

Slutrapport för SLF-projekt H1144237

Inverkan av stallgödsel och sortval på betcystnematoden

Zahra Omer, Jens Levenfors, Ann-Charlotte Wallenhammar
HS Konsult AB/Hushållningssällskapet

1. Bakgrund

Socketbetor odlas på 40 000 ha per år i södra Sverige och ingår som en viktig del i odlingsekonomin. Odlarna är anslutna till Nordic Sugar, som ställer ett antal krav och riktlinjer för odling av sockerbeta, bl.a. hur ofta sockerbeter får återkomma i växtföljden för att minska risken för uppkomst av jordburna växtskadegörare. Betcystnematoden (BCN) är en sådan skadegörare som kan orsaka stora förluster i sockerbetsodlingar. Det finns kunskap om hur grödor i växtföljden påverkar BCN-populationen och därmed risk för uppkomst av skador i sockerbeter. Oljevaxter i växtföljden kan föröka BCN-populationen och omvänt så kan sanerande grödor som vitsenap och oljerättika odlas som mellangröda och reducera BCN-populationen (Olsson, 2005). På detta sätt kan växtföljden bli ett verktyg för att hålla uppförökningen av växtskadegörare på en kontrollerad nivå. Skördeförluster orsakade av BCN påverkas av faktorer som nematodtäthet i marken, sortens känslighet för angrepp, nematodpopulationens förmåga att angripa och orsaka skada, samt miljöfaktorer som bestäms av geologi, odlaråtgärder och väderförhållanden. Eftersom kemisk bekämpning inte är tillåtet i Sverige är växtföljd, sortval och odling av sanerande mellangrödor de bekämpningsmetoder som står till buds. Tidigare studier har påvisat att tillförsel av stallgödsel påverkar populationen av jordburna patogener. Nilsson (2002) demonstrerade att tillförsel av 20 ton ha⁻¹ svinflytgödsel före sådd, minskade angrepp av ärtrottröta (*Aphanomyces euteiches*) i både fält och i kärlförsök. I sockerbetsodling har tendenser till bekämpningseffekt av svinflytgödsel visats mot *A. cochliformis* som orsakar rotbrand i sockerbeter (Olsson, 2004). Conn, m. fl. (2005) fastslog att svinflytgödsel har en dödlig effekt på mikrosklerotier av *Verticillium dahliae* orsakad av fettsyror. Generellt är stallgödels inverkan på nematoder inte väl undersökt, men en tidigare studie har påvisat att stallgödsel påverkar populationen av *Meloidogyne javanica* i tomatodling (Oka & Yermiyahu, 2002). Svamp såväl som nematoder är eukaryota organismer som lever i rotzonen och kan därmed påverkas av stallgödelspridning. I detta projekt har vi studerat stallgödels inverkan på BCN populationen i fält och olika sockerbetsarters inverkan på BCN populationen i krukförsök. Syftet var att studera stallgödels effekt på betcystnematoden i fält samt att vidareutveckla och förbättra beslutsstödsystemet "BCN-Watch" (Wallenhammar, m fl., 2013) för odling av sockerbeter. Effektmålen var att samla in data för att bygga ut modellen att nå fler användare, förbättra rådgivningen och vara ett viktigt verktyg i tillämpningen av integrerad bekämpning (IPM).

Frågeställningar

1. Påverkar stallgödelspridning nematodpopulationen i fältet?
2. Finns skillnader i minimiskörd och toleransnivå enligt Seinhorst's ekvation för olika sockerbetsarter, Normal (N), Nematod Escape (NE) eller Nematod Tolerant (NT).

Hypoteser

- Stallgödelspridning i växtföljden ger upphov till en miljö i rhizosfären som påverkar BCN populationen jämfört med en miljö där stallgödelspridning inte förekommer.
- Det är skillnad mellan svinflytgödsel och nötflytgödsel i förmåga att påverka BCN populationen.

- Värde på parametrarna minimiskörd och toleransnivå som används i skördeförslustberäkning enligt Seinhorst ekvation skiljer sig mellan sockerbetsorterna beroende på om sorten är (N), (NE) eller (NT).

2. Material och metod

2.1. Inverkan av stallgödsel på BCN-population (Fältförsök)

2.1.1. Val av fält och jordprovtagning

Lämpliga fält valdes ut i samråd med Nordic Beet Research (NBR) och HIR Skåne. Urvalskriterierna var nematodtäthet innan vårbruk högre än toleransnivå för Normal sockerbetsorter samt att sockerbetor odlades två år före försökets anläggning. Jordprovtagning för analys av nematodförekomst gjordes innan sådd och stallgödelspridning. Tjugo stick togs slumpmässigt rutvis med jordborr och samlingsprovet analyserades sedan vid Nematodlaboratoriet, SLU, Alnarp. Totalt togs (3 behandlingar x 4 upprepningar)= 12 prov. Generalprov av matjord analyserades vid Eurofins Food and Agro Testing Sweden AB (tabell 1).

Tabell 1. Jordegenskaper på försöksplatsen för stallgödselförsök och jord användes i nätgårdsförsöket.

| År | Fältplats (län) | Koordinater (WGS 84) | Jordegenskaper | | | | | | |
|------|--------------------|-------------------------|----------------|-------------------------------------|------|-----|-----------|---------|----------|
| | | | pH | P-AL mg 100 g jord ⁻¹ | K-AL | ler | mull % | sand/mo | Jordart |
| 2012 | Nyboholm (M) | x=55,746 y=13,094 | 7,8 | 10 | 6,0 | 17 | 3 | 50 | mmh moLL |
| 2013 | Hagestad (M) | x=55,427 y=14,135 | 7,1 | 12 | 6,4 | 1 | 8 | 73 | mf lSa |
| 2014 | Bramstorp (M) | x=55,353 y=13,301 | 7,1 | 11 | 8,7 | 3 | 16 | 57 | mmh saLL |

2.1.2. Stallgödselfanalys

Stallgödselfprover analyserades för innehåll av växtnäring och fettsyrasammansättning vid Eurofins Food and Agro Testing Sweden AB.

