

Skördepåverkan av frilevande nematoder i sockerbetor och morötter – PCR skadetrösklar och sorter

Åsa Olsson Nyström, Lars Persson, NBR; Mariann Wikström, Agro Plantarum

Inledning

Frilevande nematoder har uppmärksammats mycket under de senaste åren främst utomlands men nu även i Sverige (Jones *et al.*, 2013; Olsson, 2013a och b) för de skador de orsakar i många grödor med minskad tillväxt och kvalitetsförsämringar. För sockerbetor tillkommer lagringsförluster i form av spill i fält, ökad respiration, angrepp av sekundära svampar samt medföljande jord in i fabriken. Morötter drabbas hårt av frilevande nematoder: framförallt gäller det den säljbara skörden eftersom greniga morötter är osäljbara.

Syftet med projektet var att mäta skördeförluster och ta fram tröskelvärde för frilevande nematoder i sockerbetor och morötter samt att studera skillnader i mottaglighet mellan olika sorter. Delprojekt 1 fokuserade på att ta fram grödspecifika skadetrösklar med koppling till skörd för rotgallnematoden, rotsårnematoden och stubbrotsnematoden. I delprojekt 2 studerades skillnader i mottaglighet mellan olika sorter i syfte att ta fram det mest toleranta materialet för svenska förhållanden.

Genom att analysera en jord innan odling kan kostsamma skördeförluster undvikas. Friska jordar med maximal skörd är en viktig angelägenhet inte bara för odlaren utan för hela samhället i arbetet att spara energi och reducera utsläppen av växthusgaser. Men nuvarande analysmetod med okulär identifiering i mikroskop är mycket tidskrävande. Utveckling av molekylära metoder kan möjliggöra både kostnadseffektiva och snabba analysvar i god tid innan odling. Svårigheten är att få dessa metoder reproducerbara. Analysvarna behöver också kopplas till förväntade skördeförluster, dvs vilka förluster kan förväntas vid en given nivå på respektive nematodart s k skadetröskel. I projektet har vi studerat vilka möjligheter det finns att avgöra nematodförekomst i fält- och växthusförsök med hjälp av PCR samt även genom biotester i växthus.

Material och metoder

Delprojekt 1 Skadetrösklar: I sockerbetor utfördes totalt nio skadetröskelförsök med 30 parceller i varje, dvs totalt 270 provplatser. I samband med sådd av betorna togs parcellvisa jordprov för analys av nematodtäteter. Tillväxten i försöken följdes upp med planräkningar, sundhetsbedömningar, gradering av symtom på nematodangrepp samt skörd (rotvikt, sockerhalt, betkvalitet och renhet). Sockerskörden beräknades enligt gällande branschavtal. Betparcellerna, två rader à 9 meter, skördades med parcellupptagare (HS Skåne) och analyserades på Agri provtvätt i Örtofta.

I morotsfält utfördes totalt skadetröskelförsök i 14 fält med 20 provplatser per fält, dvs totalt 280 rutor (5 fält 2015, 5 fält 2016 och 4 fält 2017). De 20 provparcellerna fördelades jämnt över fältet och fastlades med GPS. Varje provpunkt bestod av en skördeparcell, dvs en såbädd med tre rader i varje à 1 meter. Morotsparcellerna skördades för hand. Jordprov togs inom skördeparcellerna och lämnades för analys av rotgall-, stubbrots- och rotsårnematoder till Nematodlaboratoriet på Alnarp. Vissa jordprov lämnades även till Eurofins för kemisk analys. Populationerna och förekomsten av släkten och arter i morotsfälten delades in i tre klasser (Tabell 1, Robalab, Holland).

Tabell 1. Skadetrösklar i morötter enligt Robalab, Holland (www.robalab.nl)

	Låg infektion	Måttlig infektion	Hög infektion
<i>Meloidogyne hapla</i> , rotgallnematod	< 10	10-20	> 20
<i>Trichodorus</i> spp., stubbrotsnematod	< 50	50-150	> 150
<i>Pratylenchus penetrans</i> , rotsårsnematod	< 150	150-400	> 400
<i>Longidorus</i> spp., nålnematod	< 20	20-100	> 100

Omräknat till antal per 250 g jord.

I samband med skörd graderades sockerbeter och morötter för tecken på angrepp exv gallbildningar, grenighet, rötter, ökad förekomst av finrötter. Sortering av grenighet i sockerbeterna gjordes i fyra fraktioner; 1 ≤ 1 sidogren, 2 = 2-5 sidogrenar, 3 = 6-15 sidogrenar, 4 = >15 sidogrenar. Mängden finrötter (skäggighet) bedömdes i 3 fraktioner; 1 = lite på två sidor av roten, 2 = mellan, 3 = mycket runt om hela roten. I varje parcell grävdes totalt 10 betor upp. Varje beta bedömdes och tilldelades ett värde för grenighet och skäggighet. Morötterna sorterades i 4 fraktioner; 0 = säljbara (20-42 mm i diameter och >12 cm långa), 1 = 1 sidogren och/eller för små eller stora, 2 = 2-3 rotgrenar, 3 = >3 rotgrenar. ”Säljbar skörd” var totalvikten av alla morötter i klass 0.

Delprojekt 2 Sortförsök: Sorttester genomfördes dels i fältförsök dels i biotester i växthus. Totalt utfördes fyra fältförsök i vardera betor och morötter. Sortförsöken i fält utfördes som randomiserade blockförsök. Skörd och bedömning av grenighet och skäggighet i fältförsöken gjordes som i skadetröskelförsöken ovan. Biotesterna i växthus utfördes genom att så olika sorter i naturligt infekterad jord. Efter 4 - 6 veckor tvättades rötterna och antal gallbildningar på rötterna räknades. En del av rötterna skickades även till Scanbi Diagnostics för molekylär kvantifiering av nematod DNA. I sockerbeter analyserades rotsystemet också med traditionell teknik (infärgning samt fuktig kammare).

