellan led med konventionell jordbearbetning jämfört med direktsådd endast var signifikanta i enstaka fall för vissa nematodararter och jordbearbetningsstrategi hade alltså inte någon betydande effekt på nematodförekomsten i den studien.

### 2.3.1 Växtarter i vallen

Växtföljden kan vara ett viktigt verktyg för att kontrollera förekomsten av nematoder. Många växtätande nematoder är specialiserade på att angripa vissa värdväxter och om dessa växter odlas med tillräckligt långa mellanrum kan eventuella problem undvikas.

Även val av resistent och toleranta sorter kan vara viktigt för att undvika problem med växtätande nematoder (Andersson 2018). Alltså kan de växtarter som

finns i vallen potentiellt påverka nematodförekomsten. I en svensk studie undersökte Viketoft et al. (2005) effekten av olika vallgrödor på nematodförekomsten i marken och kom fram till att olika vallarter kan påverka förekomsten av nematoder olika. Hundäxing (*Dactylis glomerata*) var den gräsart av de arter som testades som gav högst nematodantal i marken. Vitklöver (*Trifolium repens*) var den baljväxt som gav högst nematodantal.

## 2.4 Syfte

Syftet med denna studie är att undersöka följande frågeställningar:

- Hur påverkar torra det totala antalet nematoder i marken?
- Skiljer sig påverkan av torra mellan olika nematodgrupper (antalet växtätare, rot-associerade nematoder, svampätare, bakterieätare samt rovdjur och allätare)?
- Hur påverkas nematodernas fördelning över markdjup av torra?
- Kan antalet år med vall i växtföljden påverka det totala antalet marklevande nematoder?
- Skiljer sig påverkan av antalet år med vall i växtföljden mellan olika nematodgrupper?

## 3. Material och metoder

Detta arbete består av en litteraturstudie samt analys av insamlade data om nematodförekomst i odlingsmark vid torka och olika växtföljder.

### 3.1 Litteratursökning

Litteratur söktes via sökmotorerna Web of Science, Google, Google Scholar och SLU:s interna sökmotor Primo. Dessutom användes en del tryckt litteratur som beställdes på SLU-biblioteket. Sökord som användes var främst *nematodes*, *moisture*, *irrigation*, *soil depht*, *perennial crops* och *till*. Syftet med litteraturstudien var att beskriva nematodernas grundläggande ekologi samt att sammanställa tidigare studier som har koppling till hur torka och vall kan påverka nematoder.

### 3.2 Försöksplats

Den nematoddata som analyserades kom från nematodprover från rutor i SLU:s långliggande försök R8-71B där effekter av olika växtföljder undersökts sedan 1955. Försöksplatsen är belägen i Offer i Västernorrlands län, koordinater 63.14 N 17.75 E (Zhou et al. 2019). Jordtypen är mjällig lättlera.

Försöket består av 24 rutor med måtten 8x20 m. Det finns sex rutor för varje växtföljd som är utspridda över försöket. I denna studie togs nematodprover ur led med tre olika växtföljder, i rutor med grödor som är gemensamma för alla växtföljderna. Samtliga växtföljder är sexåriga men de skiljer i andelen vall (tabell 1). Vallen sås in i korn och växtföljd A består av enbart vall (förutom korn med insådd), växtföljd B har tre vallår och växtföljd D har ett vallår. Arterna som ingår i vallfröblandningen är timotej, ängssvingel och rödklöver.



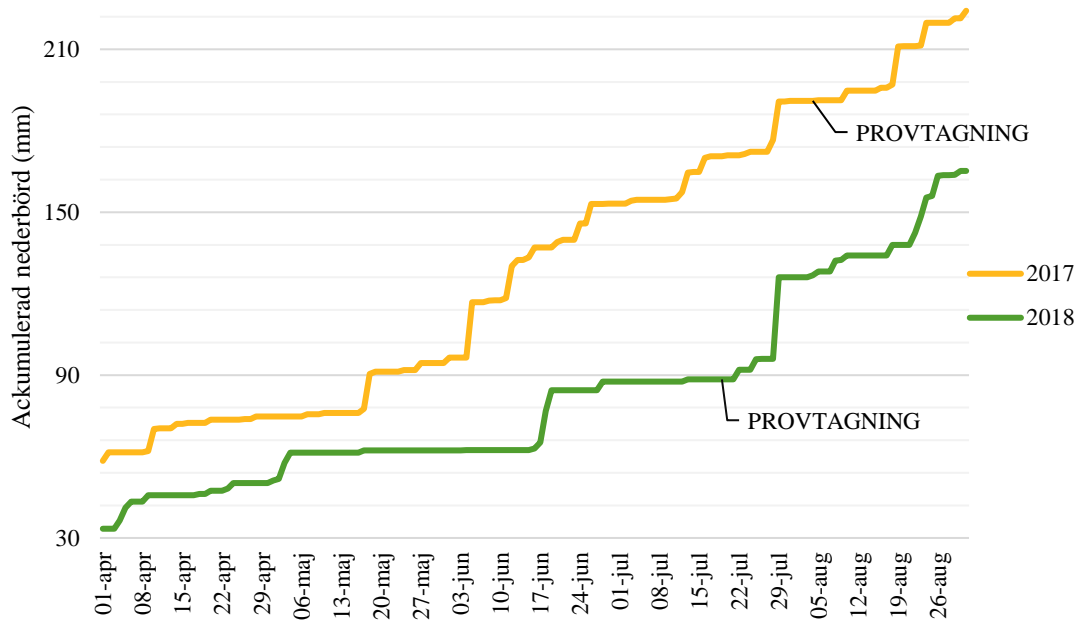
**Tabell 1.** Växtföljderna för rutorna som ingår i försöket. Nematodprover till denna studie togs i växtföljd A, B och D.

Växtföljd A	Växtföljd B	Växtföljd C	Växtföljd D
Korn med vallinsådd*	Korn med vallinsådd*	Korn med vallinsådd	Korn med vallinsådd*
Vall I*	Vall I*	Vall I	Vall I*
Vall II	Vall II	Vall II	Korn
Vall III	Vall III	Korn	Potatis
Vall IV	Korn	Potatis	Korn
Vall V	Raps/korn/ärt	Raps/korn/ärt	Potatis