2.1.3. EC-mätning(elektrisk konduktivitet)

Markens elektriska konduktivitet mättes med ett EM 38 instrument över fältförsöken på våren innan sådd och på hösten efterskörd för att studera variation av markegenskaper inom försöksytorna.

2.1.4. Fältförsök

Inverkan av nöt - och svinflytgödsel på BCN populationen jämfördes med mineralgödsel i tre fältförsök 2012-2014 som såddes med vårvete (Vinjett), 550 kärnor m⁻². Gödselgivorna var 25 ton ha⁻¹ svinflytgödsel, 30 ton ha⁻¹ nötflytgödsel och 130 kg N (NPK 15-4-8). Stallgödselfen spreds och nedmyllades i samband med sådd, medan handelsgödsel kombisåddes. Försöksdesignen var fullständigt randomiserad med 4 upprepningar x 3 led = 12 parceller. Parcellstorleken var 84 m² (6 x 14 m). Rutvisa jordprover för analys av BCN-förekomst togs ut vid två tillfällen, vid tidpunkten för sådd samt vid skörd.

2.2. Inverkan av stallgödsel på BCN- population (nätgårdsförsök)

I nätgården anlades ett krukförsök parallellt med fältförsöken 2013 och 2014. Krukorna (2 l) fylldes med fältjord från samma försöksplatser och såddes med vårvete Vinjett. Varje kruka gödslades med antingen 5,1 g mineralgödsel eller 25 ml stallgödsel. (gödself mängder motsvarade gödselgivorna i fältförsöket). P_i -värde (initiala populationstätheten ägg g jord⁻¹)

var 26,3 på försöksplatsen 2013. 2014 lades försöket ut i nätgården med tre P_i -värde: 1,4, 4,1 respektive 11,5.

2.3. Nätgårdsförsök (uppskattning av skördeförlost orsakad av BCN)

Syftet var att ge underlag till att beräkna de konstanter som ingår i Seinhorst ekvation (Seinhorst, 1965) för skördeförlostberäkning för de testade sorterna. Tre sockerbetssorter som representerar klasserna: Normal (N), Escape (NE) och Tolerant (NT) valdes ut varje år (Tabell 2).

2.3.1. Val av fält och jordsamling

Jord samlades in från fält enligt punkt 2.1.1. Kravet på jordart var mindre än 17 % lerhalt och samma växtnäringstatus oavsett nematodförekomst. 2014-2015 hade vi ytterligare krav på att hämta jord med samma strukturstatus oavsett nematodförekomst dvs. att fältkant och vändteg måste undvikas. Ett generalprov från varje fält skickades till Eurofins Food and Agro Testing Sweden AB.

2.3.2. Förberedelse av inokulum (smittämne, blandning av jord och BCN) och jordblandning

Nätgårdsförsöken utfördes enligt Fatemy m fl. (2007), med vissa undantag. Jordsterilisering undveks för att inte påverka jordens kemiska, fysikaliska eller biologiska egenskaper. I stället användes svagt infekterad jord eller jord sanerad med en resistent vitsenapsort användes enligt följande plan.

2012-2013: Jord samlades in från punkter i fält med låg (~ 0 ägg g jord⁻¹) respektive hög (>15 ägg g jord⁻¹) förekomst av BCN.

2014: Ett nytt sätt för att föröka eller sanera försöksjord togs fram i samråd med professor Stig Andersson. Jord samlades in från punkt på ett fält innan vårbruket. En fältjord innehållande P_i 5 ägg g jord⁻¹ samlades in 2013 och fördelades sedan på 24 hinkar (12 l murbrukshinkar) som såddes antingen med en mottaglig vitsenapsort (Zlata) för uppförökning eller med en resistent vitsenapsort (Achilles) för sanering. Jord från dessa hinkar användes sedan i försöket som anlades 2014.

2015: En BCN-mottaglig vitsenapsort (Belinda) såddes i åtta hinkar fyllda med fältjord och placerades i nätgården för att föröka BCN-populationen. Jord från dessa hinkar samt från hinkar sådda med sockerbetssorter 2014, användes i 2015 nätgårdsförsök.

2.3.3. Utförande i nätgårdsförsök

Olika BCN nivåer (tabell 2) skapades enligt punkt 2.3.2. För att få en homogen blandning mixades jorden i cementblandare innan den hälldes i hinkarna. Varje hink fylldes med 12 kg jord. Ett samlingsprov togs ut från varje smittnivå för att bestämma initiala BCN-populationen (P_i -värde) för respektive nivå.

Tabell 2. Sockerbetssorter och BCN nivåer som användes i nätgårdsförsöken.

| År | Sortegenskaper | | | P_i -värden | | | |
|-------------------|--------------------|-----------|----------|---------------|--------|--------|--------|
| | Normal | Escape | Tolerant | Nivå 1 | Nivå 2 | Nivå 3 | Nivå 4 |
| 2012 ² | Rasta ¹ | Rosalinda | Julietta | 0,3 | 2,8 | 5,5 | 10,2 |
| 2013 ² | Mixer ¹ | Rosalinda | Alexina | 0,2 | 7 | 13 | 17 |
| 2014 ² | Mixer | Rosalinda | Elora | 2,24 | 4 | 8,5 | - |
| 2015 ³ | Mixer | Jollina | Elora | | | | |

¹ Syngenta sort, övriga är KWS sorter.

