

Mottaglighet och tolerans hos olika betsorter gentemot betcystnematoden *Heterodera schachtii* 2011

**Susceptibility and tolerance in different sugar beet
cultivars in relation to the beet cyst nematode, *Heterodera
schachtii*, in experiments in 2011**

Åsa Olsson

asa.olsson@nordicbeetresearch.nu
+46 (0)709 53 72 62

Borgeby slottsväg 11, SE-237 91 Bjärred

NBR Nordic Beet Research Foundation (Fond)
Højbygårdvej 14, DK-4960 Holeby

www.nordicbeet.nu

Contents

Contents	2
Sammanfattning	3
Summary	5
Introduktion	7
Material och metoder	8
Försök på nematodinfekterad mark.	8
Statistiska beräkningar	8
Växthusexperiment under standardiserade förhållanden	8
Resultat och diskussion	9
Försök på nematodinfekterad mark.	9
Populationsdynamik	9
Skörd	11
Polsockerskörd som funktion av P_i – Sverige	11
Polsockerskörd som funktion av P_i – Danmark	13
Sockerskörd vid olika nivåer av initiala tätheter	16
Samband mellan populationstäthet och avkastning - Sverige	17
Samband mellan populationstäthet och avkastning - Danmark	17
Populationsdynamik	20
Populationsdynamik - Sverige	20
Populationsdynamik – Danmark	21
Växthusexperiment	21
Slutsatser	23
Referenser	24

Mottaglighet och tolerans hos olika betsorter gentemot betcystnematoden *Heterodera schachtii* 2011

Sammanfattning

En av de skadegörare som sett över samtliga betodlande länder i Europa orsakar de största problemen i sockerbetor är betcystnematoden. Den viktigaste åtgärden mot BCN i stora delar av Europa är nu odling av toleranta betsorter. Toleranta betsorter ger en hög skörd trots att de angrips av BCN. Skörden på jordar utan nematoder är mindre jämfört med normalsorter och den inre betkvaliteten är sämre. Ytterligare en nackdel är att de uppförökar antalet nematoder i marken.

Uppförökningen är lägre än för normala sorter. Den första toleranta sorten som kom var Julietta. Det har under flera år varit svårt att hitta en tolerant betsort med hög skörd på jordar utan nematoder samt med bra betkvalitet. En ny tolerant sort, Cactus, som introducerades 2011 är bättre än Julietta i dessa avseenden och togs därför med i denna försöksserie. Inom gruppen standardsorter dvs sorter utan resistens eller tolerans mot BCN finns det en viss variation vad gäller motståndskraft mot nematoder. De normalsorter som har en viss motståndskraft sorter har kommit att kallas för "Nematode Escape"-sorter (NE). I denna serie provas Rosalinda och Nexus i Sverige och Sabrina i Danmark. Som kontroll användes normalsorten Mixer.

Målsättningen med detta projekt var att studera samband mellan populationstäthet och avkastning för fem olika betsorter samt populationsdynamik.

Under 2011 såddes två försök, ett i Sverige och ett i Danmark. På vart och ett av fälten såddes fem betsorter (tabell 1). Då sorterna skiljer sig något åt i Sverige och Danmark användes Nexus i Sverige (sorten saknas i Danmark) och Sabrina i Danmark. Sorterna Mixer, Rosalinda, Julietta och Cactus fanns med i båda försöken.

Förökning av BCN

Den högsta förökningen av BCN hade standardsorten **Mixer**, 11 gånger i det svenska försöket och 12 gånger i det danska, i genomsnitt **11,8**.

NE-sorterna **Nexus**, **Sabrina** låg på respektive **5,7** och **6,8 gånger**. NE-sorten **Rosalinda** låg i det svenska försöket på 3,1 gånger och i det danska på 8 gångers förökning, i genomsnitt **5,5 gånger**.

Den toleranta sorten **Julietta** låg i det svenska försöket på 7,6 gånger och i det danska på 2,3 gångers förökning, i genomsnitt **4,9 gånger**.

Den toleranta sorten **Cactus** låg i det svenska försöket på 4,8 gånger och i det danska på 8,0 gångers förökning, i genomsnitt **6,4 gånger**.

Sorterna förhåller sig till varandra så som kan förväntas. Högst förökning blev det för normalsorten och lägst för den toleranta sorten Julietta.

Förökningen av nematoder är täthetsberoende och vid låga tätheter blir den större än vid högre. Ovanstående siffor är genomsnittliga värden över alla nematodtätheter.

Toleransgränser

Den toleransgräns som beräknades för Mixer i det danska försöket låg på 0,7, för Sabrina på 0,4 och Rosalinda 0,3. Förklaringsgraderna för beräkningarna var ca 60%.

Liknande försök som tidigare utförts vid NBR (Å. Olsson) och vid SLU (S. Andersson, nematodlaboratoriet) har visat att toleransgränsen för en normalsort kan vara så låg som 0,5. Årsmånen har stor inverkan på hur stora skadorna av nematoder blir ett specifikt år. Ett regnigt år som t ex 2011 blir skadorna mindre vilket kan förklara den något högre toleransgränsen som beräknades detta år för en normalsort. I det svenska försöket var toleransgränserna ännu högre, ca 2 ä o l/g jord, men förklaringsgraden i detta försök var låg pga att det saknades riktigt höga nematodtätheter.

Skörd

För de två normalsorterna Mixer och Sabrina syns ett tydligt samband mellan ökande P_i och sjunkande sockerskörd i det danska försöket. Även för Rosalinda sjunker sockerskörden med stigande P_i . Sockerskörden för Julietta och Cactus ligger relativt konstant.

Växthusexperiment

För varje sort; Mixer, Cactus och Rosalinda, såddes två frö i var och en av 13 plastpåsar. Till dessa plastpåsar tillsattes juveniler i ökande koncentration; 250, 500, 750 och 1000 juveniler per påse. Efter 20 veckor togs plantorna upp och rötterna tvättades rena. Antalet cystor på rötterna räknades.

Därefter krossades samtliga cystor från de plantor där 750 juveniler tillsatts. Antalet ägg och larver räknades. Det genomsnittliga antalet ägg och larver per cysta beräknades.

Vid låga mängder tillsatta juveniler var där ingen skillnad mellan de olika sorttyperna i antal cystor på rötterna. Då antalet juveniler ökar blir där efterhand fler och fler cystor på både Mixer och Rosalinda. Vid de högsta koncentrationerna av juveniler får dessa två sorter fler cystor än Cactus.

Den sort som hade det lägsta antalet ägg och larver i cystorna var Cactus med 76 st. Normalsorten Mixer hade allra flest med 166. Escape-sorten Rosalinda hade 108 ägg och larver per cysta.

Summary

The beet cyst nematode (BCN) is a serious pathogen on sugar beet in many countries. The most important control measure is growing a tolerant variety (NT). The first tolerant varieties that were introduced on the market were able to maintain a high yield level despite the occurrence of nematodes in the soil. However, on soil without nematodes, the yield level was lower than for standard varieties. Tolerant varieties should therefore only be used on fields where nematodes have been confirmed. In contrast to resistant varieties, tolerant varieties will not decrease the number of nematodes in the soil. New tolerant varieties that are tested in 2011 (Cactus) show better yield also on soil without nematodes. In addition, the beet quality is improved compared to older NT varieties.