Delprojekt 3 Betningsförsök: Då det under projektets gång framkom uppgifter om att betningen kunde påverka nematodangreppen gjordes även betningsförsök i fält och växthus. Sockerbeter betades med Gaucho (a.i. imidakloprid), Cruiser (a.i. tiametoxam) och Cruiser + Force (a.i. teflutrin). Morotsfrön betades med Gaucho, Force och Cruiser.

Resultat

Delprojekt 1 Skadetrösklar

Sockerbeter. Det finns i huvudsak två arter av stubbrotsnematoder som kan ge skador i sockerbeter: *Trichodorus* och *Paratrichodorus* spp. Den skadetröskel på 30 individer per 250 g jord som använts tidigare har varit gemensam för båda arterna. Resultaten från fältförsöken i detta projekt tyder på att man bör ha olika skadetrösklar för dem. *Paratrichodorus* spp. förefaller ge skördeförkluster redan vid 15 ind/250 g jord. I försöket på Trelleborg 2015 blev sockerförklusten 1,7 ton vid tätheter på mellan 15 och 30 in/250 g jord (Tabell 2). Sockerhalten minskade med 0,6 procentenheter och rotskörden med 7,6 ton/ha.

Tabell 2. Skördenivå vid olika tätheter av *Paratrichodorus* i Trelleborg 2015

Stubbrotsnematoder (<i>Paratrichodorus</i>)	Socker ton/ha	Sockerförklust kg	Rotskörd ton/ha	Förlust rotskörd kg
0	10,90		60,18	
1-14	10,86	37	60,42	-24
15-30	9,23	1668	52,60	7583
31-50	9,25	1653	52,45	7732
51-100	9,03	1869	50,89	9293
>100	9,60	1294	54,31	5873

Det gjordes två försök med att finna skadetrösklar för *Trichodorus* spp. i sockerbeter. Ett i Teckomatorp 2015 och ett i Kävlinge 2016 (Tabell 3 och 4). I Teckomatorp var det först vid

200 individer per 250 g jord som vi uppmätte en betydande skördeförlust jämfört med vid lägre tätheter. I försöket fanns dock inga parceller utan nematoder och skördenivån var överlag låg, drygt 11 ton/ha. Betorna var extremt greniga i Teckomatorp, vilket var en viktig orsak till skördeförlusterna.

Tabell 3. Skördenivå vid olika tätheter av *Trichodorus* spp. i Teckomatorp 2015

Stubbrottsnematoder (<i>Trichodorus</i>)	socker ton/ha	sockerförlust kg	Rotskörd ton/ha	Förlust rotskörd kg
0-100	11,55		68,02	
101-200	11,43	120	66,63	139
201-300	10,47	1085	57,30	10 724
301-400	9,81	1738	54,49	13 531
401-500	9,76	1795	57,58	10 445
>500	9,88	1675	58,95	9 075

I Kävlinge drabbades två parceller av kraftiga torkskador och ströks därför från skörd. Resultaten visar att vid 60 individer minskar sockersköörden med nästan 2 ton per ha. I båda försöken med *Trichodorus* spp. orsakades skördeförlusterna av en stor förlust i rotskörd, över 10 ton/ha. Minskningen i sockerhalt var marginell. Det är därför rimligt att fortfarande ha en låg skadetröskel i sockerbetor för *Trichodorus* spp. och värdet på 30 ind/250 g jord bör inte överskridas.

Tabell 4. Skördenivå vid olika tätheter av *Trichodorus primitivus* i Kävlinge 2016

Stubbrottsnematoder (<i>Trichodorus primitivus</i>)	n	socker ton/ha	sockerförlust kg	Rotskörd ton/ha	Förlust rotskörd kg
0-50	5	17,24		91,35	
51-100	8	15,30	-1945	79,60	-11 754
101-130	5	15,21	-2037	77,59	-13 761

Ytterligare ett skadetröskelförsök utfördes och då vid platsen Kristianstad sb1. På detta fält fanns det rikligt med stubbrottsnematoder *T. primitivus* och *T. cylindricus*. Trots den höga tätheten var påverkan på skörd inte så stor. Detta kan hänga samman med vädret som inte gynnat angrepp detta år. Skador av stubbrottsnematoder är vanliga kalla och fuktiga vårar.

Det gjordes ett försök i Kristianstad sb2, 2017 med skadetrösklar mot *Meloidogyne hapla* i sockerbetor. Fältet hade en hög infektion och i de sämsta parcellerna var tätheterna 54 respektive 85 individer per 250 g jord. Vid tätheter på över 10 var skörden halverad. Betorna var mycket små och i de sämsta parcellerna kunde ingen analys av skörd göras på provtvätten då betorna var för små. Rotvikten minskade kraftigt men sockerhalten påverkades inte.

Tabell 5. Skördenivå vid olika tätheter av *Meloidogyne hapla* i Kristianstad sb2 2017

Rotgallnematoder (<i>M. hapla</i>)	n	socker ton/ha	sockerförlust kg	Rotskörd ton/ha	Förlust rotskörd kg
0	3	7,96		47,39	
<10	12	7,81	-0,15	46,00	-1,39
10 to 17	6	3,89	-4,07	23,24	-24,16
>20	3	0,62	-7,34	3,70	-43,70

Morötter. Det var stor variation i grenighet och säljbar skörd mellan de olika provrutorna inom varje fält och även stor variation i förekomst av olika släkten och arter mellan olika fält (Tabell 6). Det fanns ett gott samband mellan grenighet och säljbar skörd, vilket visar att grenigheten påverkar skörden mycket starkt.