² Ett samlingsprov analyserades per fyra hinkar för varje nivå.

³ Ett prov analyserades för varje enskild hink.

Varje hink gödslades med 36 g NPK 15-4-8 och såddes med fem frön. Ca en vecka efter groningen gallrades så att en planta per hink (2012-2013 och 2015) eller tre plantor per hink (2014, för att minska variationen som noterades 2012-2013) behölls för att växa vidare. Hinkarna placerades sedan i utomhusmiljö i nätgården (SLU, Alnarp [$x=55,659$; $y=13,080$ WGS 84]) enligt en randomiserat block design. Ett försök gav upphov till 48 hinkar (3 sorter x 4 BCN- nivåer x 4 upprepningar) eller 36 hinkar (2014). Hinkarna vattnades vid sådd, sedan vid behov. Visuell gradering av mängden grönmassan utfördes en gång under sommaren (utvecklingsstadium 41). Betorna såddes och skördades vid normala tidpunkter för kommersiell odling. Vid skörd grävdes rötterna upp och tvättades innan bestämning av rotvikt och polsocker. Populationen vid försökets slut, P_f -värdet, analyserades i varje hink för att beräkna förökningsförmåga, RF -värde (P_f/P_i) för varje sort vid olika BCN- nivåer.

Statistik: Resultat av stallgödselspridning i fält, stallgödsel i krukförsök och nätgårdsförsök med sockerbetsorter har bearbetats med ANOVA (Statistica version 11, StatSoft). Där ANOVA-test visade signifikanta skillnader mellan behandlingar analyserades resultaten med Duncan's Multiple Range Test, $n=4$. Data för beräkning av skördepåverkan anpassades till Seinhorst's ekvation (1965).

3. Resultat

3.1. Inverkan av stallgödsel på BCN-populationen

3.1.1. Fältförsök

Svinflytgödseln innehöll 10 % mer ättiksyra och 20 % mer smörsyra än nötflytgödseln (tabell 3). När det gällde inverkan av gödselslag på BCN- populationen noterades inga statistiskt signifikanta skillnader i RF -värden i stallgödsselförsöken. P_i -värdena varierade mellan 12 och 14 ägg g jord⁻¹ och P_f -värden varierade mellan 3 och 4 ägg g jord⁻¹ 2014 (Tabell 4). År 2012 uppmättes lägre P_i -värden som varierade mellan 7 och 9 ägg g jord⁻¹, medan P_i -värden 2013 var höga, mellan 27 och 30 ägg g jord⁻¹. EM 38 mätningar visade på mycket homogena jordartsförhållanden på försöksytan 2014 jämfört med 2012 och 2013. Mätvärdena varierade inom ett smalt band, mellan 185 och 230 mS m⁻¹ (resultat visas ej).

Tabell 3. Näring och fettsyror innehåll av stallgödseln som användes i försöken 2012-2014.

| Analysnamn | 2012 | | 2013 | | 2014 | |
|-----------------------|-----------------|---------|----------|---------|----------|---------|
| | Stallgödselslag | | | | | |
| | Svinflyt | Nötflyt | Svinflyt | Nötflyt | Svinflyt | Nötflyt |
| Ättiksyra | 0,43 | 0,15 | 0,6 | 0,53 | 0,60 | 0,43 |
| Mjölksyra | 0,23 | 0,26 | < 0,01 | < 0,01 | 0,19 | 0,09 |
| Propionsyra | 0,18 | 0,07 | 0,14 | 0,08 | 0,17 | 0,05 |
| Smörsyra | 0,15 | <0,01 | 0,1 | 0,08 | 0,07 | 0,03 |
| Torrsubstans halt (%) | 6,5 | 5,1 | 6,9 | 6,7 | 6,1 | 5,9 |
| Totaltkväve | 4,6 | 2,3 | 3,9 | 3,2 | 4,6 | 2,9 |
| Fosfor | 1,2 | 0,56 | 0,98 | 0,56 | 1,10 | 0,79 |
| Kalium | 1,7 | 1,7 | 1,9 | 2,6 | 2,5 | 2,7 |

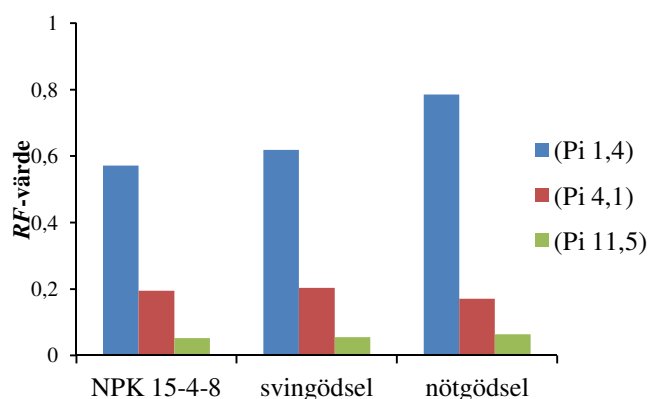
Tabell 4. Inverkan av stallgödsel och mineralgödsel på populationen av BCN. Initial population (P_i), population vid försökets slut (P_f) och RF -värde (P_f/P_i).

| År | Gödselslag | Vår (P_i) | Höst (P_f) | RF -värde |
|------|----------------|---------------|----------------|--------------------|
| 2012 | NPK 15-4-8 | 9 | 5 | 0,55a ¹ |
| | svinflytgödsel | 9 | 4 | 0,47a |
| | nötflytgödsel | 7 | 6 | 1,16a |
| 2013 | NPK 15-4-8 | 30 | 13 | 0,43a |
| | svinflytgödsel | 27 | 11 | 0,43a |
| | nötflytgödsel | 29 | 12 | 0,45a |
| 2014 | NPK 15-4-8 | 12 | 4 | 0,30a |
| | svinflytgödsel | 14 | 4 | 0,30a |
| | nötflytgödsel | 14 | 3 | 0,24a |

¹behandlings med samma bokstäver är inte statistiskt skilda ($p \leq 0,9$) enligt Duncan's test.