Among the standard varieties there are varieties that can maintain a normal yield level on soil with low densities of BCN. These semi-tolerant varieties are called nematode-escape varieties (NE). NE-varieties tested in this study were Nexus, Rosalinda and Sabrina. The standard variety used as control was Mixer.

The aim of this study was to investigate the relationship between population density and yield in five different varieties.

Two field trials were drilled in 2011, one in Sweden (Mixer, Nexus, Rosalinda, Julietta and Cactus) and one in Denmark (Mixer, Sabrina, Rosalinda, Julietta and Cactus).

Population dynamics

The standard variety Mixer had the largest increase in the number of BCN, 11 times the initial density in the Swedish trial and 12 in the Danish (mean 11.8).

The increase in BCN for the NE-varieties **Nexus**, **Sabrina** were 5.7 (Sweden) and 6.8 (Denmark) respectively, and for Rosalinda 3.1 (Sweden) and 8 (Denmark), mean 5.5.

The increase in BCN for the NT-variety Julietta was 7.6 in the Swedish trial and 2.3 in the Danish, mean 4.9.

The increase in BCN for the new NT-variety Cactus was 4.8 in the Swedish trial and 8.0 in the Danish, mean 6.4.

Tolerance

The tolerance to BCN for the variety Mixer was 0.7 in the Danish trial, for Sabrina 0.4 and Rosalinda 0.3 ($R^2 = 60\%$). Previous studies have shown that the tolerance to BCN for a standard variety can be as low as < 0.5 (Å. Olsson, NBR; S. Andersson, Nematodlaboratoriet, SLU). Several factors influence the tolerance e. g. weather conditions. Frequent rain reduces the damage on the sugar beet plants.

Sugar yield

There was a clear relationship between increasing P_i and decreasing sugar yield for Mixer and Sabrina in the Danish trial. There was also a relationship between increasing P_i and decreasing sugar yield for Rosalinda. The sugar yield for Julietta and Cactus was relatively constant with increasing P_i .

Green house experiment

Two seeds each of the varieties Mixer, Cactus and Rosalinda were sown in 13 replicate plastic bags. Juveniles were added to the plastic bags in the concentrations 100, 250, 500, 750 and 1000 juveniles per bag.

After 20 weeks, the roots were washed and cysts counted.

For the low concentrations of juveniles there were no differences between varieties in number of cysts per plant. In the higher concentrations there were more cysts on the roots of Mixer and Rosalinda compared to the NT varieties.

The eggs and larvae in the cysts from the concentration with 750 juveniles were also counted.

The average number of eggs and larvae in the cysts from Cactus was 76, Rosalinda 108 and Mixer 166.

Introduktion

En av de skadegörare som sett över samtliga betodlande länder i Europa orsakar de största problemen i sockerbetor är betcystnematoden (BCN) (Olsson et al., 2007). Odling av en normalsort på infekterad mark kan redan vid mycket låga förekomster av BCN ge stora skördeförluster (Greco et al., 1982). Kraftiga nematodangrepp gör att betorna bildar många sidorötter där jord fastnar vilket leder till sämre renhet (Andersson, 2005). Inverkan på rötterna ökar också risken för angrepp av andra jordburna patogener som t ex *Verticillium* och olika *Fusarium* - arter.

Tidigare fanns det nematodresistenta betsorter men då skördenivån för dessa ligger betydligt lägre än dagens sorter odlas de inte mer i Sverige eller i övriga betodlande länder. Fördelen med de resistenta sorterna var att de gav en bra sanering av BCN i jorden. Den viktigaste åtgärden mot BCN i stora delar av Europa är nu odling av toleranta betsorter. Toleranta betsorter ger en hög skörd trots att de angrips av BCN. Den första toleranta sorten som introducerades i Sverige var Julietta. Nackdelen med denna är att den på jordar utan nematoder ger lägre skörd än normala sorter samt att den inre betkvaliteten är sämre. Ytterligare en nackdel är att den har en betydande uppförkningsförmåga på antalet nematoder i marken. Värdiväxtegenskaperna gentemot BCN är lägre än för normala sorter. Det har under flera år varit svårt att utveckla en tolerant betsort med hög skörd även på jordar utan nematoder i kombination med bra betkvalitet. Den toleranta sorten Cactus som introducerades 2011 är bättre än Julietta i dessa avseenden och togs därför med i denna försöksserie.

Inom gruppen normalsorter dvs sorter utan resistens eller tolerans mot BCN finns det dock en viss variation vad gäller tolerans mot nematoder. Dessa sorter har kommit att kallas för "Nematode Escape"-sorter (NE). Uppförkningsförmågan ligger på samma nivå som för normala sorter. NE-sorterna kan vid mycket låga nematodtätheter ge en normal skörd. Men vid lite högre tätheter tappar de snart lika mycket som en normalsort i skörd. NE-sorterna kan vara ett alternativ på jordar där man vet att nematodförekomsten är låg och/eller begränsad till fläckar i fältet (Olsson, 2004). Genom att välja en NE-sort framför en helt tolerant undviker man den skördeförlust som den toleranta sorten skulle gett på den nematodfria arealen.

Ett ensidigt användande av toleranta betsorter har rest frågor angående den bakomliggande verkningsmekanismens uthållighet samt hur de påverkar nematodtätheterna på lång sikt (Plantard et al., 2004; Plantard et al., 2006). Den genetiska variation som finns hos naturliga populationer av *H. schachtii* utmärks av skillnader i värdiväxkrets, förmåga att penetrera och skada värdiväxten samt hur fort populationen uppförökas (Griffin, 1982, 1988; Kaplan et al., 1999). Selektion inducerad av resistensgener har resulterat i att det bildats olika patotyper av *H. schachtii* (Müller, 1992; Klinke, 1996).

Fältförsök i Finland har visat att även toleranta betsorter tappar i skörd vid höga nematodtätheter (Liisa Eronen, CFS, pers. medd.).

Målsättningen med detta projekt var att studera samband mellan populationstäthet och avkastning för fem olika betsorter samt populationsdynamik.

Material och metoder

Försök på nematodinfekterad mark.

Under 2011 såddes två försök, ett i Sverige och ett i Danmark. På vart och ett av fälten såddes fem betsorter (tabell 1). Då sortlistan skiljer sig något åt i Sverige och Danmark användes Nexus i Sverige (sorten saknas i Danmark) och Sabrina i Danmark. Sorterna Mixer, Rosalinda, Julietta och Cactus fanns med i båda försöken.

Försöken såddes som strimförsök dvs över hela fältet i rader om sex. Därefter märktes 30 skördeparceller ut per sort. Fem parceller dvs en per sort, lades bredvid varandra. I samband med sådden togs prov för analys av initiala nematodtätheter P_i . Ett prov togs över en upprepning om fem sorter.

Beroende på resultaten från dessa analyser, valdes 10 parceller ut som provtogs för P_f så att spridningen i P_i skulle bli så stor och jämn som möjligt. Samtliga 30 parceller av respektive sort skördades.