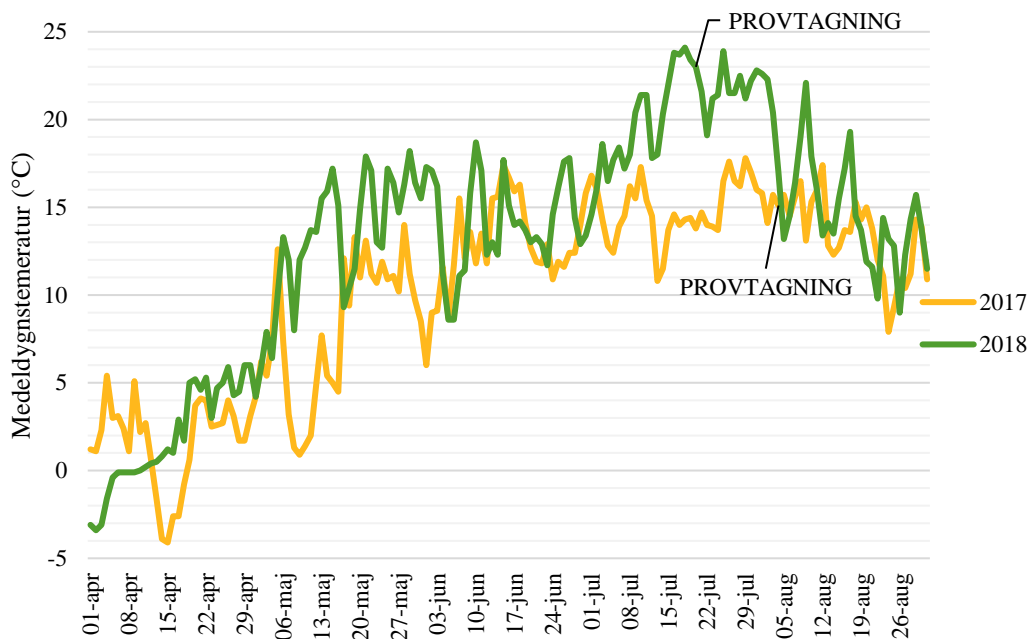
\*Nematodprover togs i dessa rutor.

### 3.3 Temperatur och nederbörd

Nematodprover samlades in under växstsäsongen både år 2017 och 2018. På försöksplatsen skiljde sig vädret markant under växstsäsongen mellan dessa år, speciellt med avseende på nederbörd både vad gäller total nederbörd och längd på perioder utan eller med väldigt lite nederbörd (figur 1). Medelvärde för den ackumulerade årliga nederbörden under perioden 2015–2021 är 428 mm/år och detta värde var för 2017 434 mm/år och för 2018 286 mm/år. Med avseende på nederbörd var 2017 alltså ett relativt genomsnittligt år medan 2018 var betydligt torrare än normalt. Även temperaturen skiljde sig mellan åren, med en högre medeltemperatur under växstsäsongen 2018 (figur 2).



**Figur 1.** Ackumulerad nederbörd vid väderstation Undrom-Lännäs för åren 2017 och 2018 mellan 1 april och 31 augusti. Tidpunkter för provtagningarna är markerade i grafen. Data är hämtad från Lantmet.



**Figur 2.** Medeldygnstemperaturer vid väderstation Undrom-Lännäs mellan 1 april och 31 augusti åren 2017 och 2018. Tidpunkter för provtagningarna är markerade i grafen. Data är hämtad från Lantmet.

### 3.4 Insamling och utdrivning av nematoder

Jordproverna samlades in den 4 augusti 2017 samt den 20 juli 2018. Detta gjordes med en jordborr som slogs ned till 30 cm djup. För varje växtföljd (A, B och D) togs prov i en ruta med förstaårsvall samt en ruta med korn med vallinsådd. I varje ruta togs fyra prov. Proverna togs i rutornas yttre del. Proverna delades sedan upp i sex fraktioner baserade på markdjupet: 0-5 cm, 5-10 cm, 10-15 cm, 15-20 cm, 20-25 cm och 25-30 cm. Jordproverna lades i plastburkar och förvarades sedan i en kylväska i fält. Senare förvarades proverna i ett kylrum med temperaturen 5°C fram till utdrivningen av nematoderna.

Utdrivningen skedde enligt en modifierad Baermann metod (Viketoft et al. 2005). Jordproverna lades på ett filter som placerades i vattenfyllda glastrattar med glasrör i botten för att samla upp nematoderna. Sedan placerades en glödlampa över varje tratt i 24 timmar. Under denna tid rör sig nematoderna aktivt nedåt i provet för att undvika ljuset och värmen från glödlampan och väl i vattnet så sjunker de till botten av glasröret. Efter de 24 timmarna togs glasröret bort från tratten och nematoderna i röret värmedödades och fixerades. De utdrivna nematoderna räknades och artbestämdes med hjälp av mikroskop och sedan gjordes en ekologisk uppdelning av nematoder med avseende på vad de äter. Denna uppdelning består som tidigare nämnts av växtätare, rot-associerade nematoder, svampätare, bakterieätare samt samlingsgruppen allätare och rovdjur.

### 3.5 Statistisk analys

För att testa om antalet nematoder skiljde sig åt mellan de två åren användes envägs-ANOVA, och analys gjordes både på det totala antalet nematoder och på varje nematodgrupp separat. Envägs-ANOVA och Tukey's test användes för att testa skillnad mellan olika nematodgrupper, och dessa analyser gjordes separat för de olika åren.

Tvåvägs-ANOVA med faktorerna växtföljd och år gjordes för att undersöka om det fanns skillnader i nematodförekomst (totala antalet samt de olika nematodgrupperna) mellan de olika växtföljderna och mellan åren samt för att undersöka om det fanns en interaktion mellan dessa faktorer. Tvåvägs-ANOVA gjordes även med faktorerna gröda och växtföljd för att undersöka om det spelade någon roll i vilken gröda (korn med insådd eller vall) som nematodproverna togs i. Ytterligare en tvåvägs-ANOVA gjordes med faktorerna fördelning över markdjup och år. Dessa analyser gjordes för att undersöka om nematodförekomsten varierar med markdjupet och om fördelningen skiljde sig mellan åren.

I de fall det var en signifikant interaktion med år, så gjordes separata envägs-ANOVOR för de två åren. Tukey's test gjordes sedan för att hitta vilka markdjup,

respektive växtföljder som hade signifikanta skillnader mellan sig. Signifikansnivån som användes vid samtliga analyser var 95% signifikans.

Vid provtagningen togs fyra prov i varje ruta på sex olika markdjup och i den statistiska analysen slogs antalet nematoder i de sex olika markdjupen ihop för att analysera antalet nematoder på 30 cm markdjup. Proven som hade tagits från samma rutor behandlades som oberoende prover eftersom bedömningen gjordes att proverna togs med ett tillräckligt avstånd från varandra.

## 4. Resultat

### 4.1 Skillnader i nematodförekomst mellan år

#### 4.1.1 Totala antalet nematoder

Antalet nematoder i marken skiljde sig betydligt mellan 2017 och 2018 (tabell 2). 2017 var medelvärdet 26 nematoder per gram torr jord och uppmätta värden låg mellan 12 och 81 nematoder per gram torr jord. År 2018 var medelvärdet 2,5 nematoder per gram torr jord och uppmätta värden låg mellan 0,82 och 8,6 nematoder per gram torr jord. Även inom samtliga nematodgrupper var nematodantalet signifikant lägre 2018 jämfört med 2017 (tabell 2).

#### 4.1.2 Fördelning mellan grupper

Rangordningen på vilka grupper som dominerade var något som inte skiljde sig avsevärt mellan åren (tabell 2). Bakterieätande nematoder var den dominerande gruppen 2017 och svampätande nematoder den grupp det fanns näst mest av. År 2018 dominerade dessa två grupper tillsammans och skillnaden i antal mellan dem var liten och ej statistiskt signifikant. Båda åren kom därefter rot-associerade nematoder och växtätare. Rovdjur och allätare var den grupp som det fanns minst av båda åren.