3.1.2. Nätgårdsförsök

BCN-populationens förändring över växtsäsongen var avhängig P_i -värdet. Därför lades 2014 års försök ut med tre nivåer av P_i ; 1,4, 4,1 och 11,5. Vid P_i nivån 1,4 uppförade nötflytgödsel BCN något högre än svinflyt och NPK. I ledet med $P_i=4,1$ var RF -värdena kring 0,2 för samtliga behandlingar. I ledet med $P_i=11,5$ var RF -värdena kring 0,05 för samtliga behandlingar (figur 1).



Figur 1. Inverkan av olika flytgödselslag på förökningen av BCN i nätgårdsförsöket vid olika initiala (P_i) populationer. NPK-giva motsvarande 130 kg ha⁻¹, svinggödselgiva: 30 ton ha⁻¹, nötflytgödselgiva: 35 ton ha⁻¹.

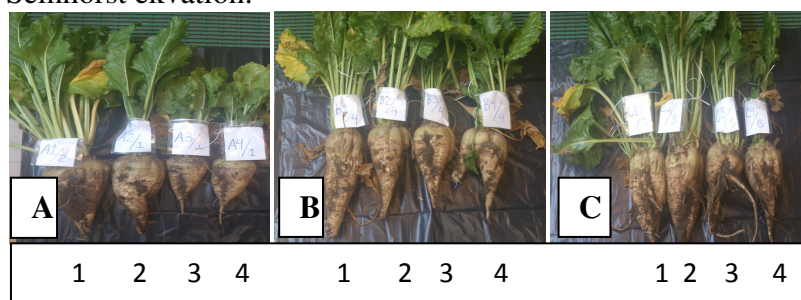
3.2. Nätgårdsförsök

3.2.1. Förberedelse av inokulum

Inga skillnader i uppförningsförmåga mellan vitsenapssorterna 'Achilles' och 'Zlata' noterades efter analys av utvalda krukor vintern 2013/2014. Stora variationer i nematodtätthet noterades mellan enskilda krukor. Efter etablering av nätgårdsförsöket under våren visade analys av den blandade jorden som använts i försöket 2014 att högsta nematodtätthet var åtta ägg g jord⁻¹, vilket är tre till fyra gånger lägre nematodtätthet än vad vi räknat med utifrån vinterns nematodprov. En bättre spridning av P_i -värden uppnåddes i 2015 års försök i jord från krukor sådda med vårraps 'Belinda'.

3.2.2. Uppskattning av skördeförlust orsakad av BCN

Visuell bedömning under tillväxtperioden i början av juli månad visade en tendens till att sorterna växte sämre vid högre P_i -värde. Skillnaden var tydligast mellan plantorna som växte vid den högsta respektive den lägsta BCN- nivån, vilket kunde påvisas även vid slutet av försöket (figur 2). Resultat av sockerskörd visade inga statistiskt signifikanta skillnader mellan sorterna (tabell 5). År 2012 skedde en stor ökning av alla P_i -värden, men det verkar som att sockerbeterna kompenserade för skadorna av BCN. När det gällde P_i , var skörden lägst vid det högsta P_i -värdet (Tabell 5) med undantag för 2012. Skillnaden var statistiskt signifikant mellan de högsta och de lägsta P_i -värdena i varje försök. År 2013 hade de tre sockerbetssorterna i genomsnitt en sockerskörd på ca 12 ton ha^{-1} vid P_i -värde på 7 ägg g $jord^{-1}$ därefter minskade skörden för samtliga sorter 2-3 ton ha^{-1} vid 13 respektive 17 ägg g $jord^{-1}$ (tabell 5). (NT) sorten Alexina hade en medel sockerskörd på 10 ton ha^{-1} jämfört med 9,2 ton ha^{-1} för (NE) Rosalinda och 9,4 ton ha^{-1} för (N) sorten Mixer (tabell 5). Skördeförlostberäkning för hela försöket 2013 visade att toleransgränsen för alla tre sorterna ligger på ca 2 ägg g $jord^{-1}$, men variationen var hög (figur 3) och R^2 värdena var låga (tabell 6). 2014 lämnades tre plantor per hink istället för en planta för att minska variationen inom behandlingarna, detta i sin tur minskade variationen ($CV = 32\%$ jämfört med $CV=42\%$ 2013), men det var inte tillräckligt för att beräkna toleransgräns och minimiskörd enligt Seinhorst ekvation.



Figur 2. Visuella skillnader av tre sockerbetssorter vid skörd 2013. Betorna odlades vid olika BCN nivåer. A= Mixer (N), B= Rosalinda (NE) och C= Alexina (NT) . 1=0,2 ägg g $jord^{-1}$, 2=7 ägg g $jord^{-1}$, 3=13 ägg g $jord^{-1}$, 4=17 ägg g $jord^{-1}$.