I fältet Hässleholm fanns nematoder av flera släkten och i synnerhet förekomsten av *M. hapla* hade samband till skördesänkning trots förekomst av stubbrotts- och rotsårsnematoder i ”höga” nivåer. Övriga fält under 2015 hade inga tydliga samband mellan nematodförekomst

och skördenivå. Fältet Kristianstad m2 hade förekomst av *M. hapla* i låga nivåer och Löddeköpinge 1 hade förekomst av *Longidorus* spp. i medelnivå. Sambandet mellan grenighet och säljbar skörd var gott för alla platser exv Kristianstad m6 (Fig. 2a). Variationen i grenighet och säljbar skörd var hög för alla platser även om analyserna inte visade något klart samband med nematodförekomst. Fältet Gotland 1 hade en hög population av *P. crenatus* och *P. penetrans*, och alla rutor påverkades negativt av detta (Tabell 6 och Fig. 1a). Fälten Gotland 2 och Gotland 3, 2016, hade extremt låg säljbar skörd och stor grenighet i majoriteten av rutorna. Analyserna visade inte på någon större förekomst av något släkte, förutom stubbrotsnematoden. Tidpunkt för provtagning och hantering av prov kan eventuellt ha inverkat negativt på analyserna.

För fältet Kristianstad m4a fanns ett samband mellan förekomst av *P. neglectus*, vilket varierade från låg till hög förekomst, och till grenighet och säljbar skörd. Förutom fältet Hässleholm, var Kristianstad m5 det fält som hade en population av *M. hapla* med negativ påverkan på grenighet och säljbar skörd. Två punkter med 130 respektive 150 nematoder/250 g jord gav högst grenighet och lägst säljbar skörd (30,1 ton/ha). Fältet Gotland 4 var mycket angripet med hög grenighet och stor skördeförlust varierande från 5,4 till 53,3 ton säljbara morötter/ha. Även detta Gotlandsfält hade låga nematodtäteter och enbart stubbrotsnematoden hade någon ruta med hög förekomst och troligtvis inverkade provtagning och hantering negativt. Fältet Kristianstad m6 hade höga populationer av stubbrots- och rotsårsnematoder och medelnivå av nålnematoden och det fanns ett negativt samband mellan nålnematoden och säljbar skörd (Fig. 2a och b).

Tabell 6. Skadetröskelförsök i morötter 2015-2017, analyser lägst-högst i 20 provplatser per fält, fetstil i antal nematoder indikerar samband till skördesänkning

Odlare	År	<i>Meloidogyne hapla</i>	<i>Trichodorus/ Paratrichodorus</i>	<i>Pratylenchus</i>	<i>Longidorus</i>	Grenighet 0-3	Säljbar skörd ton/ha
			antal/250 g jord				
Hässleholm	2015	1-13	1-350	120-500F	0	-	17,2-81,1
K-stad m1	2015	0	0-57	0-40	0	0,15-0,52	61,9-149,0
Helsingborg	2015	0	0-15	3-65	0	0,21-0,48	59,6-91,2
Lödde 1	2015	0	2-58	55-275	0-25	0,27-0,65	32,9-80,2
K-stad m2	2015	0-6	0-3	10-50	0	0,31-0,60	52,0-94,5
Lödde 2	2016	0	50-425	12-100	0	0,15-0,44	69,7-90,4
K-stad m3	2016	0	0-68	10-155C	0-1	0,18-0,40	61,5-103,8
Gotland 1	2016	0	0-27	160-1600PC	0	0,41-2,08	0,9-35,8
Gotland 2	2016	0	0-87	0-500N	0	0,23-2,04	2,5-64,2
Gotland 3	2016	0	0-60	0-250	0	0,14-1,54	4,9-56,6
K-stad m4a	2017	0-1	0-17	70-700N	0	0,25-0,53	51,0-111,5
K-stad m5	2017	0-150	35-420	35-550	0	0,04-1,11	30,1-88,5
Gotland 4	2017	0	5-160	10-160	0	0,31-1,91	5,4-53,3
K-stad m6	2017	0	3-250	10-650	0-30	0,24-1,86	8,3-108,6

Förkortningar för arter inom *Pratylenchus*: F=*P.fallax*, C=*P.crenatus*, P=*P.penetrans*, N=*P.neglectus*

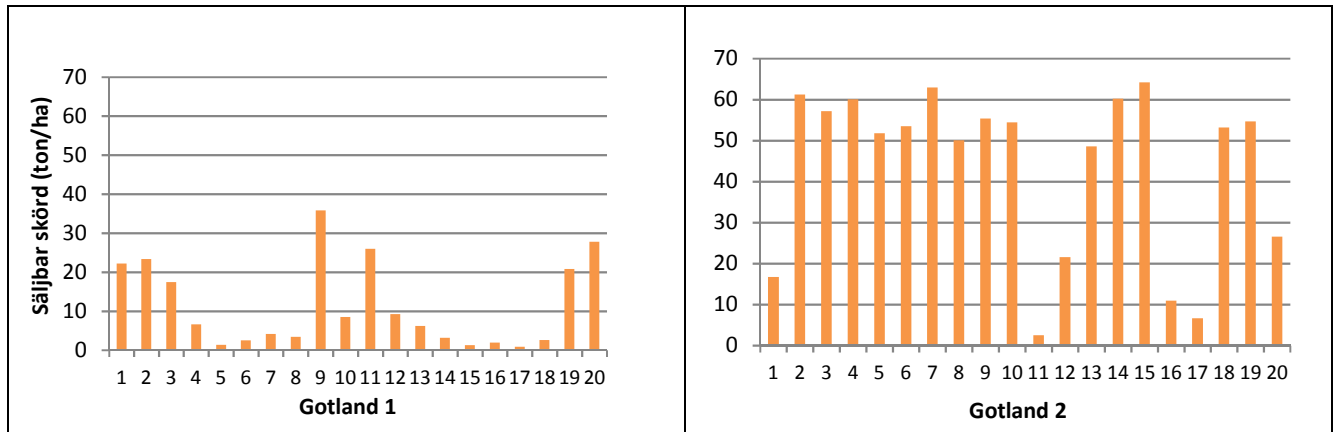


Fig. 1a och b. Skadetröskelförsök Gotland 1 med mellan 160-1600 ind/250 g jord av *Pratylenchus penetrans* och *Pratylenchus crenatus* och Gotland 2 med *Pratylenchus neglectus* och *Trichodorus/Paratrichodorus*.