Tabell 1. Försöksplan med betsorter i de svenska och danska försöket

Betsort Sverige	Sorttyp	Betsort Danmark	Sorttyp
Mixer	Standard	Mixer	Standard
Nexus	NE	Sabrina	Normal
Rosalinda	NE	Rosalinda	NE
Julietta	NT	Julietta	NT
Cactus	NT	Cactus	NT

Statistiska beräkningar

Samband mellan nematodtätheter och avkastning beräknades med hjälp av Seinhorsts ekvation (Seinhorst, 1965):

$$Y = m + (1 - m)z^{(P - T)}$$

där: m = den minsta avkastningen som fås vid extremt höga nematodtätheter, P = nematodtäthet före betgrödan, T = toleransgräns och z = en konstant (0,95).

Statistiska skillnader mellan skördeparametrar beräknades med variansanalys, (PROC GLM, SAS, SAS inst).

Växthusexperiment under standardiserade förhållanden

Växthusexperimentet utfördes på nematodlaboratoriet på Alnarp.

För varje sort; Mixer, Cactus och Rosalinda, såddes två frö i var och en av 13 plastpåsar. I varje plastpåse fanns ca 500 g jord. Till dessa plastpåsar tillsattes juveniler i ökande koncentration (tabell 2). 750 juveniler tillsatt till 500 g jord motsvarar en ungefärlig täthet på 1,5 ägg och larver /g jord.

Efter 20 veckor togs plantorna upp och rötterna tvättades rena. Antalet nybildade honor (cystor) på rötterna räknades.

Därefter krossades samtliga cystor från de plantor där 750 juveniler tillsatts. Antalet ägg och larver räknades. Det genomsnittliga antalet ägg och larver per cysta beräknades.

Tabell 2. Försöksuppläggning för växthusexperiment med olika betsorter

Antal juveniler	100	250	500	750	1000
Upprepningar	13	13	13	13	13
Betsort	Mixer	Mixer	Mixer	Mixer	Mixer
	Cactus	Cactus	Cactus	Cactus	Cactus
	Rosalinda	Rosalinda	Rosalinda	Rosalinda	Rosalinda

Resultat och diskussion

Försök på nematodinfekterad mark.

Populationsdynamik

Nematodtätheterna i det svenska försöket varierade från 1,1 till 6,4. I det danska försöket varierade de från 2,3 till 11,3.

Normalsorterna Mixer och Nexus gav en uppförökning av nematoder på ca 4 respektive 6 gånger utgångstätheten (tabell 3). För sorterna Rosalinda och Julietta och Cactus låg uppförökningen på ca 3 gånger.

I det danska försöket där utgångstätheten var högre blev också uppförökningen något lägre än i det svenska (tabell 4). För Rosalinda och Julietta låg uppförökningen på ca 2 gånger, för Cactus på ca 3. Uppförökningen för Mixer låg på 5 gånger och för Sabrina på 3 gånger utgångstätheten.

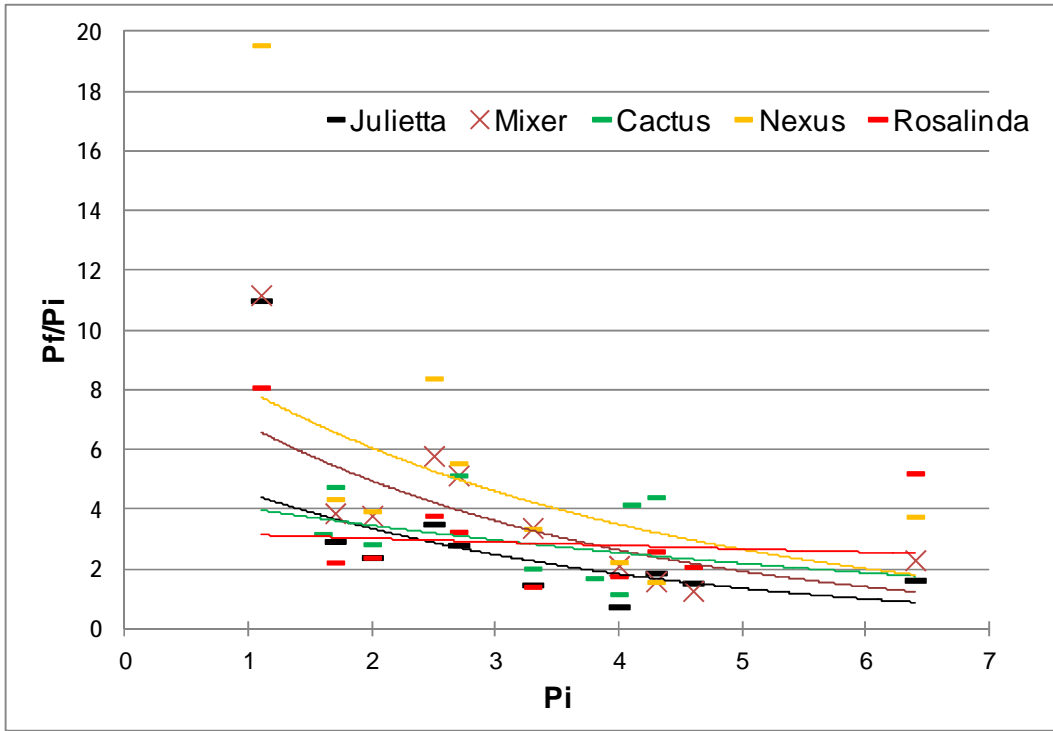
Tabell 3. Nematodtätheter (ägg/g jord) i det svenska försöket. Medel av 30 upprepningar

Sort	P_i	P_f	P_f/P_i
Mixer	3,1	10,2	4,1
Nexus	3,1	13,8	5,9
Rosalinda	3,1	10,2	3,3
Julietta	3,1	7,2	3,0
Cactus	3,1	9,6	3,3
R^2		12,5	10,1
CV		57,4	83,5
LSD 5%		5,2	2,9
Prob.		0,2101	0,3222