Tabell 5. Inverkan av initialpopulationen av BCN (P_i -värde) och sockerbetssorter på sockerskörd (ton ha^{-1})

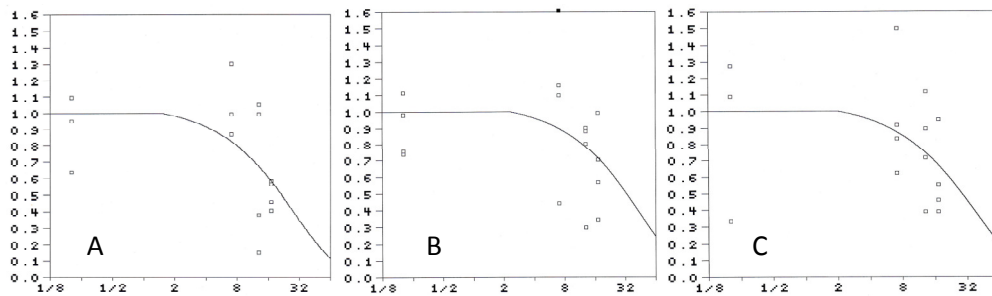
| År | P_i -värde | | | Sort | Sockerskörd ² | |
|------|--------------|--------------------------|-------------------|-----------------|--------------------------|---------------------|
| | P_i | Sockerskörd ¹ | RF | | Sockerskörd ² | RF |
| 2012 | 2,8 | 14 a | 23 a ³ | Rasta , (N) | 15 a | 21,8 a ⁴ |
| | 5,5 | 15 a | 12 ab | Rosalinda, (NE) | 15 a | 14 a |
| | 10 | 16 a | 4 b | Julietta , (NT) | 15 a | 3,7 a |
| 2013 | 7 | 12 a | 2,3 a | Mixer, (N) | 9,4 a | 2,6 a |
| | 13 | 9 ab | 1,7 ab | Rosalinda, (NE) | 9,2 a | 1,6 b |
| | 17 | 7 b | 1 b | Alexina,, (NT) | 10 a | 0,9 b |
| 2014 | 2,4 | 3,6 a | 15 a | Mixer, (N) | 3 a | 11 a |
| | 4 | 2,7 b | 2,8 b | Rosalinda, (NE) | 3 a | 4, a |
| | 8,5 | 2,5 b | 2,3 b | Elora, (NT) | 3 a | 5,6 a |

¹ Medelskörd vid olika P_i -värde för samtliga sorter odlades ett visst år.

² Medelskörd för varje sort vid samtliga nivåer per år.

³ Behandlingar med olika bokstäver är statistiskt skilda ($p \leq 0,001$) enligt Duncan's test.

⁴ Behandlingar med olika bokstäver är statistiskt skilda ($p \leq 0,2$) enligt Duncan's test.



Figur. 3 a). Samband mellan BCN- nivåer (y-axel) och skörd 2013. A: Mixer (Normal-sort), B: Rosalinda (Escape-sort), C: Alexina (Tolerant sort).

Tabell 6. Konstanter och variabler för Seinhorst's ekvation beräknades för tre sorter 2013.

| | Mixer (N) | Rosalinda (NE) | Alexina (NT) |
|---|-----------|----------------|--------------|
| N (relativ skörd) | 14,73 | 12,73 | 12,9 |
| M (lägsta skörd) | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| T (toleransnivå) | 1,5 | 1,864 | 1,9 |
| Z (Faktor, virulens) | 0,95 | 0,95 | 0,95 |
| R ⁵ (mått på statistisk variation) | 0,280 | 0,174 | 0,165 |

En bättre spridning av P_i -värden uppnåddes i försöket 2015 där det lägsta P_i -värdet var 2 ägg g jord⁻¹ och det högsta 39,5 ägg g jord⁻¹, men det saknades fortfarande låga värden dvs. P_i -värden mellan 1-5 ägg g jord⁻¹ (tabell 7). Sockerskörd av samtliga sorter var generellt låg på grund av den kalla väderleken under sommaren som i sin tur resulterade i dålig tillväxt av sockerbetsplantorna. Det fanns inga statistiskt signifikanta skillnader mellan sorterna och inte heller sortvisa vid olika P_i klasser även om man ser en tendens till skillnader i sockerskörd (tabell 7).

Tabell 7. Sockerskörd och P_i -värde. Skördeår 2015.

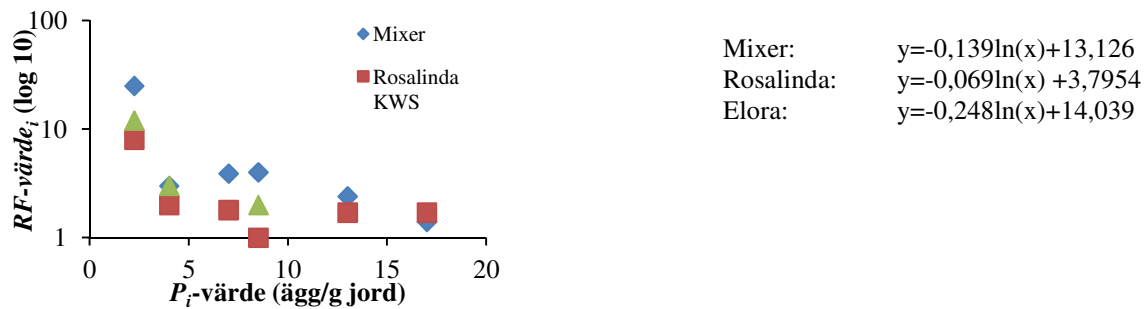
| Sort | P_i | Sockerskörd (ton ha ⁻¹) |
|--------------|-------|-------------------------------------|
| Mixer (N) | 8,2 | 3,6a ¹ |
| | 18,8 | 4,3a |
| | 30,3 | 2,2a |
| Jollina (NE) | 8,1 | 4,3a |
| | 14,5 | 3,3a |
| | 31,9 | 2,9a |
| Elora (NT) | 5,3 | 4,2a |
| | 12,5 | 3,8a |
| | 21,6 | 2,6a |

¹Behandlingar med samma bokstav är inte statistiskt skilda ($p \leq 0,1$) enligt Duncan's multiple range test.