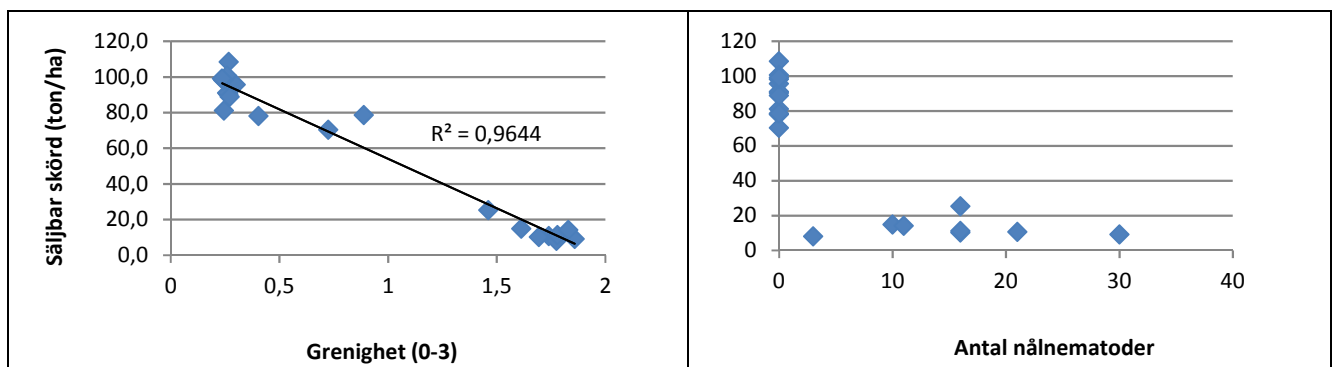


Fig. 2 a och b. Samband mellan grenighet och säljbar skörd, respektive nålnematoder (*Longidorus* spp.) antal/250g jord och säljbar skörd i skadetröskelförsök i Kristianstad m6.

Tabell 7. Nya grödspecifika skadetrösklar för de allvarligaste nematodarerna i Sverige, individer/250 g jord

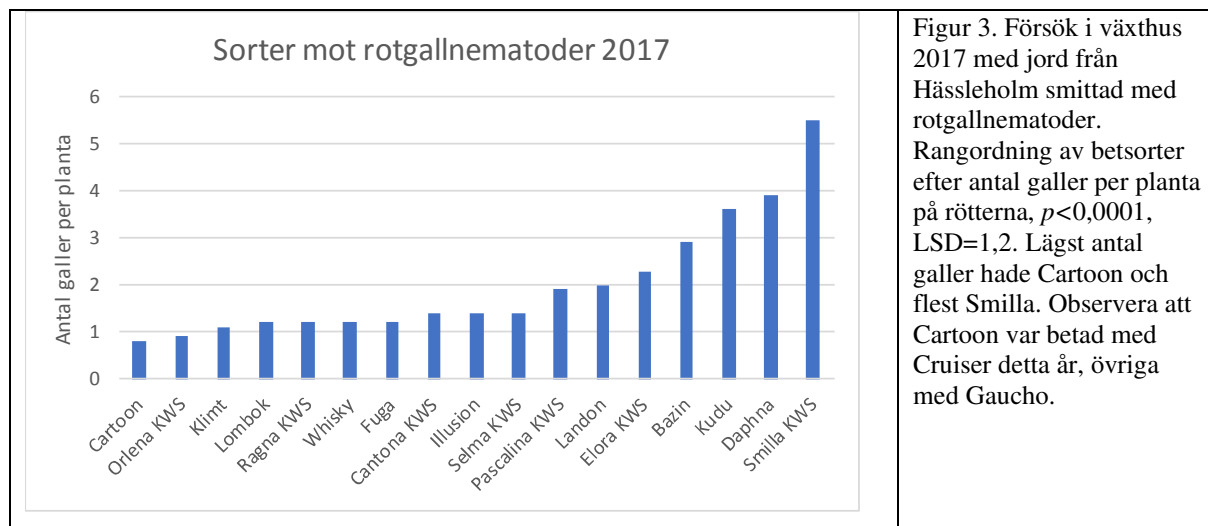
	<i>Trichodorus</i>	<i>Paratrichodorus</i>	<i>Pratylenchus</i>	<i>Longidorus</i>	<i>Meloidogyne</i>
Betor	<30	<15	<200	<8	<10
Morötter	<30	<30	<100 ¹ , <200 ²	2	0

1) *P. penetrans* och *P. crenatus*, 2) *P. neglectus*

Delprojekt 2

Sortförsök i växthus i sockerbetor: stubbrotsnematoder. Genom att gradera och klassindela rötterna i experimentet gick det att få en uppfattning om skillnader mellan sorter. Resultaten visade att det fanns signifikanta skillnader mellan sorter. Högst andel avbitna rötter hade Daphna följt av Cartoon (>80% avbitna rötter) och lägst Darnella (<55%) ($p < 0,001$).

Sortförsök i växthus i sockerbetor: rotgallnematoder. Två experiment har utförts med betsorter i jord naturligt infekterad med rotgallnematoder, ett med jord från Kristianstad sb3 och ett från Hässleholm. I det första experimentet hade SY Muse, Pascalina, Cartoon, Barents, Princeton, Lombok och Kristel över 70% plantor utan galler. Mellan 50 - 70% plantor utan galler hade Sabatina och Louisa. Allra lägst andel plantor utan galler hade Jollina med 43% och Elora med 15% ($p < 0,0001$). Dessa sorter hade också flest antal galler per planta. I det andra experimentet med jord från Hässleholm hade Cartoon lägst antal galler och flest antal Smilla (Figur 3). Observera att Cartoon var betad med Cruiser detta år, övriga med Gaucho. Resultaten visar att det finns signifikanta skillnader mellan sorterna i mottaglighet för rotgallnematoder.