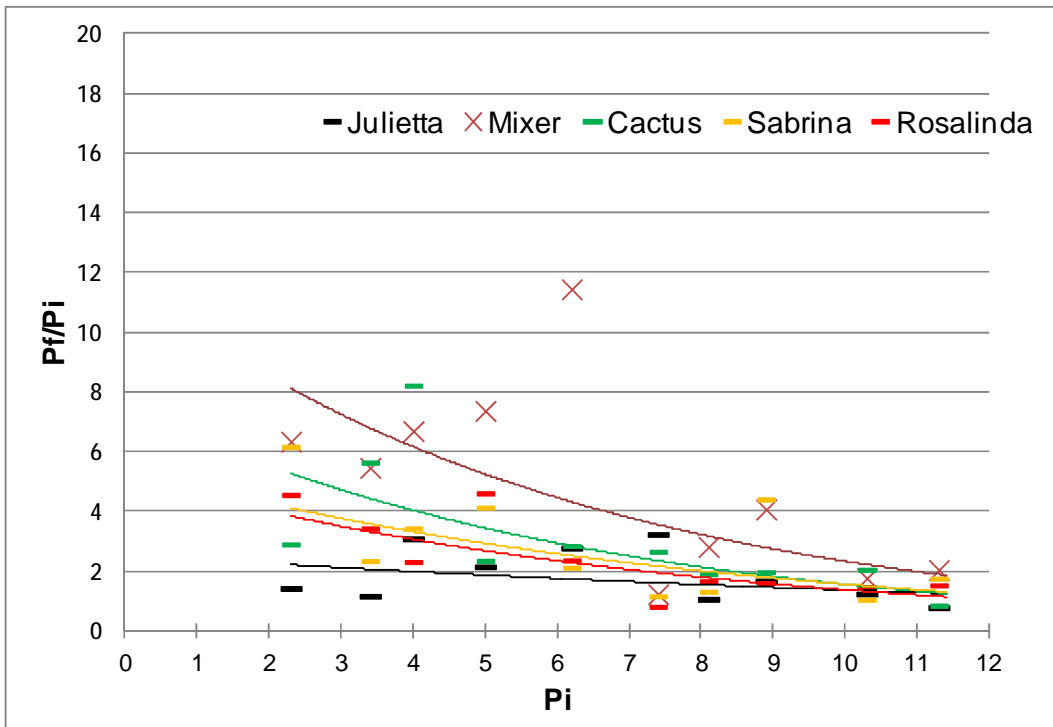
Tabell 4. Nematodtätheter (ägg/g jord) i det danska försöket. Medel av 30 upprepningar

Sort	P_i	P_f	P_f/P_i
Mixer	6,4	27,8	4,9
Sabrina	6,4	15,9	2,8
Rosalinda	6,4	13,6	2,4
Julietta	6,4	11,7	1,9
Cactus	6,4	17,2	3,1
R^2		25,6	22,8
CV		58,2	66,2
LSD 5%		9,0	1,8
Prob.		0,0087	0,0183

Uppförelningen av BCN är täthetsberoende vilket visas i figur 1 och 2.
Uppförelningen blir högre vid låga tätheter.



Figur 1. P_f/P_i plottad mot P_i för Mixer, Nexus, Julietta, Cactus och Rosalinda i det svenska försöket på Nyboholm 2011.



Figur 2. P_f/P_i plottad mot P_i för Mixer, Sabrina, Julietta, Cactus och Rosalinda i det danska försöket 2011.

Skörd

I det svenska försöket fanns det signifikanta skillnader mellan sorterna i renvikt, sockerhalt, sockerskörd, blåtal, K+Na och renhet (tabell 5). Den högsta sockerskörden erhöles för Rosalinda med 10,9 ton socker/ha. Den är inte signifikant skild från sockerskörden för Julietta på 10,7 ton/ha. 2011 var ett mycket regnigt år och detta har gjort att betorna kunnat kompensera för de skador som nematoderna gör.

Sorten Cactus har signifikant bättre blåtal och K+Na än Julietta.

Tabell 5. Skördeparametrar analyserade i det svenska försöket

Sort	Renvikt ton/ha	Sockerhalt %	Polsocker ton/ha	Blåtal mekv/100 g beta	K+Na mekv/100 g beta	Renhet %
Mixer	61,7	17,2	10,6	10,2	2,9	89,8
Nexus	59,9	17,6	10,5	8,1	3,1	90,1
Rosalinda	64,2	17,0	10,9	10,0	2,9	88,1
Julietta	62,6	17,0	10,7	14,6	3,3	90,6
Cactus	59,3	17,0	10,0	10,5	2,7	87,0
R^2	12,1	57,1	8,2	13,8	11,9	53,3
CV	7,7	1,2	8,0	52,4	17,6	1,3
LSD 5%	2,4	0,1	0,4	2,9	0,3	0,6
Prob.	0,0020	0,0000	0,0252	0,0006	0,0024	0,0000

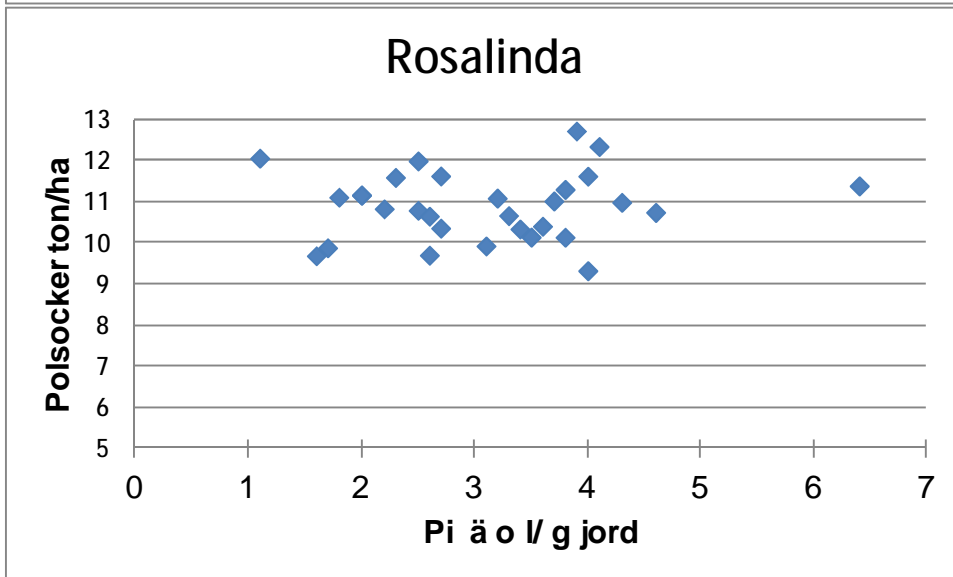
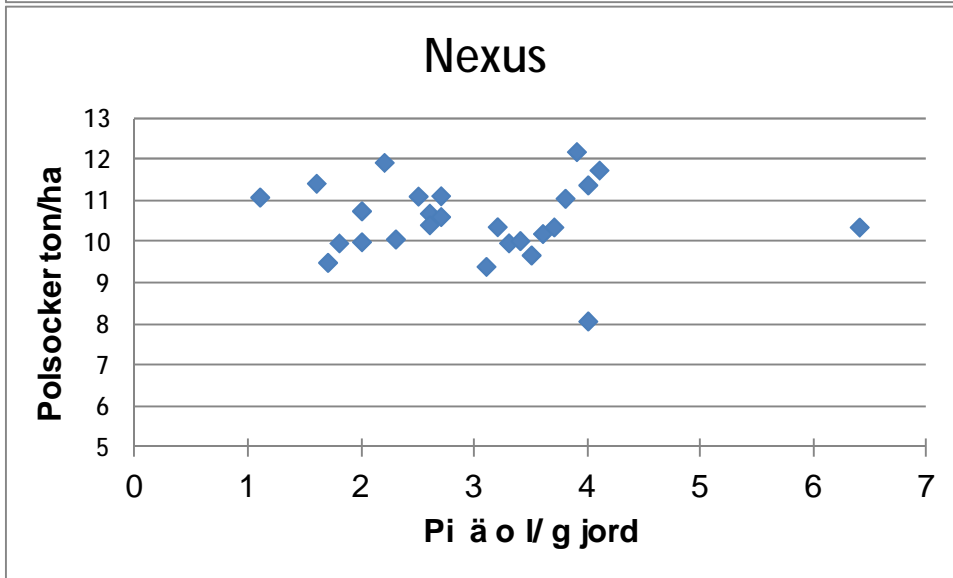
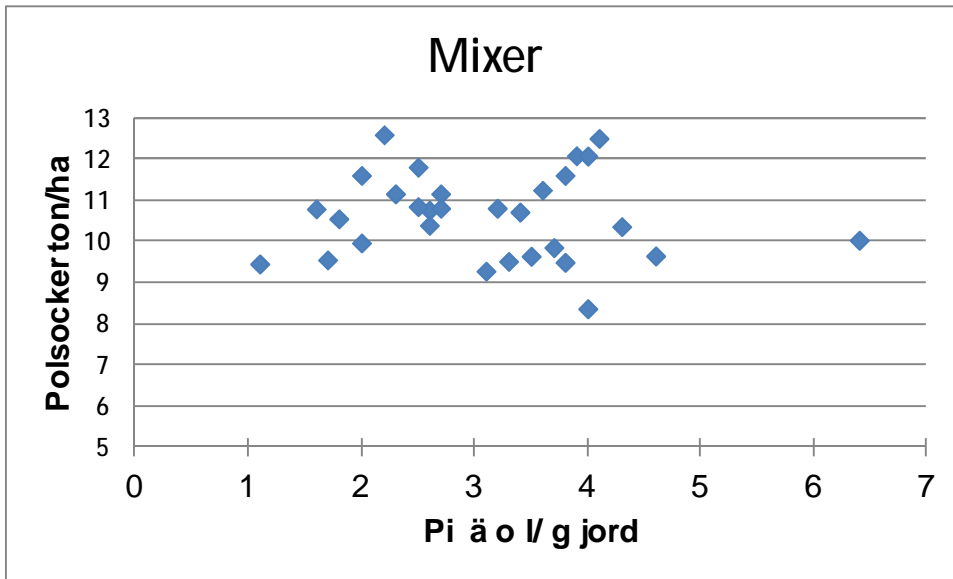
Även i det danska försöket fanns det signifikanta skillnader mellan sorterna för renvikt, sockerhalt och sockerskörd (tabell 6). Högst sockerskörd hade Julietta (15,3) följt av Cactus, Rosalinda, Sabrina och Mixer. Skillnaden i sockerskörd mellan Julietta och Rosalinda var 0,6 ton/ha.