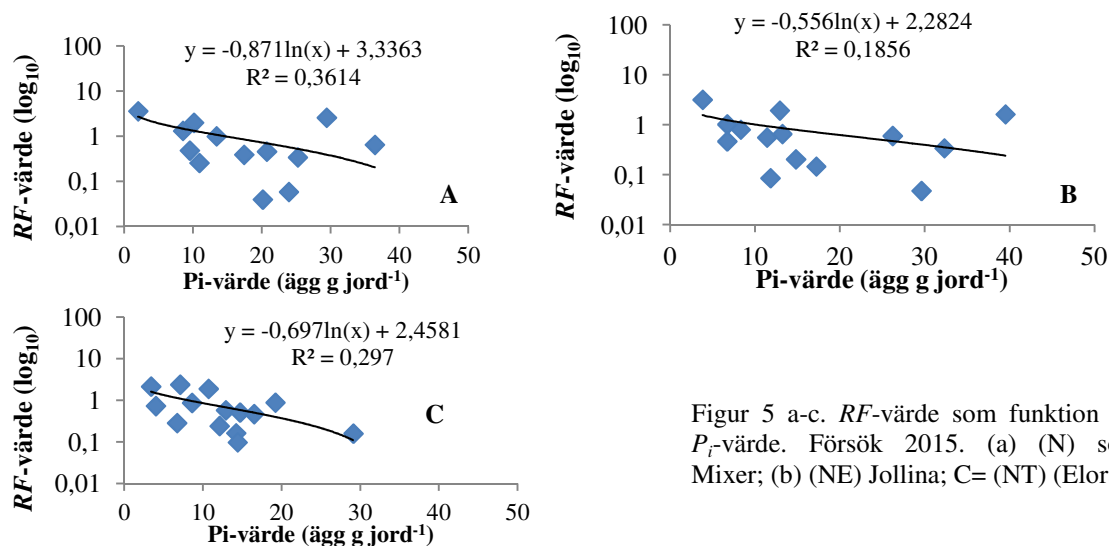
3.2.3. BCN populationsdynamik

Nematodanalysen vid försökets slut visade att nematoderna förökades under växtsäsongen. Vid nivå 1 skedde en ovanligt hög uppförökning år 2012 ($RF > 100$) och 2013 ($80 < RF < 220$) varför dessa resultat inte ingick i det slutliga beräkningen av RF -värden. Det kan dock konstateras att den högsta förökningen alltid skedde vid det lägsta P_i -värdet, därefter minskade RF -värdet med ökat P_i -värde för samtliga sockerbetsorter (tabell 5; figur 4). Förhållandet mellan P_i -värde och RF -värde var statistiskt signifikanta (tabell 5). Sockerbetsorterna hade olika uppförökningsförmåga beroende på P_i -värde och

sortegenskaper (figur 4), där normalsorterna Rasta och Mixer hade det högsta RF -värdet. Därefter kom (NE) sorten Rosalinda medan de (NT) sorterna Julietta, Alexina och Elora hade de lägsta RF -värdena i respektive försök (tabell 5). Dessa skillnader var dock inte statistiskt signifikanta, förutom 2013 där (NE) sorten Rosalinda och (NT) sorten Alexina hade statistiskt signifikant mindre RF -värde jämfört med (N) sorten Mixer. Vid P_i -värde 10,2 ägg g jord⁻¹ var RF -värdet > 1 för alla sockerbetsorter inklusive Julietta 2012. Sortskillnaderna i uppförningsförmåga i 2015 års försök var inte lika stora som 2012-2014. Normalsorten (Mixer) visade störst uppförningsförmåga jämfört med Escape och Tolerant sorter (figur 5 A-C).



Figur 4. Uppförningsförmåga hos tre sockerbetsorter vid olika initialpopulation av BCN (P_i -värde) 2013-2014. Mixer (resultat av två försök); Rosalinda (resultat av två försök); Elora (ett försök).



Figur 5 a-c. RF -värde som funktion av P_i -värde. Försök 2015. (a) (N) sort Mixer; (b) (NE) Jollina; C= (NT) (Elora).

4. Diskussion

Stallgödels inverkan på jordburna patogener har påvisats i olika undersökningar. I de flesta fall associeras effekten mot dessa patogena svampar med fettsyra innehåll i stallgödsel, särskilt i svinflytgödsel (Conn, m fl. 2005). När det gäller nematoder finns endast ett begränsat antal studier t ex i rotgall nematoden *Meloidogyne javanica* (Oka & Yermiyahu, 2002) och i potatis cystnematod *Globodera rostochiensis* (Lopez-Robles, m fl. 2013). Resultatet i denna studie visade en tendens till att svinflytgödsel kan påverka BCN- populationen vid ett effektfönster som åtminstone innefattar P_i -värden lägre än 10 ägg g jord⁻¹, men denna effekt var inte statistiskt signifikant. Lopez-Robles, m fl. (2013) undersökte svinflytgödels effekt på *G. rostochiensis* i krukförsök, med täckta eller öppna krukor som var fyllda med nematodinfekterad fältjord. Svinflytgödsel reducerade äggkläckningen signifikant, men endast i de täckta krukorna, och förklaras av att fettsyror, vilka är flyktiga ämnen, måste behållas under en viss period i marken för en effektivare sanering. Ytterligare mängder av fettsyror kan också produceras av markens mikroorganismer vid anaerob fermentering av stallgödsel i