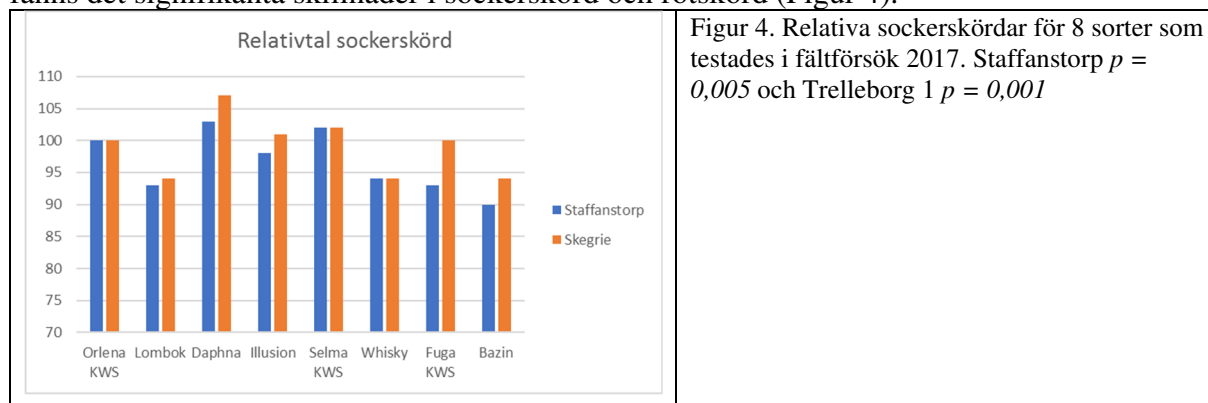


Figur 3. Försök i växthus 2017 med jord från Hässleholm smittad med rotgallnematoder. Rangordning av betsorter efter antal gallier per planta på rötterna, $p < 0,0001$, $LSD = 1,2$. Lägst antal gallier hade Cartoon och flest Smilla. Observera att Cartoon var betad med Cruiser detta år, övriga med Gaucho.

Sortförsök i växthus i sockerbeter. Rotsårsnematoder. Två experiment utfördes med naturligt infekterad jord av rotsårsnematoder. I det första (jord från Trelleborg 1) blev det inga signifikanta skillnader. I det andra med jord från Trelleborg 2 infekterad med *P. thornei* fanns det signifikanta skillnader. Flest larver/g rötter hade Cartoon (2,5) följd av Pascalina (2,2). Lägst antal hade Diesel (1,5) och Orlena (1,6) ($p = 0,0463$).

Sortförsök i fält i sockerbeter. Vid sådd av försöket i Trelleborg 2 varierade tätheterna av *P. thornei* mellan parcellerna, från 60 upp till 300 individer per 250 g jord. Tidigt i juni fanns det inga signifikanta skillnader i grenighet mellan sorterna i Trelleborg 2. Grenighet bedömdes även vid skörd och då fanns det signifikanta skillnader mellan sorterna ($p = 0,014$). I försöket varierade skörden mellan 18 och 22 ton per ha men det fanns inga signifikanta skillnader i rotvikt eller sockerskörd mellan sorterna. Inte heller i Kävlinge fanns det signifikanta skillnader i rotskörd eller sockerskörd mellan sorterna. Men, redan i juni fanns det i Kävlinge signifikanta skillnader i grenighet ($p = 0,008$). Detta kan bero på att det i Kävlinge fanns mycket höga tätheter av stubbrotsnematoder. Dessa angriper tidigt på säsongen och rötterna förstörs redan då. Vid den senare bedömningen innan skörd fanns det inga signifikanta skillnader i grenighet mellan sorterna.

2017 såddes två sortförsök i fält (Staffanstorp och Trelleborg 1) med *Trichodorus primitivus*, *Pratylenchus neglectus* och *P. fallax*. Högst tätheter fanns det i Staffanstorp. Stubbrottsnematoderna varierade från 0 till 38 ind/250 g jord och rotsårsnematoderna varierade från 150 till 550. I Trelleborg 1 varierade rotsårsnematoderna mellan 15 och 225. Stubbrottsnematoderna förekom fläckvis i låg täthet och inte i alla parceller. I båda försöken fanns det signifikanta skillnader i sockerskörd och rotskörd (Figur 4).



Figur 4. Relativa sockerskördar för 8 sorter som testades i fältförsök 2017. Staffanstorp $p = 0,005$ och Trelleborg 1 $p = 0,001$

Nematoder konkurrerar om födoplatser på rötterna och vid förekomst av fler arter kan skadorna bli mindre än om varje art förekommer ensam. För sorten Fuga i Staffanstorp blev det högst skörd i de två parcellerna med flest stubbrotsnematoder, trots att dessa låg omkring gränsvärdet. I den ena av dessa fanns det också över 500 *P. neglectus* /250 g jord, vilket kan ha gjort att där inte funnits födoplatser kvar för stubbrotsnematoderna. Samma mönster syns för sorten Daphna där parcellerna med flest stubbrotsnematoder också har högst skörd. Sorten Orlena förefaller att inte påverkas av stubbrotsnematoderna och i alla parcellerna så fanns det över 200 *P. neglectus*. För Selma, Whisky, Bazin och Lombok minskar skörden när antalet stubbrotsnematoder ökar. I försöket i Trelleborg 1 var det betydligt färre nematoder och det är svårare att se hur de olika sorterna uppför sig vid olika tätheter.

Sortförsök i fält i morötter. Fyra försök genomfördes och det fanns signifikanta skillnader mellan sorterna i tre av dessa (Tabeller 8 och 9). I försöken genomförda 2016 fanns det stubbrotsnematoder i båda men *P. penetrans* i ett och *P. crenatus* i ett annat. I försöken 2017 fanns det *P. neglectus* i båda men även *Longidorus* spp. förekom fläckvis (Kristianstad m4b) och *M. hapla* och *Trichodorus/Parathrichodorus* spp. (Kristianstad m7). Sorterna fick olika mycket grenighet och gav olika andel säljbar skörd på olika platser troligtvis beroende på variationen i arter och släkten av nematoder.