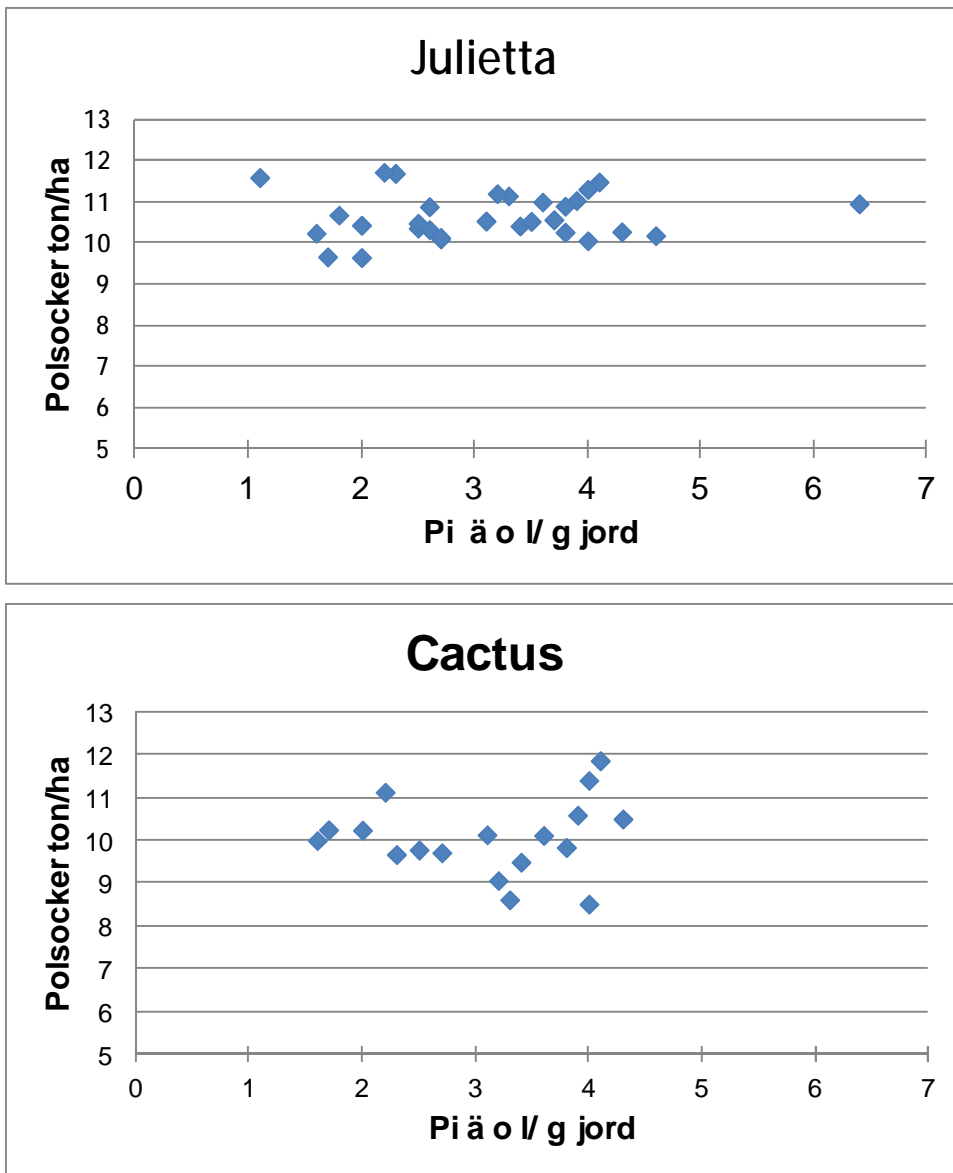
Tabell 6. Skördeparametrar analyserade i det danska försöket

Sort	Renvikt ton/ha	Sockerhalt %	Polsocker ton/ha	Renhet %
Mixer	76,1	16,4	12,6	94,9
Sabrina	78,6	16,8	13,2	94,5
Rosalinda	87,3	16,8	14,7	94,7
Julietta	89,3	17,1	15,3	96,0
Cactus	85,2	17,3	14,8	95,7
R^2	22,4	27,8	22,5	59,5
CV	11,6	3,1	13,9	0,5
LSD 5%	4,9	0,3	1,0	0,2
Prob.	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

Polsockerskörd som funktion av P_i – Sverige

Då spridningen av nematodtätheter inte var så stor i det svenska försöket visar figur 3 A - E inte på något tydligt samband mellan P_i och sockerskörd för någon av sorterna.