marken. En liknande effekt mot BCN kan möjligen upp nås med täckning av markyta. I vissa länder används täckning i sammanhang av marksanering med t. ex solarisering (Gray m. fl. 1992). Stallgödselanalysen visade att ättiksyra var den dominerade fettsyran i svinflytgödsel, följt av mjölksyra och propionsyra, vilket överensstämmer med resultat från andra studier (Tenuta m. fl. 2002; Lopez-Robles, m. fl. 2013). Effektiviteten av svinflytgödsel mot nematoder, t. ex rotsårnematoden *Pratylenchus penetrans* (Min m. fl. 2007), kan variera mycket, då individuella fettsyror har olika toxiska effekter. Skördeförlost som orsakas av nematoder på olika värdväxter är korrelerade med nematodtätheter i marken vid sådd. Seinhorst (1965) beskrev detta förhållandet med en ekvation som beräknar skördeförlost som funktion av P_i -värde, där konstanter som representerar sortegenskaper i form av toleransnivå (T) och lägsta skörd (m) vid kraftiga angrepp också ingår i beräkningen. Ekvationen har sedan använts i många studier för att uppskatta skördeförlost pga skada av olika nematodararter i många grödor. Jordart och väderförutsättningar kan påverka toleransgräns- och beräknad minimiskörd för en sort. Jord med hög lerhalt och väderförhållanden under säsongen 2012 kan ha bidragit till att BCN-populationen inte påverkade sockersköörden trots en hög förökning. BCN föredrar lättare jordar men även tillgång till vatten och syre påverkar populationen (Hiborkou m. fl. 2011). I denna studie var sambandet mellan sockerskörd och P_i -värde eller BCN-nivå inte tydlig för någon sort, vilket överensstämmer med andra studier (Olsson, 2011). Dessutom uppvisade våra resultat på T -värden nära 2 ägg g jord⁻¹ och minimiskörd sattes till 0,0 ton ha⁻¹ på samtliga sorter. En liten spridning av P_i -värden samt variation i försöket kan delvis förklara de låga R^2 -värdena. Vi försökte åstadkomma en stor spridning av P_i -värden genom att producera inokulum med hjälp av en vitsenapsort som förökar (Achilles) BCN resp. sanerar (Zlata). Sorterna uppvisade dock inte dessa förväntade effekter på BCN-populationen. Achilles visade sig föröka istället för att sanera BCN, vilket ledde till att P_i -värden inte fick planerad spridning när detta inokulum användes i försöken. Undersökningar med mellangrödans sanerande effekt mot BCN visade sorten Achilles kan ha en sanerande effekt på ca 70 %, men samtidigt i vissa fall kan den uppföröka BCN (Eriksson & Thorstensson, 2007).

Den slutliga BCN populationen (P_f -värdet) i nätgårdsförsöket analyserades som en extra faktor. Under utvecklingsprocessen av BCN-Watch (Wallenhammar, m. fl. 2013), har vi valt att ge användaren möjlighet att använda RF -värden som är beroende av P_i , $RF(P_i)$ eftersom detta fenomen rapporterats från litteraturen (Been & Schomaker, 1998). RF -värdet är då omvänt korrelerat till P_i -värdet, vilket orsakas av konkurrens mellan nematoderna och tillgänglighet av resurser eller värdväxt. Det finns ett antal olika modeller för att beskriva denna typ av samband i litteraturen. Att räkna ut P_f -värdet ger också indikation på överlevnaden av BCN under försöksbetingelserna.

I nätgårdsförsöken inträffade alltid den högsta BCN uppförökningen vid det lägsta P_i -värdet, och därefter minskade RF -värdet med ökat P_i -värde för samtliga sorter. Detta stämmer bra med teorin om P_i -beroende RF -värden. Den modell vi valt att använda i beslutsstödsystemet för betcystnematoden för att beskriva detta samband överensstämmer bra med resultat från denna studie. Sambandet var statistiskt signifikant, särskilt mellan de högsta och de lägsta nivåerna (tabell 5). Resultatet speglar också uppförökningsförmågan hos de olika sockerbetsorterna vid olika nematodtätheter och överensstämmer med de beskrivna egenskaperna för varje sort.

Generellt är uppförökningen av BCN med sorterna i genomsnitt ganska nära vad som rapporterades tidigare i svenska försöken. I nätgårdsförsöket 2014 visade Mixer RF -värdet 11, och Olsson (2011) redovisade ett RF -värde på 11,8 för samma sort som medelvärde för försök i Sverige och Danmark. I samma försök visade Rosalinda ett RF -värde på 4 medan Olsson (2011) redovisade ett RF -värde på 5,5.