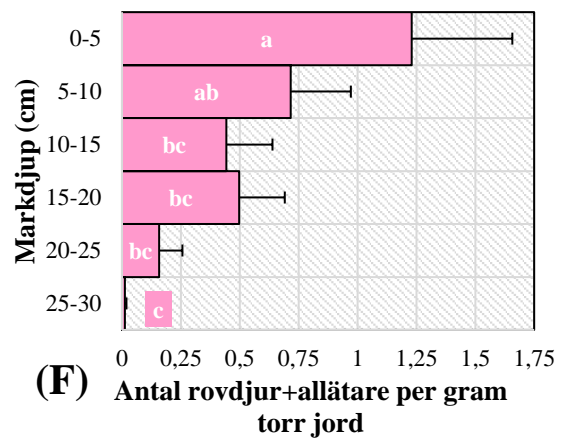
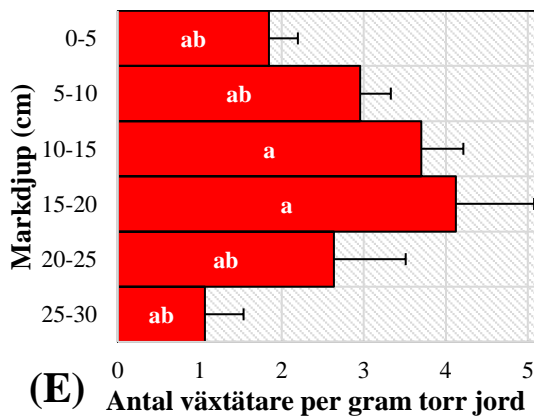
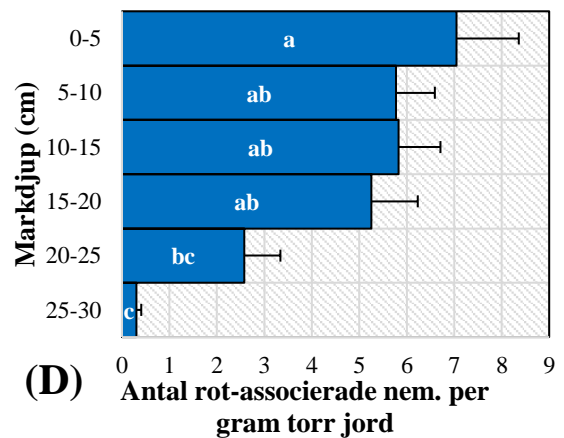
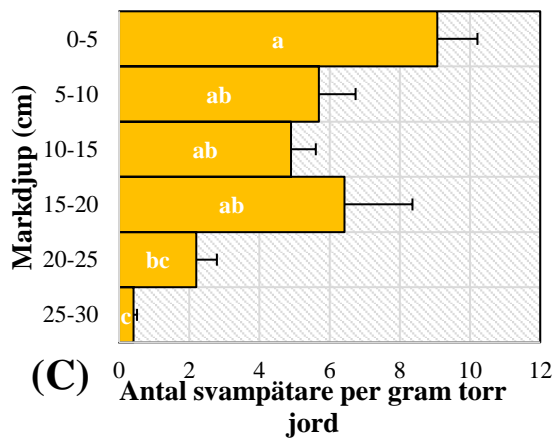
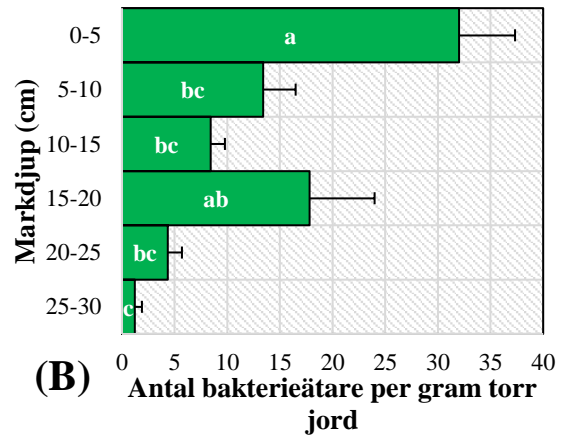
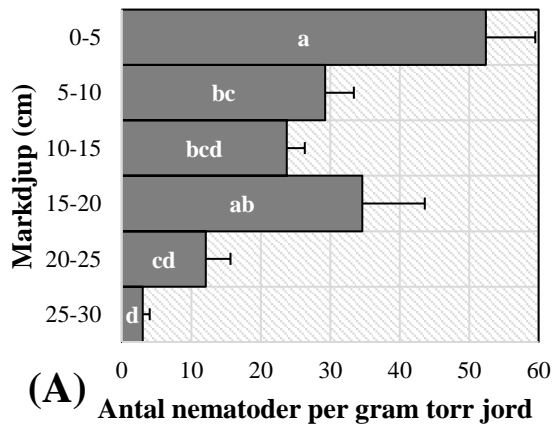
*Tabell 2. Medelvärden (standardfel) för nematoder per gram torr jord uppdelat i ekologiska grupper. p visar signifikans i skillnad mellan medelvärden 2017 och 2018. Bokstäver visar signifikanta skillnader i medelvärden mellan de olika nematodgrupperna.*

Nematodgrupp	2017	2018	p
Växtätare	2,72 (0,43) b	0,18 (0,04) bc	<0,001
Rot-associerade nematoder	4,46 (0,51) b	0,48 (0,10) ab	<0,001
Svampätare	4,78 (0,55) b	0,85 (0,11) a	<0,001
Bakterieätare	12,87 (1,99) a	0,92 (0,20) a	<0,001
Rovdjur och allätare	1,02 (0,18) b	0,04 (0,01) c	<0,001
Totalt	25,85 (3,03)	2,46 (0,37)	<0,001