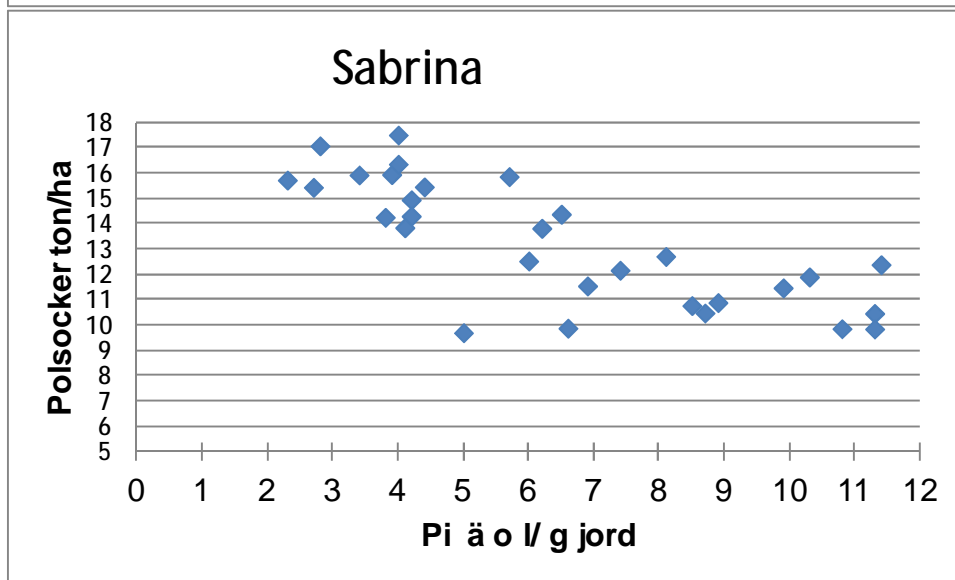
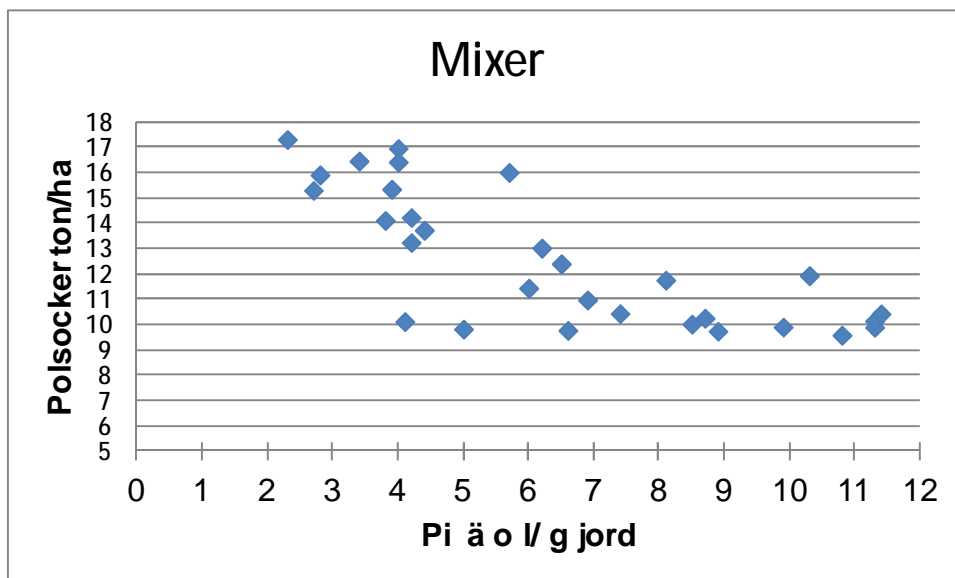


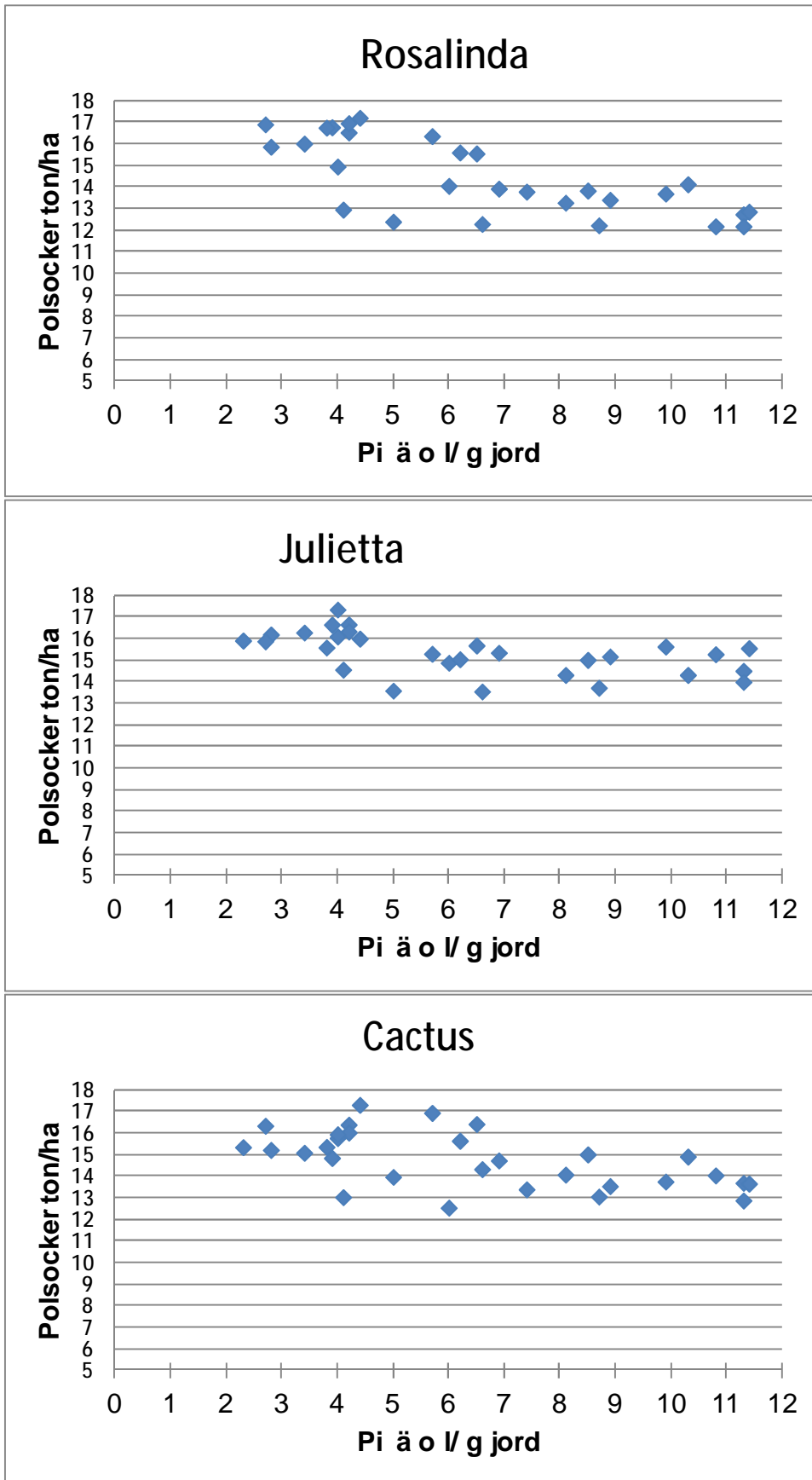


Figur 3 A – E. Polsockerskörd som funktion av P_i i det svenska försöket.