Beräkningar från försöksresultaten i BCN-Watch (Wallenhammar, m fl., 2013) visar att det är möjligt att ha en växtföljd där sockerbetor eller annan likvärdig värdväxt återkommer vart tredje år förutsatt att en Escape eller Tolerant sort odlas. Den teoretiska beräkningen visar dock att sanerande mellangröda krävs för att populationen ska minska till toleransnivån inför tredje säsongen. Den beräknade skördeförlusten för en Escape-sort som Rosalinda blir ca tre procent vid ett P_i -värde på 2 ägg g jord⁻¹. Normalt har toleransnivån 2 ägg g jord⁻¹ använts för många sockerbetsorter. Nya studier för aktuella sorter visar att lägre toleransnivåer bör användas, och en toleransnivå på 0,3 ägg g jord⁻¹ föreslås (Stig Andersson, Sanja Manduric, pers. kommunikation). Val av toleransnivå påverkar i första hand urvalet av odlingsbara fält, men inte växtföljdens effekt på populationsutvecklingen så länge odling inte startas på fält med P_i -värden som överstiger toleransnivån.

5. Slutsatser

- Svinflytgödsel kan hämma uppförökning av betcystnematoden, men effekten är dock osäker. Studerad litteratur påvisar att stallgödsel i kombination med marktäckning kan ha effekt mot nematoder.
- ”Normal” sorter visade något högre uppförökningsförmåga jämfört med ”Tolerant” och ”Escape” sorter. Inga skillnader hittades mellan ”Tolerant” och ”Escape” sorter.
- Val av toleransnivå påverkar i första hand urvalet av odlingsbara fält, men inte växtföljdens effekt på populationsutvecklingen så länge odling inte startas på fält med P_i -värden som överstiger toleransnivån.
- Det är möjligt att ha en växtföljd där sockerbetor återkommer vart tredje år förutsatt att en ”Escape” eller ”Tolerant” sort odlas. Detta kräver dock att inga andra värdväxter än sockerbetor odlas och att någon sanerande mellangröda odlas före sockerbetor.

6. Resultatförmedling till näringen

Publicering av beslutsstödsystemet <http://hushallningsallskapet.se/tjanster-produkter/trycksaker-brev-2/>. Artikel i Arvensis och HS Gröna affärer.

7. Tack Stort tack till Prof. Stig Andersson, Nemaconsult för värdefull rådgivning och diskussioner och till Susanne Andersson, Nematodlaboratoriet för mycket gott samarbete.

8. Litteratur

- Been, T.H., Schomaker, C.H. 1998. Quantitative studies on the management of potato cyst nematodes (*Globodera* spp) in The Netherlands. Doktorsavhandling. Landbouwniversiteit Wageningen, Holland.
- Conn, K, Tenuta, M and Lazarovits, G. 2005. Liquid Swine Manure Can Kill *Verticillium dahliae* Microsclerotia in Soil by Volatile Fatty Acid, Nitrous Acid, and Ammonia Toxicity. *Phytopathology*. 95, 28-35.
- Eriksson & Thorstensson, 2007. Betcystnematodsanering med resistent mellangröda. Examensarbete inom lantmästarprogrammet. Sveriges lantbruksuniversitet, Alnarp 2007.
- Fatemy, S, Parvizi, R and Greco, N. 2007. Response of sugar beet to population of *Heterodera schachtii* in microplots in Iran. *Russian Journal of Nematology*. 15, 9-14.
- Gray, F. A., Franc, G. D., Kerr, F. D. 1992. <http://nematode.unl.edu/extpubs/wyosbn.htm>
- Hibirkou, C., Welp G., Rehbein, K., Hillnhütter, C., Daub, M., Oliver, M.A., Pätzold, S. 2011. Effect of soil heterogeneity on the spatial distribution of *Heterodera schachtii* within sugar beet fields. *Applied Soil Ecology*. 51: 25-34.
- Lopez-Robles, J., Olalla, C., Rad, C., Diez-Rojo, M. A., Lopez-Perez, J. A., Bello, A., Rodriguez-Kabana. 2013. The use of liquid swine manure for the control of potato cyst nematode through soil disinfestation in laboratory conditions. *Crop Protection*. 49, 1-7.
- Min, Y. Y., Sato, E., Shirakashi, T., Wada, S., Toyota, K., Wantanabe, A. 2007. Suppressive effect of anaerobically digested slurry on the root-lesion nematode *Pratylenchus penetrans* and its potential mechanisms. *JPN. J. Nematology*. 37, 93-100.
- Nilsson, S. 2002. Effects of organic amendments on Aphanomyces root rot of peas. Master thesis. The Royal Veterinary and Agricultural University, Copenhagen.
- Oka, Y & Yermiyahu, U. 2002. Suppressive effects of composts against the root-knot nematode *Meloidogyne javanica* on tomato. *Nematol*. 4, 891-898.
- Olsson, Å. 2004. Kontroll av rotbrand i sockerbetor med svinflytgödsel. Slutrapport, SBU Projektkod 2004-1-1-406.
- Olsson, Å. 2005. Demonstrationsförsök av sanerande grödor. Hämtat från <http://rapporter.sockerbetor.nu/reports/2005_410_sanerande_gr.pdf> 29 september 2011.
- Olsson, R. 2009. Proving av betsorter på nematodinfekterad mark 2009. NBR Slutrapport 104-2009.
- Olsson, Å. 2011. Mottaglighet och tolerans hos olika betsorter gentemot betcystnematoden *Heterodera schachtii*. Rapport, 413-2011.
- Seinhorst, J. W. 1965. The relation between nematode density and damage to plants. *Nematologica*. 11,137-154.

- Tenuta, M., Conn, K. L., Lazarovits, G. 2002. Volatile Fatty Acids in Liquid Swine Manure Can Kill Microsclerotia of *Verticillium dahlia*. *Phytopathology*. 92, 548-552.
- Wallenhammar, A-C., Levenfors, J., Omer, Z. 2013. Utveckling av beslutsstöd för växtföljdsplanering i sockerbetsproduktionen. SLF slutrapport.