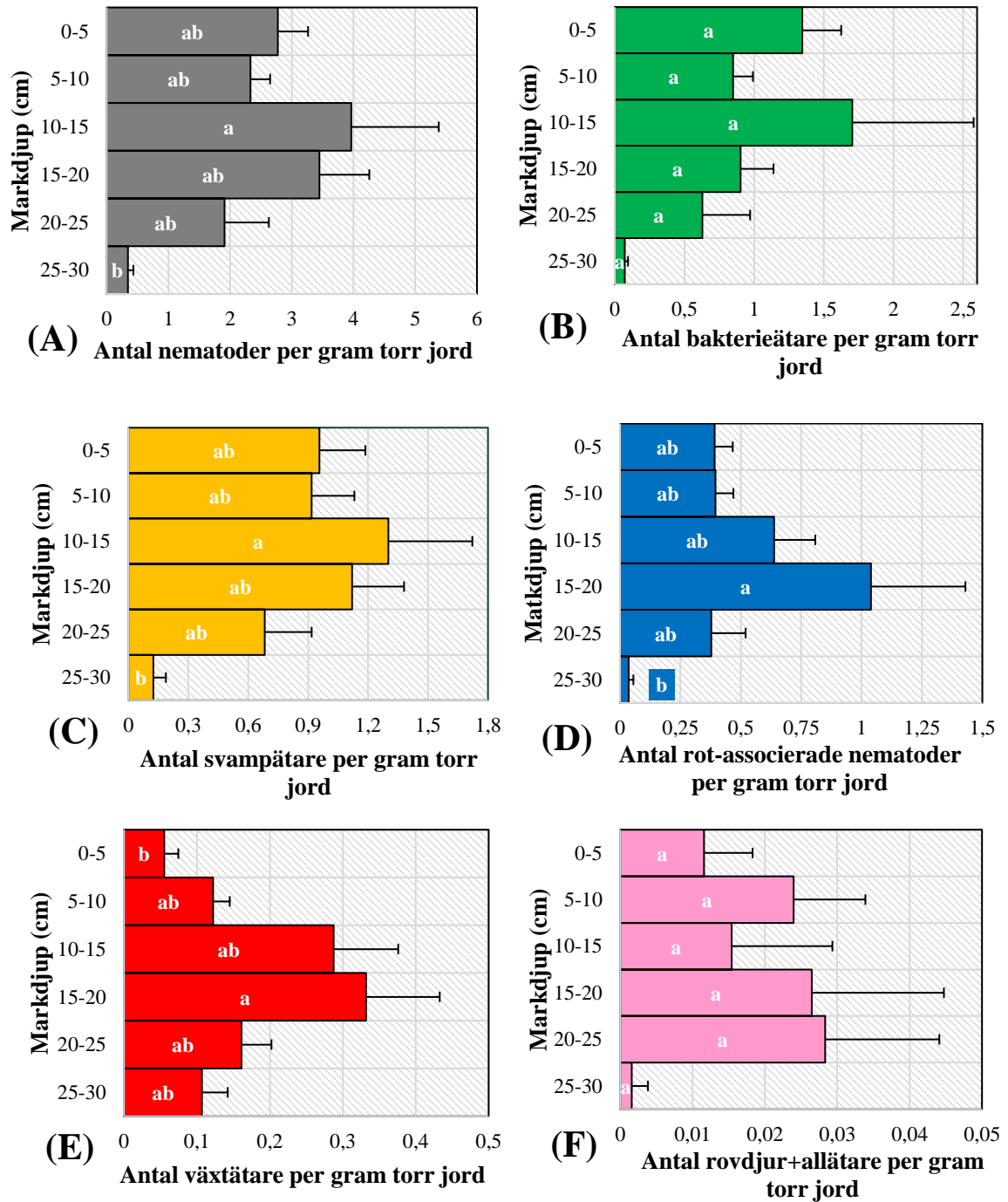
## 4.2 Fördelning i marken

Det var en signifikant interaktion mellan markdjup och år både för det totala antalet nematoder och också samtliga nematodgrupper, vilket innebär att fördelningen av nematoder med markdjupet skiljde sig åt mellan åren. Ur figur 3 går att urskilja en trend att nematodförekomsten minskar med ökat markdjup 2017, med undantag för 15 - 20 cm djup där nematodförekomsten var som näst högst. Den totala nematodförekomsten var högst i det översta marklagret (0 - 5 cm) och var signifikant högre där än i alla andra marklager förutom i marklager 15 - 20 cm. Det var främst bakterieätare och gruppen rovdjur och allätare som hade högst förekomst i övre delen av marken.

År 2018 var fördelningen av nematoder jämnare över de olika markdjupen och få signifikanta skillnader fanns (figur 4). För totala antalet nematoder var den enda statistiskt signifikanta skillnaden att nematodförekomsten var högre i markdjup 10 – 15 cm än i markdjup 25 - 30 cm. För bakterieätare och gruppen rovdjur och allätare fanns det 2018 inga signifikanta skillnader mellan de olika markdjupen.



**Figur 3.** Antalet (A) nematoder totalt, (B) bakterieätare, (C) svampätare, (D) rot-associerade nematoder, (E) växtätare och (F) rovdjur och allätare per gram torr jord 2017 i de olika markdjupen. Felstaplarna visar standardfel och de vita bokstäverna visar statistisk signifikans för skillnader i nematodförekomst mellan de olika markdjupen.



**Figur 4.** Antalet (A) nematoder totalt, (B) bakterieätare, (C) svampätare, (D) rot-associerade nematoder, (E) växtätare och (F) rovdjur och allätare per gram torr jord 2018 i de olika markdjupen. Felstaplarna visar standardfel och de vita bokstäverna visar statistisk signifikans för skillnader i nematodförekomst mellan de olika markdjupen.



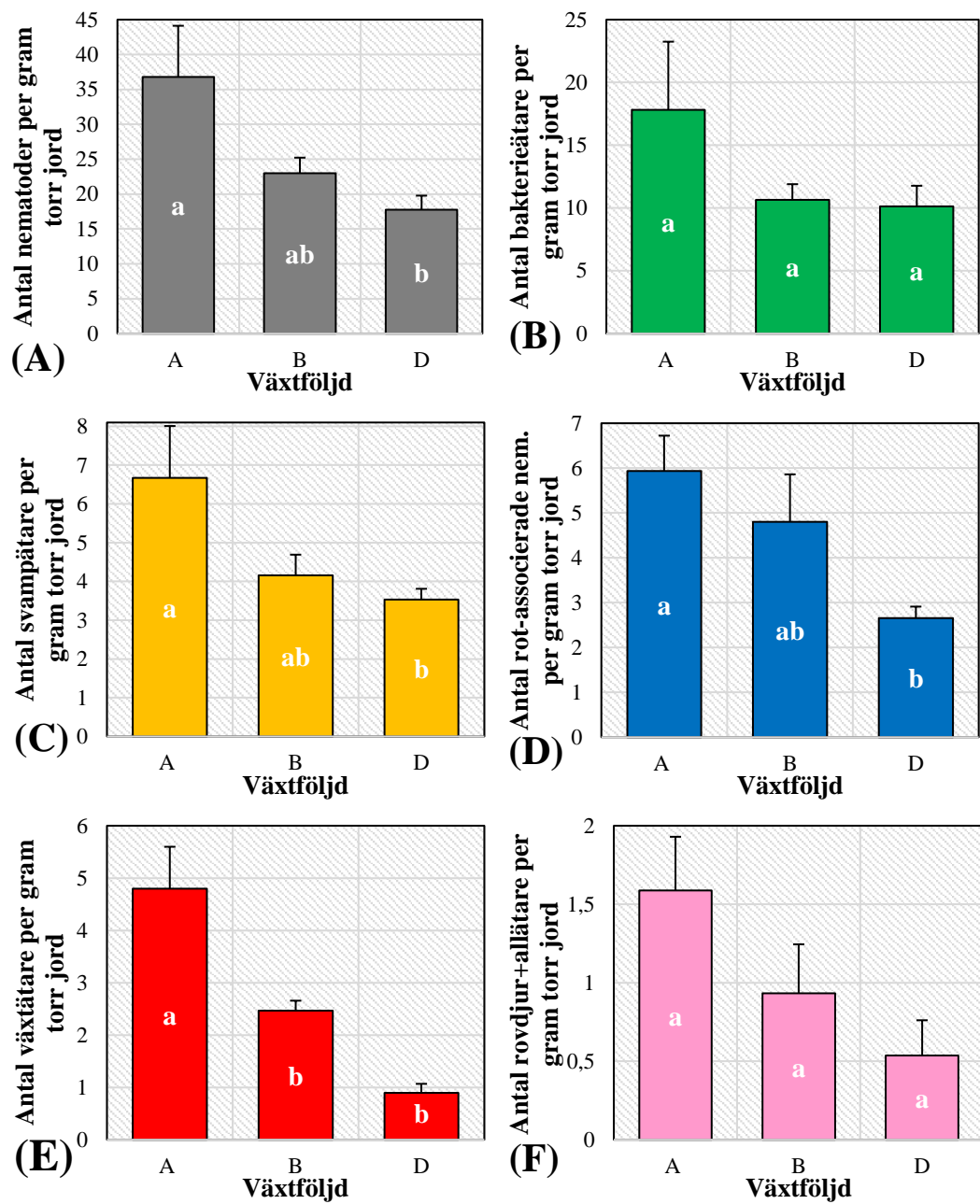
### 4.3 Påverkan av vall i växtföljden

Tvåvägs-ANOVA visade att det fanns en statistisk signifikant interaktion mellan faktorerna år och växtföljd vid analys av det totala antalet nematoder, samt växtätare och rot-associerade nematoder.