Tabell 8. Sortförsök i morötter 2016. **Löddeköpinge 2:** låg infektion av *Trichodorus* sp. + *Parathrichodorus* sp., måttlig infektion av *P. penetrans*. **Kristianstad m3:** måttlig infektion av *Trichodorus* sp. + *Parathrichodorus* sp., låg infektion av *P. crenatus*

Sort	Löddeköpinge 2		Kristianstad m3	
	Grenighet (0-3)	% säljbar	Grenighet (0-3)	% säljbar
Bentley	0,36 c	84,9 abc	0,38 cd	84,1 ab
Brilliance	0,50 a	80,3 bc	0,36 d	82,4 abc
Cadance	0,36 c	84,9 abc	0,39 bcd	80,4 bcd
Triton	0,36 c	87,5 a	0,34 d	84,0 ab
Elegance	0,48 a	78,8 bc	0,45 ab	82,6 abc
Bolero	0,30 c	84,9 abc	0,39 bcd	83,0 abc
Nerac	0,47 ab	78,3 bc	0,44 abc	79,4 cd
Romance	0,35 c	83,2 abc	0,34 d	85,6 a
Melodio	0,39 bc	77,9 c	0,35 d	84,3 ab
Match	0,36 c	81,2 abc	0,48 a	77,4 d
Stromboli	0,34 c	85,5 ab	0,44 abc	82,3 abc

Siffror i varje kolumn som åtföljs av samma bokstav är inte signifikant åtskilda ($p \leq 0,05$) enligt Duncan's multiple range test.

Det fanns i allmänhet ett gott samband mellan parametrarna grenighet och % säljbar skörd. I Löddeköpinge 2 var Brilliance och Elegance mer greniga än övriga och troligtvis mer känsliga för angrepp av rotsårsnematoder. I Kristianstad m3, med måttlig förekomst av stubbrotsnematoder, var Match grenigast, medan Brilliance, Triton, Romance och Melodio var signifikant bättre. I Kristianstad m7 med låg förekomst av rotgallnematoder, var Match och Melodio de mest greniga sorterna, medan Bolero, Romance och Stromboli var signifikant bättre. Förekomst av nålnematod påverkade morötterna i hög grad och förklarar troligtvis att det inte har blivit signifikanta skillnader i försöket i Kristianstad m4b. Sorterna Bolero och Romance fanns generellt bland sorterna med låg grenighet i alla försöken.

Tabell 9. Sortförsök i morötter 2017. **Kristianstad m4b**: måttlig infektion av *P. neglectus*, fläckvis låg förekomst av *Longidorus* spp. **Kristianstad m7**: låg infektion av *Meloidogyne hapla*. låg infektion av *Trichodorus* sp. + *Paratrichodorus* sp., måttlig infektion av *P. neglectus*

Sort	Kristianstad m4b		Kristianstad 7	
	Grenighet (0-3)	% säljbar	Grenighet (0-3)	% säljbar
Bentley	0,48 n.s.	77,4 n.s.	0,45 ab	73,6 bc
Brilliance	0,40 n.s.	82,0 n.s.	0,43 ab	80,0 ab
Cadance	0,58 n.s.	68,0 n.s.	0,48 ab	73,9 bc
Elegance	0,61 n.s.	68,2 n.s.	0,50 ab	73,4 bc
Bolero	0,35 n.s.	84,6 n.s.	0,38 b	80,1 ab
Nerac	0,67 n.s.	66,4 n.s.	0,50 ab	72,1 bc
Romance	0,42 n.s.	78,4 n.s.	0,40 b	80,7 ab
Melodio	0,51 n.s.	74,8 n.s.	0,55 a	66,5 c
Match	0,58 n.s.	71,0 n.s.	0,55 a	68,7 c
Stromboli	0,55 n.s.	69,3 n.s.	0,37 b	83,8 a

Siffror i varje kolumn som åtföljs av samma bokstav är inte signifikant åtskilda ($p \leq 0,05$) enligt Duncan's multiple range test. N.s. ej signifikanta skillnader.

Sortförsök i växthus. Efter ca 5 veckor i växthus räknades antalet galler på rötter av morot i biotester (Fig. x) Det fanns ett bra samband mellan antal gallbildningar på rötterna och DNA av rotgallnematoden, *M. hapla* (Figur 5). I ett sortförsök där jord som huvudsakligen hade en hög infektion av rotgallnematod användes, var det ett signifikant högre antal galler på sorten Match (Figur 6). I andra sortförsök i växthus där jord användes, som var smittade av flera olika nematodararter, blev resultaten ibland motsägelsefulla (data ej presenterade).

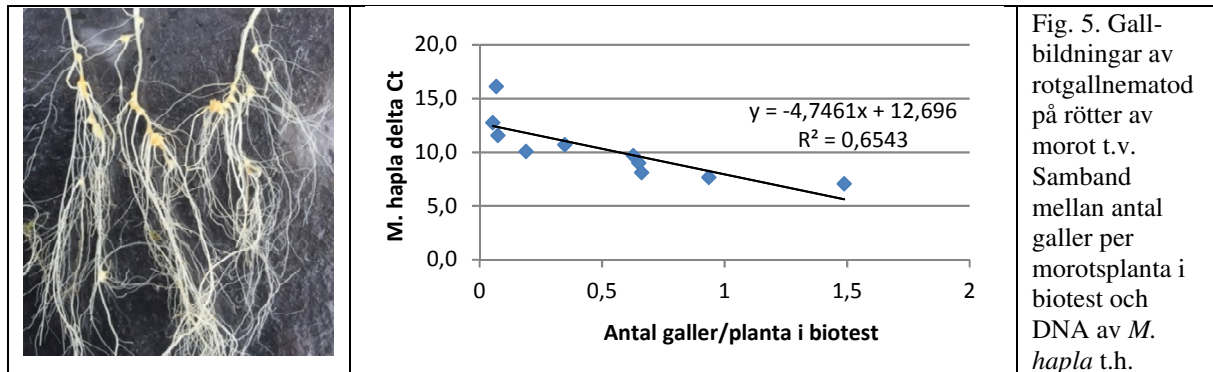


Fig. 5. Gallbildningar av rotgallnematod på rötter av morot t.v. Samband mellan antal galler per morotsplanta i biotest och DNA av *M. hapla* t.h.