Polsockerskörd som funktion av P_i – Danmark

Spridningen av nematodtätheter var relativt stor i det danska försöket. För de två normalsorterna Mixer och Sabrina syns ett tydligt samband mellan ökande P_i och sjunkande sockerskörd (figur 4 A och B). Även för Rosalinda sjunker sockerskördens med stigande P_i . Sockerskördens för Julietta och Cactus ligger relativt konstant (figur 4 D och E).





Figur 4 A – E. Polsockerskörd som funktion av P_i i det danska försöket.

Sockerskörd vid olika nivåer av initiala tätheter

I tabell 7 och 8 visas hur skördenivån förändras vid ökande initiala nematodtätheter. Skörden vid varje nivå är relativt Rosalinda.

Skörden för Mixer sjunker från 10,8 till 10,2 när P_i ökar från 2,2 till 6,4. Även skörden för Nexus sjunker, från 10,7 till 10,4. Skörden för Rosalinda ökar svagt, från 10,9 till 11,2. Skördarna för Julietta och Cactus ligger relativt konstanta, strax under Rosalinda. Den regniga sommaren kan vara en möjlig förklaring till att skörden för Rosalinda, trots fler än 5 ägg i marken, är högre än för Julietta och Cactus.

Tabell 7. Medelvärde över P_i samt skörd (ton/ha och relativtal) för parceller med samma nivåer av initiala tätheter på Nyboholm

P_i	ägg och larver/g jord	Mixer	Nexus	Rosalinda	Julietta	Cactus	
$P_i > 5$	6,4	10,19	10,36	11,18	10,61	10,50	Ton/ha
		91	93	100	95	94	Rel. Tal
$3 < P_i < 5$	3,7	10,65	10,58	10,95	10,81	10,12	Ton/ha
		97	97	100	99	92	Rel. Tal
$P_i < 3$	2,2	10,81	10,67	10,91	10,57	10,11	Ton/ha
		99	98	100	97	93	Rel. Tal

I det danska försöket har Rosalinda högst skörd vid tätheter under 3 ägg och larver/g jord. Vid tätheter mellan 3 och 5 ägg ligger Rosalinda och Julietta lika. Vid tätheter över 5 ägg ligger skörden för Julietta och Cactus över den för Rosalinda.

Skörden för Mixer och Sabrina ligger lägre än för Rosalinda vid tätheter från 2,6 till 11,0 ägg och larver/g jord.

Tabell 8. Medelvärde över P_i samt skörd (ton/ha och relativtal) för parceller med samma nivåer av initiala tätheter i det danska försöket

P_i	ägg och larver/g jord	Mixer	Sabrina	Rosalinda	Julietta	Cactus	
$P_i > 10$	11,0	10,40	10,89	12,81	14,72	13,83	Ton/ha
		81	85	100	115	108	Rel. Tal
$8 < P_i < 10$	8,8	10,34	11,26	13,28	14,76	13,88	Ton/ha
		78	85	100	111	105	Rel. Tal
$5 < P_i < 8$	6,3	11,74	12,48	14,24	14,76	14,74	Ton/ha
		82	88	100	104	104	Rel. Tal
$3 < P_i < 5$	4	14,51	15,39	16,25	16,16	15,52	Ton/ha
		89	95	100	99	95	Rel. Tal
$P_i < 3$	2,6	16,17	16,08	17,03	15,98	15,63	Ton/ha
		95	94	100	94	92	Rel. Tal

Resultaten visar tydligt på vikten av att känna till vilken infektionsnivå fältet har av nematoder för att kunna välja rätt sort.

Samband mellan populationstäthet och avkastning - Sverige

Förklaringsgraderna i det svenska försöket var generellt låga främst beroende på att spridningen av de initiala nematodtätheter inte var så stor. Vid beräkning av avkastningskurvor har värdet för z^T satts till 0,95. Värdena på toleransgränsen ligger för alla fem sorterna på ca 2.

Tabell 9. Resultat av beräkningar av samband mellan populationstäthet och avkastning i det svenska försöket på Nyboholm 2011

	Mixer	Nexus	Rosalinda	Julietta	Cactus
n	10,74	10,56	10,89	10,66	10,05
m	0,283	0,800	1,0	1,0	1,0
T	2,5	2,2	2,166	1,997	1,998
z^T	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
R^2	0,018	0,003	0,0	0,0	0,0

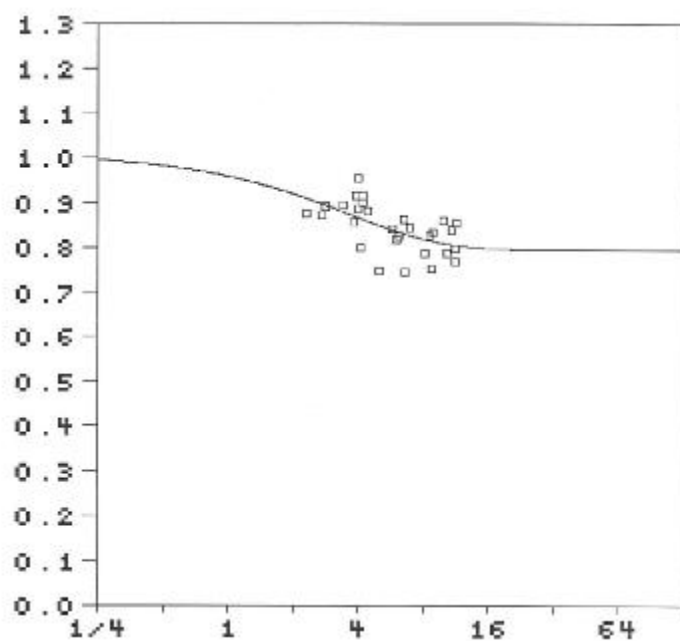
Samband mellan populationstäthet och avkastning - Danmark

Vid beräkning av avkastningskurvor har värdet för z^T satts till 0,95.