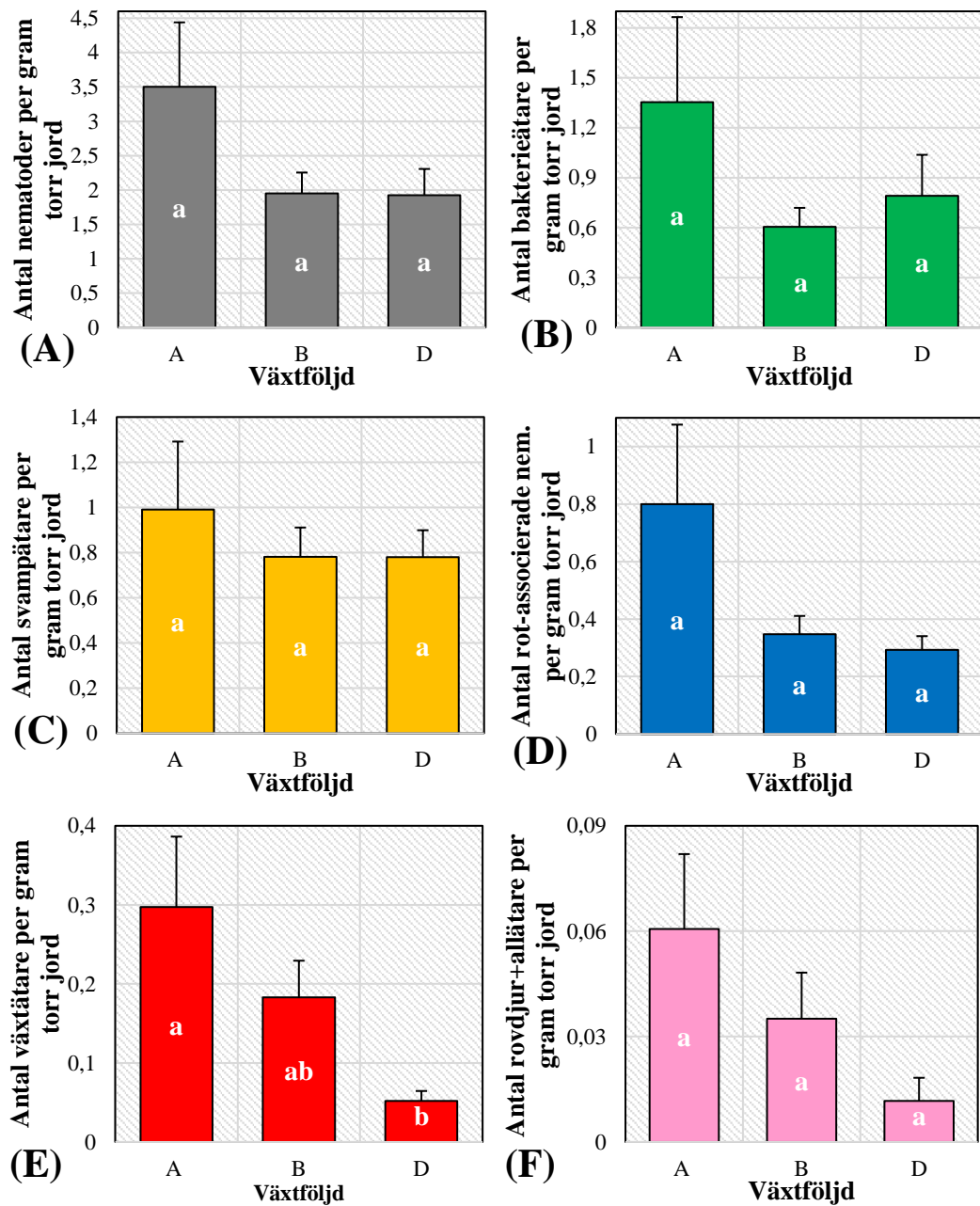
Figur 5 och 6 visar nematodförekomsten och förekomsten av de olika nematodgrupperna i de tre olika växtföljderna med olika mängd vall 2017 respektive 2018. År 2017 var den totala nematodförekomsten högre i den växtföljd med flest vallår (växtföljd A) jämfört med växtföljden med minst antal vallår (växtföljd D). Samma signifikanta skillnad fanns hos nematodgrupperna svampätare och rot-associerade nematoder. Antalet växtätande nematoder var högre i växtföljd A än i de andra två växtföljderna.

År 2018 fanns det däremot inga signifikanta skillnader mellan den totala nematodförekomsten i de olika växtföljderna. Den enda nematodgrupp där det fanns en signifikant skillnad 2018 var för växtätare där nematodförekomsten var signifikant högre i växtföljd A än i växtföljd D.

Tvåvägs-ANOVA visade även att det inte fanns någon statistiskt signifikant interaktion mellan faktorerna gröda och växtföljd för det totala antalet nematoder och de flesta av nematodgrupperna något av åren. Det fanns endast en signifikant interaktion mellan dessa faktorer, vilket var vid analys av förekomsten av rovdjur och allätare år 2018. Vad gäller effekt av gröda på förekomsten av nematoder så var antalet rovdjur och allätare signifikant högre i rutorna med vall jämfört med rutorna med korn år 2017. År 2018 var det totala antalet nematoder och antalet växtätare, svampätare samt bakterieätare signifikant högre i rutorna med korn jämfört med i rutorna med vall.



**Figur 5.** Antalet (A) nematoder totalt, (B) bakterieätare, (C) svampätare, (D) rot-associerade nematoder, (E) växtätare och (F) rovdjur och allätare per gram torr jord 2017 vid tre olika växtföljder. Felstaplarna visar standardfel och de vita bokstäverna visar statistisk signifikans för skillnader i nematodförekomst mellan de olika växtföljderna.



**Figur 6.** Antalet (A) nematoder totalt, (B) bakterieätare, (C) svampätare, (D) rot-associerade nematoder, (E) växtätare och (F) rovdjur och allätare per gram torr jord 2018 vid tre olika växtföljder. Felstaplarna visar standardfel och de vita bokstäverna visar statistisk signifikans för skillnader i nematodförekomst mellan de olika växtföljderna.