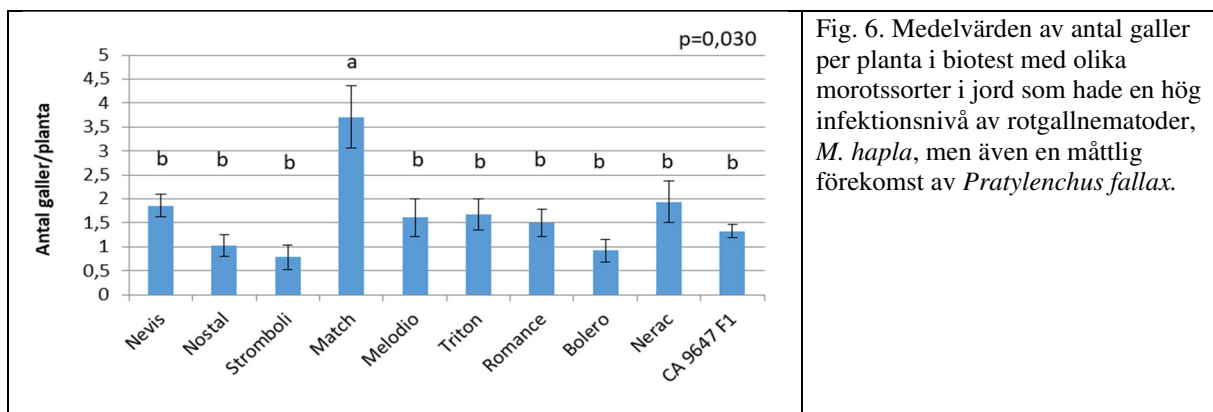


Fig. 6. Medelvärden av antal galler per planta i biotest med olika morotssorter i jord som hade en hög infektionsnivå av rotgallnematoder, *M. hapla*, men även en måttlig förekomst av *Pratylenchus fallax*.

Delprojekt 3 Betning

I betningsförsöken som utfördes i växthus blev det inga signifikanta effekter av något av de testade betningsmedlen. I fältförsöket på Gotland var det heller inga signifikanta effekter, men det fanns en tendens till något mindre greniga morötter efter betning med Cruiser. Experiment

i sockerbetor visade att det blev signifikant färre galler på rötter som var betade med Cruiser + Force.

Diskussion

Resultaten från detta projekt visar att nematoder har en mycket stor inverkan på skörd i både sockerbetor och morötter. I morötter var skördepåverkan större än vad vi tidigare trott och total skördeförlust kan inträffa eftersom den säljbara skörden kan bli noll om allt är angripet och grenigt. En viktig insikt är att grenighet i dessa grödor till största del ser ut att orsakas av angrepp av nematoder. Fält med höga nematodtätheter har i projektet ofta haft en rotgröda som varit grenig. En utgångspunkt i projektet var att hitta jordar med så få olika arter eller släkten som möjligt, men detta visade sig på ett tidigt skede vara väldigt svårt. De flesta jordar innehåller många arter eller släkten, och försöken fick läggas på fält med utgångspunkt från en kombination av olika grupper av nematoder. Därmed visste vi inte med säkerhet vilka arter som skulle finnas vid den slutliga analysen på jord provtagen vid utlägget av försöket på våren.

En viktig grupp både i morötter och sockerbetor är stubbrotsnematoderna som är ektoparasiter. Allmänt har man tidigare haft ett generellt gränsvärde på 30 ind/250 g jord för släktena *Trichodorus* och *Paratrichodorus* i Sverige, i blandning eller enskilt. Resultaten från skadetröskelförsöken i sockerbetor tyder på att man bör skilja dem åt. *Paratrichodorus* gav i försöket i Kävlinge en skördesänkning redan vid 15 ind/250 g jord, medan försöket med *Trichodorus* gav skördesänkningar först vid ca 30 ind/250 g jord. Även i morötter är denna grupp viktig, men rapporteras vara mycket känslig för torka och kan ge stora variationer beroende på provtagningstillfälle (Andersson, 2018). Skadetröskelförsöken på Gotland gav i några fall resultat som tyder på en stor variation i analysen av stubbrotsnematoderna. Det finns all anledning att hålla populationen på en låg nivå.

Nålnematoden, *Longidorus* spp., har i försöken visat sig vara mycket allvarlig i morötter. I ett försök blev skördeförlusterna upp mot 90% vid tätheter på enbart några få individer (3 ind/250g jord, ca 10 ton säljbara morötter/ha). De förekom i en del av ett fält med hög andel sand, vilket beror på att nålnematoderna är stora och behöver stora markporer (Andersson, 2018). De stora skadorna redan vid låga tätheter gör att rekommendationen för morotsodling bör vara så få individer som möjligt, långt under de som anges av t.ex. Robalab i Holland (Tabell 1). För sockerbetsodling gav försöken inget svar eftersom inga betfält hade denna art.

Rotsårsnematoden, *Pratylenchus* spp., består av många arter och har i projektet också visat sig kunna orsaka stora skador både i morötter och sockerbetor. I ett av skadetröskelfälten på Gotland blev skörden katastrofal och i jorden var det hög frekvens av *P. penetrans* och *P. crenatus*, vilka båda anges som viktiga i morotsodling (Andersson, 2018). Här gav en så låg täthet som 160 ind/250g jord av *P. penetrans* en enormt stor skördeminskning på över 95% (2,5 ton säljbar skörd/ha). Gränsen för säker odling bör nog vara lägre när dessa två arter är närvarande, exv 100 ind/250 g jord, jämfört med om exv. *P. neglectus* finns där, exv 200 ind/250 g jord. I sockerbetor är det tydligt att *P. thornei* är en art som kan ge stor grenighet.