## 5. Diskussion

### 5.1 Skillnader i nematodförekomst mellan år

År 2018 var ett ovanligt torrt år i Sverige (Sjökvist et al. 2019) och på försöksplatsen för denna studie skiljde sig nederbörd under växtsäsongen mellan 2017 och 2018, med en lägre nederbördsmängd 2018. Medeltemperaturen var även högre 2018, vilket är en av parametrarna som ger en högre avdunstning. Markfuktigheten var alltså med största sannolikhet markant lägre på försöksplatsen 2018, och dessutom skedde provtagningen 2018 vid en tidpunkt då det inte kommit någon betydande mängd nederbörd under en relativt lång tid.

Ett intressant resultat var att den totala förekomsten av nematoder var ungefär 10 gånger högre 2017 jämfört med 2018, vilket skulle kunna bero på att skillnaden i nederbörd mellan åren var mycket stor. Det var ett delvis väntat resultat eftersom låg markfuktighet är potentiellt ogynnsamt för nematoder. Detta då nematoder är vattenlevande och beroende av vattenfilmen runt markpartiklarna för att kunna röra sig i marken. Däremot har flera studier som utförts utanför Sverige inte visat på att olika vattenbehandlingar har så pass stor effekt på nematoder som de skillnader man kan se mellan 2017 och 2018 i denna studie (Neher et al. 1999; Todd et al. 1999; Bakonyi & Nagy 2000; Griffiths et al. 2003).

Anledningen till att skillnaden mellan olika markvattenhalt inte har visat sig vara lika stor i andra studier kan ha flera orsaker. Några viktiga aspekter att ta hänsyn till är hur klimatet är på de olika platserna, hur torrt det varit i marken under försöken, hur länge perioderna av låg markfuktighet varat och hur mycket markfuktigheten varierar mellan olika led.

Däremot har studier visat att det kan finnas större skillnader i nematodantal i marken mellan platser med olika årsmedelnederbörd (Yeates 1978; Todd et al. 1999; Sylvain et al. 2014; Ankrom et al. 2020). Detta indikerar att förändringar i nematodsamhällen kan ta lång tid och att en kortare torrperiod inte har lika stor påverkan. Vid torka under en kortare period kan även många nematoder överleva tack vare förmågan att gå in i kryptobios eller diapaus under torkperioden och sedan bli aktiva igen när livsmiljön blir mer gynnsam.

En annan möjlig orsak som skulle kunna förklara den låga nematodförekomsten 2018 är att markfuktigheten säkerligen var väldigt låg i de översta marklagren då

och högre längre ned. Det är därför möjligt att nematoderna sökt sig till ännu djupare marklager än de som provtogs i denna studie. I en kinesisk studie där man undersökte förekomsten av bakterieätande nematoder på olika djup visade resultatet att det för vissa nematodararter fanns en betydande andel bakterieätande nematoder även djupare än 30 cm. Samma studie visade även att det fanns bakterieätande nematoder i det djupaste undersökta marklagret, 120 - 150 cm, om än i små mängder (Liang et al. 2005).

Vad som talar emot att det fanns någon betydande andel nematoder i djupare markhorisonter i denna studie är dock att nematodfrekvensen 2018 var som högst vid 10-15 cm djup och sjönk sedan succesivt med djupet, för att bli som allra lägst vid den djupaste marknivån (25-30 cm).

Sedan kan det såklart inte uteslutas att andra faktorer än torra kan ha påverkat förekomsten av nematoder då det kan ha funnits andra skillnader än markfuktighet mellan de olika åren. Möjliga faktorer skulle exempelvis kunna vara temperaturskillnader och skillnader i väder andra delar av året än under växtsäsongen. Det är även möjligt att organismer som nematoder på olika sätt interagerar med, som exempelvis föda och rovdjur, kan ha varierat i förekomst mellan åren.

## 5.2 Fördelning av nematodgrupper

Bakterieätare och svampätare var de nematodgrupper som det fanns mest av båda åren, 2017 var bakterieätande nematoder signifikant fler i antal än svampätande nematoder och 2018 så fanns det ingen signifikant skillnad mellan dessa grupper. En orsak till detta resultat skulle kunna vara att förekomsten av deras födokällor kan variera med olika markfuktighet. I en studie visade Neher et al. (1999) att det mängden svamp i marken ökade vid låg markvattenhalt och mängden bakterier var som högst vid hög markvattenhalt. Det är alltså möjligt att det fanns mer svamp i marken 2018 och mer bakterier 2017 på grund av skillnaderna i markfukt och att det är anledningen till att bakterieätare var signifikant fler än svampätare år 2017. Dock kunde inte Neher et al. (1999) visa på någon signifikant korrelation mellan svamp och bakterier och svampätande respektive bakterieätande nematoder.

Förutom vad gäller bakterieätare och svampätare skiljde sig inte rangordningen efter förekomst av de olika nematodgrupperna mellan 2017 och 2018. Yeates et al. (1999) menar dock att det kan ta flera år innan ett nytt jämviktstillstånd uppstår efter förändringar i nematodernas livsmiljö. Detta innebär alltså att en studie som löper över en längre tid skulle kunna visa andra samband mellan torra och nematoder än denna studie. En sådan studie skulle vara intressant för att veta mer om hur framtidens torrare växtsäsonger kommer att påverka nematodfördelningen i marken. Det är även möjligt att andra samband hade observerats om skillnaden i

markfuktighet inte varit fullt så stor som den var mellan 2017 och 2018, och inte samtliga nematodgrupper minskat mycket signifikant i antal vid torra som de gjorde i denna studie.

### 5.3 Fördelning i marken

Skillnaden i markfuktighet mellan åren kan vara förklaringen till att nematodernas fördelning i marken skiljde sig mellan åren. År 2017 visade resultaten att nematodförekomsten var som högst i översta delen av marken för att sedan minska med djupet. Detta var ett väntat resultat då tidigare studier visat på att nematodförekomsten oftast sjunker längre ned i marken (Yeates 1978; Griffiths et al. 2003). År 2018 bröts dock denna trend då den största mängden nematoder fanns på 10 - 15 cm djup. En anledning till detta kan vara att den låga nederbördsmängden det året ledde till väldigt låg vattenhalt i de översta marklagren vilket kan ha skapat en ogynnsam miljö för nematoderna som därför sökte sig längre ned i marken där det fanns mer markvatten.

Yeates (1978) visade dock att antalet nematoder i marken minskade med ökat markdjup både då en mark bevattades och när den inte bevattades. En möjlig förklaring till att den studien gav ett annat resultat är att årsnederbörden var betydligt högre än den var på försöksplatsen i denna studie.

### 5.4 Vall och nematoder

Vad gäller växtföljdens påverkan på nematoder så hade mängden vall i växtföljden påverkan på både den totala nematodförekomsten samt på vissa grupper av nematoder. År 2017 fanns signifikanta samband mellan mindre vall i växtföljden och färre nematoder av typerna svampätare, växtätare och rot-associerade nematoder. År 2018 fanns det däremot endast samband mellan mer vall i växtföljden och fler växtätande nematoder. I denna studie var det alltså endast de växtätande nematoderna som ökade med en högre andel vall i växtföljden båda åren. Detta är ett intressant resultat eftersom det innebär att vallen i detta fall bidrog till att fler växtätande nematoder som kan skada grödorna finns i marken och därmed ha negativa effekter till efterföljande odlingsår.