Rotgallnematoden har i de försök som den har förekommit orsakat stor skada och för att få en säker odling av morötter ska det inte vara någon förekomst alls. Analysen av rötter med rotgaller med PCR och primers för *M. hapla* gav bra detektion och samband till antalet galler. Det visar också att det är den art som har orsakat rotgaller på morötterna.

Intressant är också att det förefaller finnas sortskillnader i mottaglighet/tolerans mot olika nematoder i både morötter och betor. Detta ger i framtiden goda möjligheter att även använda sorter för att minska nematodernas skadeverkningar. *P. thornei* har tidigare inte uppmärksamats som någon allvarligare skadegörare på betor men i ett av försöken visade sig att de flesta sorterna minskade i skörd då tätheterna ökade. Undantaget var sorten Cantona

som förefaller besitta en viss tolerans. Då det sker en mycket snabb utveckling av olika betsorter är troligen tester i växthus en lämplig metod för att snabbt få en uppfattning om en sorts mottaglighet. År 2019 odlades fem sorter av de som testats i detta projekt: Cartoon, Selma, Whiskey, Cantona och Daphna. Av dessa är det Cantona som visat sig kunna ha en viss resistens mot *P. thornei* medan Cartoon är känslig.

Olika sorter av morötter är olika känsliga för olika nematodararter/släkten. Generellt verkar dock Romance och Bolero ha klarat sig bra i alla försök. Match verkar extra känslig för rotgallnematoder, vilket stämmer överens med tidigare observationer från fältförsök 2013 (Wikström och Persson, 2016).

Interaktioner mellan nematoder är välkända och de består ofta i konkurrens om födoplatser på rötterna. I några fall i ett fältförsök blev skadorna av stubbrotsnematoderna förvånande nog inte så stora vilket kan bero på att det också fanns andra mindre patogena arter i stor mängd. I sortförsök i växthus där jord användes, som var smittad av flera olika nematodararter, blev resultaten ibland motsägelsefulla (resultat inte visade här). Troligtvis beror detta på att det är ett samspel mellan olika nematodararter, vilket kan ge förändringar i populationerna (t.ex. Eisenback and Griffin, 1987).

Nytta för näringen

Genom resultaten i detta projekt får odlare och näring nu tillgång till bättre skadetrösklar för morötter och betor och som i tid kan hjälpa dem att vidta rätt åtgärder på sina fält. Genom att vi grävt upp och graderat samtliga parceller har vi fått en god kännedom om de symtom som nematoderna ger upphov till i form av grenighet och skäggighet. Dessa symtom har under lång tid misstolkats att bero på faktorer som vatten och näringsbrist eller dålig jordstruktur. Nematoder är jordens vanligaste organism och en av de allvarligaste växtpatogena skadegörarna. Vi har också pekat på att det finns möjligheter att använda sorter för att minska skördeförlusterna. Genom rätt designade experiment går det att få en snabb uppfattning om de sorter vi har idag. I detta arbete kan PCR vara ett bra verktyg.

Slutsatser

Nya skadetrösklar har tagits fram för betor och morötter och som i de flesta fall är lägre än de som använts hittills. Det är viktigt att skilja på *Trichodorus* och *Paratrichodorus* då de har olika påverkan på skörd, lägre skadetröskel föreslås för *Paratrichodorus*. I morötter är det inte bara *Meloidogyne hapla*, som kan vara förödande utan även *Longidorus*, *Pratylenchus* och *Trichodorus*. Sortskillnader finns i både betor och morötter vilket ger möjligheter att förädla fram sorter med bättre tolerans/resistens. PCR ger nya möjligheter att utföra sorttester i växthus för att snabbt få en uppfattning om var dagens sorter står. Betydelsen av nematodernas skadeverkningar uppmärksammas allt mer av odlarna och nu finns möjligheter att bättre kontrollera dem genom att följa skadetrösklarna och i tid vidta åtgärder som sortval och odling av resistenta mellangrödor.

Referenser

- Andersson, S. 2018. Nematoder som växtskadegörare. Atremi AB.
- Eisenback, J.D. and Griffin, G.D. 1987. Vistas on Nematology. Chapter 42 "Interactions with other nematodes".
Editors: Veech, J.A. and Dickson D. W. Society of Nematologists, Hyattsville, MD. 509 pp.
- Jones, J. T., Haegeman, A., Danchin, E. G. J., Gaur, H. S., Helder, J. Jones, M. G. K., Kikuchi, T., Manzanilla-Lopez, R., Palomares-Rius, J. E., Wesemael, W. M. L. and Perry, R. N. 2013. Top 10 plant-parasitic nematodes in molecular plant pathology. Molecular plant pathology 14(9): 946-961.
- Olsson, Å. 2013a. Frilevande nematoder – var finns de? Betodlaren 2:58-64.
- Olsson, Å. 2013b. Frilevande nematoder – vad är det? Betodlaren 1:54-56.
- Wikström, M och Persson, L. 2016. Nematodanalyser. Slutrapport till Jordbruksverket 2016-02-01.

Vetenskapliga publiceringar	Påbörjas efter slutrapportering
Övriga publiceringar	Olsson Nyström, Å och Persson, L. 2018. Stubbrotsnematoder ger greniga betor och lägre skörd Del 1. Betodlaren 3:57-60 Olsson Nyström, Å och Persson, L. 2018. Frågor och svar om rotsårsnematoder i sockerbetor. Del 2. Betodlaren 4:66-68. Olsson Nyström, Å och Persson, L. 2019. Mellangrödor för att bekämpa nematoder och öka bördigheten. Betodlaren 1:51-54.
Muntlig kommunikation	Olsson Nyström, Å och Persson, L. 2018. Free living nematodes in sugar beet – damage thresholds and options for control. Poster IIRB congress Deauville France.
Studentarbete	
Övrigt	