Bakterieätande nematoder däremot, som kan ha en positiv effekt på grödorna genom mobilisering av kväve, påverkades inte signifikant av andelen vall i växtföljden något av åren. Även en studie gjord i USA av Neher & Campbell (1994) visade att perenna grödor gynnade växtätande nematoder medan andra grupper av nematoder inte påverkades så mycket.

Vidare var den totala nematodförekomsten 2017 signifikant högre i växtföljden med störst andel vall jämfört med växtföljden med minst andel vall. Detta

överensstämmer med resultat från en tidigare svensk studie som visade att nematodförekomsten var högre i där perenna grödor odlades jämfört med där årliga grödor odlades (Sohlenius et al. 1987). År 2018 när det var torrare i marken verkade dock inte andelen vall i växtföljden ha så stor påverkan på den totala nematodförekomsten.

Resultatet av denna studie visar alltså att växtföljden kan ha en påverkan på vissa grupper av nematoder då skillnaden i mängden vall i växtföljden är stor, växtföljd A bestod av enbart vall och korn med vallinsådd medan växtföljd D endast hade ett vallår i den sexåriga växtföljden. Påverkan av växtföljden verkar även ha påverkats av markfuktigheten, då skillnader av förekomsten nematodgrupperna i de olika växtföljderna skiljde sig mellan 2017 och 2018. För att odlaren ska kunna planera sin växtföljd utifrån hur det påverkar nematoder krävs alltså vidare studier, speciellt påverkan på växtätande nematoder är intressant då det är dessa som kan orsaka stora problem för odlaren.

I praktiken är det även många fler faktorer än nematoder som påverkar odlarens val av växtföljd, men det är intressant att studera hur växtföljd påverkar förekomsten av vissa nematodgrupper för att kunna förutsäga förekomsten av dessa och därmed kunna vidta åtgärder vid risk för nematodproblem.

## 5.5 Felkällor och förslag på vidare studier

### 5.5.1 Torka

Ett av syftena med denna studie var att undersöka hur torka påverkar nematoder. Då 2018 hade lägre nederbördsmängd samt högre temperatur antogs att markfuktsnivån var lägre än den var 2017.

För en säkrare jämförelse mellan år med olika markfuktighetsnivåer skulle instrument så som tensiometer eller markfuktsmätare kunna användas, detta skulle även underlätta jämförelser med andra studier som använt sig av denna teknik. Hur mycket vatten som avdunstar från marken kan även beräknas, men kräver att man har värden på de parametrar som påverkar avdunstning.

Vidare är det svårt att dra slutsatser om hur torka påverkar nematoder enbart genom att jämföra två år, dels för att det kan vara andra faktorer än markvattenhalten som kan påverka nematoderna och dels för att det är en kort tid med få repetitioner. Eftersom påverkan av torka på nematoder inte undersökts så mycket vid svenska förhållanden hade det varit intressant att undersöka detta dels i längre försök för att se hur torka kan påverka nematoder över tid, som tidigare diskuteras så kan det ta en tid innan långvariga förändringar syns i nematodpopulationerna efter en förändring i livsmiljön. För att få ett mer trovärdigt

resultat skulle man även kunna ta flera nematodprover under växtsäsongen, detta eftersom det kan finna säsongsvariationer i nematodförekomsten (Ferris & Ferris 1974). I denna studie samlades dock nematodproverna som undersöktes vid ungefär samma datum 2017 och 2018, vilket minskar risken för säsongsskillnader.

### 5.5.2 Vall

Vad gäller relevansen i jämförelsen mellan olika växtföljder så har prover tagits i fält där växtföljden varit den samma under en lång tid. Effekterna av de olika växtföljderna säger alltså något om hur växtföljden påverkar på lång sikt. Det skulle vara intressant att undersöka de olika växtföljdernas påverkan under flera år, då dess påverkan i denna studie skiljde sig mellan 2017 och 2018. En mer långvarig studie hade kunnat ge fler svar på vid vilka omständigheter som andelen vall i växtföljden har betydelse för nematodförekomsten.

För att kunna planera en bra växtföljd med avseende på nematodpåverkan hade det även varit intressant att undersöka interaktionen mellan andelen vall i växtföljden och vilka växtarter som finns i vällen, då även olika vallarter kan påverka nematoder olika (Viketoft et al. 2005).



## 6. Slutsatser

I denna studie har effekterna av mängden vall i växtföljden och torcka på nematoders förekomst och artsammansättning i marken undersökts, samt hur torcka kan påverka nematodernas fördelning i marken. Slutsatserna som kan dras utifrån insamlade data och litteraturstudien är att ökad andel vall i växtföljden hade en positiv effekt på förekomsten av växtätande nematoder då andelen vall i växtföljden skiljde sig mycket. För de övriga nematodgrupperna (bakterieätare, svampätare, rot-associerade nematoder, rovdjur och allätare) hade andelen vall i växtföljden blandad effekt mellan åren, eller så fanns inga signifikanta skillnader något av åren.

Påverkan av torcka var enligt insamlade data stor då förekomst av samtliga nematodgrupper var betydligt lägre det torrare året 2018 än 2017. Dock är det möjligt att andra faktorer än torcka kan ha påverkat förekomsten av nematoder mellan åren och den litteratur som refererats till visar inte på så stora skillnader. Torckan hade i denna studie även effekter på nematodernas fördelning i marken med en högre nematodförekomst i de översta marklagren 2017 jämfört med 2018.

## Referenser

- Andersson, S. (2018). Nematoder som växtskadegörare. 1 uppl., Mjölby: Atremi.
- Andersson, S. & Eriksson, B. (2001). Nematoder - Världens vanligaste varelser. I: Faktablad om växtskydd. SLU.
- Ankrom, K.E., Franco, A.L.C., Fonte, S.J., Gherardi, L.A., de Tomasel, C.M., Andriuzzi, W.S., Shaw, E.A., Sala, O.E. & Wall, D.H. (2020). Ecto- and endoparasitic nematodes respond differently across sites to changes in precipitation. *Oecologia*, 193 (3), 761–771. <https://doi.org/10.1007/s00442-020-04708-7>
- Bakonyi, G. & Nagy, P. (2000). Temperature- and moisture-induced changes in the structure of the nematode fauna of a semiarid grassland -- patterns and mechanisms: ABIOTIC EFFECTS ON SOIL NEMATODE FAUNA. *Global Change Biology*, 6 (6), 697–707. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2486.2000.00354.x>
- Bongers, T. & Bongers, M. (1998). Functional diversity of nematodes. *Applied Soil Ecology*, 10 (3), 239–251. [https://doi.org/10.1016/S0929-1393\(98\)00123-1](https://doi.org/10.1016/S0929-1393(98)00123-1)
- Boström, S. (u.å.). Rundmaskar. <https://www.nrm.se/faktaomnaturenochrymden/djur/ryggradslosadjur/maskar/runmaskar.5367.html> [2022-10-22]
- Cassada, R.C. & Russell, R.L. (1975). The dauerlarva, a post-embryonic developmental variant of the nematode *Caenorhabditis elegans*. *Developmental Biology*, 46 (2), 326–342. [https://doi.org/10.1016/0012-1606\(75\)90109-8](https://doi.org/10.1016/0012-1606(75)90109-8)
- Dao, D, F. (1970). Climatic Influence on the Distribution Pattern of Plant Parasitic and Soil Inhabiting Nematodes. *Mededelingenland Bouwhogeschool Wageningen*, 70 (2), 1-181.
- Ferris, V.R. & Ferris, J.M. (1974). Inter-relationships between nematode and plant communities in agricultural ecosystems. *Agro-Ecosystems*, 1, 275–299. [https://doi.org/10.1016/0304-3746\(74\)90039-0](https://doi.org/10.1016/0304-3746(74)90039-0)
- Fielding, M.J. (1951). Observations on the Length of Dormancy in Certain Plant Infecting Nematodes. *PROCEEDINGS of The Helminthological Society of Washington* (2), 110–114.
- Freckman, D. W., & Caswell, E. P. (1985). The ecology of nematodes in agroecosystems. *Annual review of Phytopathology*, 23(1), 275-296.
- Griffiths, B., Neilson, R. & Bengough, A.G. (2003). Soil factors determined nematode community composition in a two year pot experiment. *Nematology*, 5 (6), 889–897. <https://doi.org/10.1163/156854103773040808>

- Holbein, J., Grundler, F.M.W. & Siddique, S. (2016). Plant basal resistance to nematodes: an update. *Journal of Experimental Botany*, 67 (7), 2049–2061. <https://doi.org/10.1093/jxb/erw005>
- Lambert, K. & Bekal, S. (2002). Introduction to Plant-Parasitic Nematodes. The Plant Health Instructor. <https://doi.org/10.1094/PHI-I-2002-1218-01>
- Lantmet (2022). Klimatdata. Väderstation Undrom-Lännäs. <https://www.slu.se/fakulteter/nj/om-fakulteten/centrumbildningar-och-storre-forskningsplattformar/faltforsk/vader/lantmet/> [2022-09-22]
- Liang, W., Zhang, X., Li, Q., Jiang, Y., Ou, W. & Neher, D.A. (2005). Vertical Distribution of Bacterivorous Nematodes under Different Land Uses. *Journal of Nematology*, 37 (3), 254–258
- Matus-Acuña, V., Caballero-Flores, G., Reyes-Hernandez, B.J. & Martínez-Romero, E. (2018). Bacterial preys and commensals condition the effects of bacterivorous nematodes on *Zea mays* and *Arabidopsis thaliana*. *Applied Soil Ecology*, 132, 99–106. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2018.08.012>
- McSorley, R. & Gallaher, R.N. (1994). Effect of tillage and crop residue management on nematode densities on corn. *Journal of Nematology*, 26 (4 Suppl), 669–674
- Neher, D.A. & Lee Campbell, C. (1994). Nematode communities and microbial biomass in soils with annual and perennial crops. *Applied Soil Ecology*, 1 (1), 17–28. [https://doi.org/10.1016/0929-1393\(94\)90020-5](https://doi.org/10.1016/0929-1393(94)90020-5)
- Neher, D.A., Weicht, T.R., Savin, M., Görres, J.H. & Amador, J.A. (1999). Grazing in a porous environment. 2. Nematode community structure. *Plant and Soil*, 212 (1), 85–99. <https://doi.org/10.1023/A:1004665120360>
- Nordiska Jordbrukares Förening (1971). Nematoder på växter. 1. uppl. LTs förlag.
- Ruess, L., Zapata, E.J.G. & Dighton, J. (2000). Food preferences of a fungal-feeding *Aphelenchoides* species. *Nematology*, 2 (2), 223–230. <https://doi.org/10.1163/156854100508962>
- Sjökqvist, E., Abdoush, D. & Axén, J. (2019). Sommaren 2018 - en glimt av framtiden? (52). SMHI.
- Sohlenius, B., Bostrom, S. & Sandor, A. (1987). Long-Term Dynamics of Nematode Communities in Arable Soil Under Four Cropping Systems. *The Journal of Applied Ecology*, 24 (1), 131. <https://doi.org/10.2307/2403792>
- Sommerville, R.I. & Davey, K.G. (2002). Diapause in parasitic nematodes: a review. *Canadian Journal of Zoology*, 80 (11), 1817–1840. <https://doi.org/10.1139/z02-163>
- Sylvain, Z.A., Wall, D.H., Cherwin, K.L., Peters, D.P.C., Reichmann, L.G. & Sala, O.E. (2014). Soil animal responses to moisture availability are largely scale, not ecosystem dependent: insight from a cross-site study. *Global Change Biology*, 20 (8), 2631–2643. <https://doi.org/10.1111/gcb.12522>
- Thomas, S.H. (1978). Population densities of nematodes under seven tillage regimes. *Journal of Nematology*, 10 (1), 24–27
- Todd, T.C., Blair, J.M. & Milliken, G.A. (1999). Effects of altered soil-water availability on a tallgrass prairie nematode community. *Applied Soil Ecology*, 13 (1), 45–55. [https://doi.org/10.1016/S0929-1393\(99\)00022-0](https://doi.org/10.1016/S0929-1393(99)00022-0)

- Tronsmo, A.M., Collinge, D., Djurlle, A., Munk, L., Yuen, J. & Tronsmo, A. (2020). Plant pathology and plant diseases. Boston, MA: CAB International.
- Van Gundy, S.D. (1965). FACTORS IN SURVIVAL OF NEMATODES. *Annual Review of Phytopathology*, 3(1), 43-68.  
<https://www.annualreviews.org/doi/pdf/10.1146/annurev.py.03.090165.000355>
- 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 (2), 90–103.  
<https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2005.02.007>
- Wharton, D.A. (1986). *A Functional Biology of Nematodes*. Boston, MA: Springer US.
- Yeates, G.W (1999). EFFECTS OF PLANTS ON NEMATODE COMMUNITY STRUCTURE. *Annual Review of Phytopathology*, 37 (1), 127–149.  
<https://doi.org/10.1146/annurev.phyto.37.1.127>
- Yeates, G.W. (1978). Populations of nematode genera in soils under pasture: II. Seasonal dynamics in dryland and effluent-irrigated pastures on a central yellow-grey earth. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 21 (2), 331–340.  
<https://doi.org/10.1080/00288233.1978.10427418>
- Yeates, G.W., Bongers, R., 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 (3).
- Yeates, G.W., Wardle, D.A. & Watson, R.N. (1999). Responses of soil nematode populations, community structure, diversity and temporal variability to agricultural intensification over a seven-year period. *Soil Biology and Biochemistry*, 31 (12), 1721–1733. [https://doi.org/10.1016/S0038-0717\(99\)00091-7](https://doi.org/10.1016/S0038-0717(99)00091-7)
- Zhou, Z., Palmborg, C., Ericson, L., Dryler, K., Lindgren, K., Bergkvist, G. & Parsons, D. (2019). A 60-years old field experiment demonstrates the benefit of leys in the crop rotation. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B — Soil & Plant Science*, 69 (1), 36–42. <https://doi.org/10.1080/09064710.2018.1492010>

## 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. Även om du inte publicerar fulltexten kommer den arkiveras digitalt. Om fler än en person har skrivit arbetet gäller krysset för samtliga författare. Du hittar en länk till SLU:s publiceringsavtal på den här sidan:

- <https://libanswers.slu.se/sv/faq/228316>.

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.