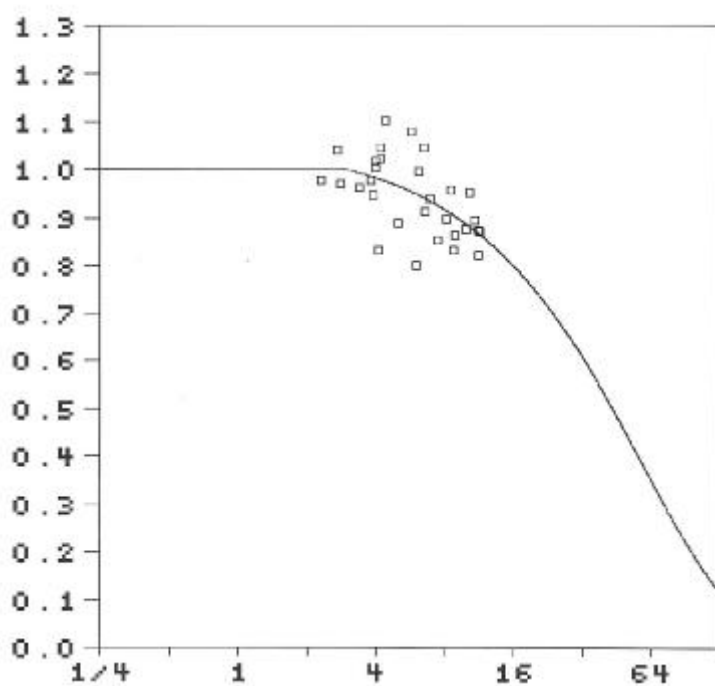
Den toleransgräns som beräknades för Mixer i det danska försöket låg på 0,7, för Sabrina på 0,4 och Rosalinda 0,3. Förklaringsgraderna för beräkningarna var ca 60%.

Tabell 10. Resultat av beräkningar av samband mellan populationstäthet och avkastning i det danska försöket

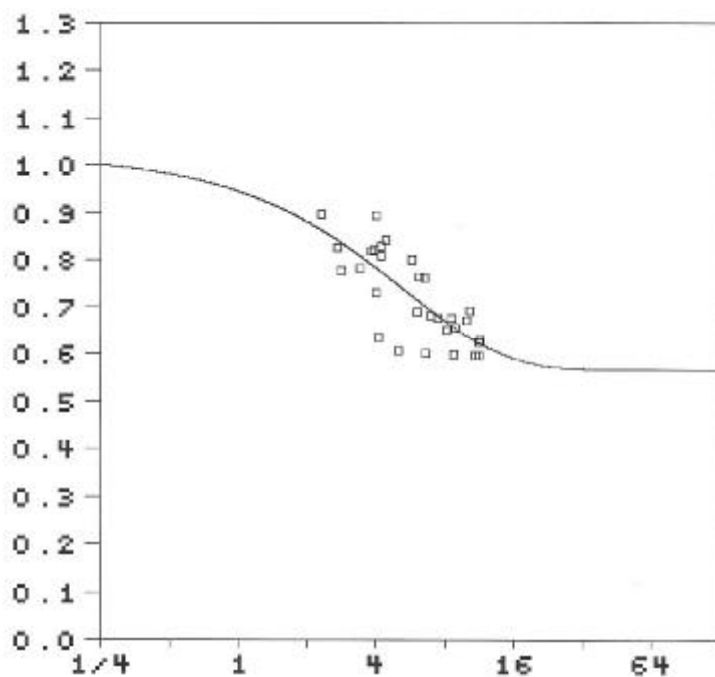
	Mixer	Sabrina	Rosalinda	Julietta	Cactus
n	17,36	19,39	20,42	18,17	15,68
m	0,154	0,410	0,567	0,796	0,0
T	0,696	0,379	0,273	0,184	2,949
z^T	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
R^2	0,608	0,667	0,597	0,334	0,318



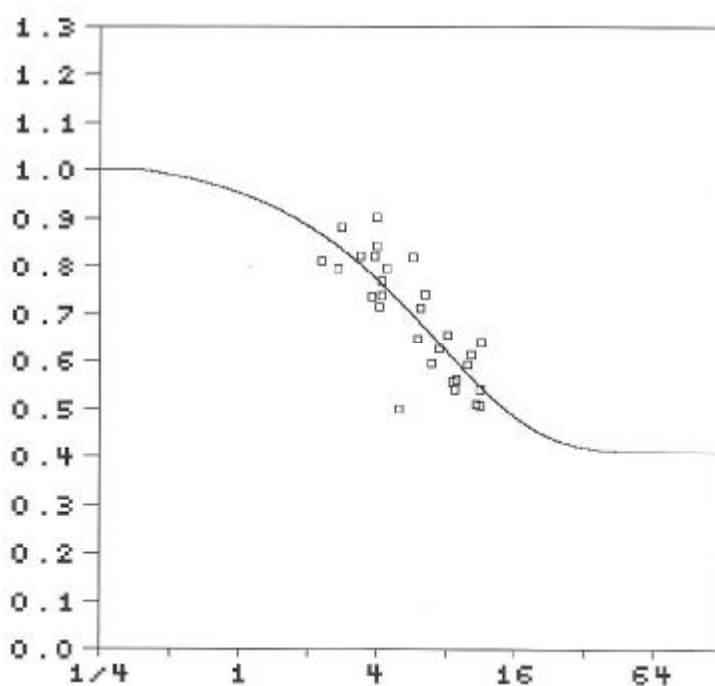
Figur x. Samband mellan populationstäthet och relativ avkastning för Julietta i det danska försöket.



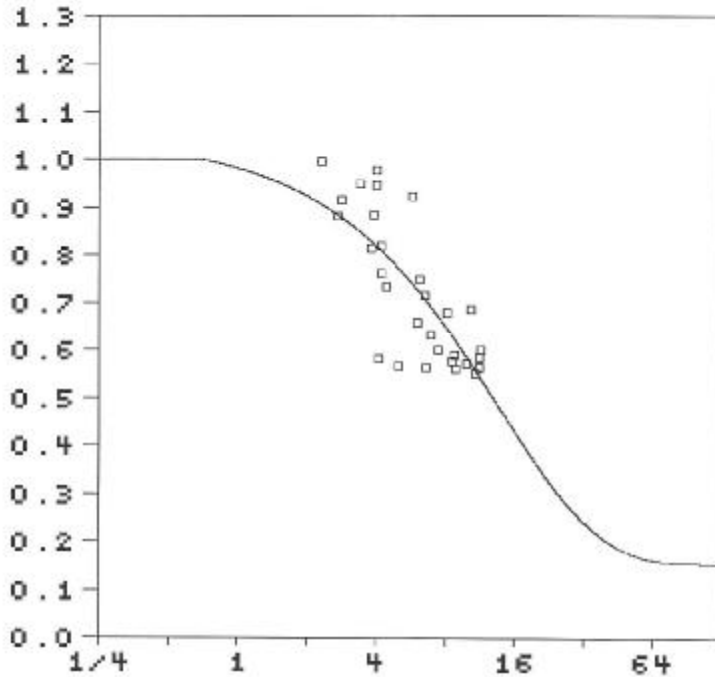
Figur x. Samband mellan populationstäthet och relativ avkastning för Cactus i det danska försöket.



Figur x. Samband mellan populationstäthet och relativ avkastning för Rosalinda i det danska försöket.



Figur x. Samband mellan populationstäthet och relativ avkastning för Sabrina i det danska försöket.



Figur x. Samband mellan populationstäthet och relativ avkastning för Mixer i det danska försöket.

Populationsdynamik

Den uppförökning man får av de olika sorterna är beroende av ett flertal faktorer bl a temperatur och nederbörd. Det kan även finnas genetiska skillnader mellan olika nematodpopulationer. Även förekomst av nematodparasitära svampar i olika jordar kan påverka hur stor uppförökningen blir.

$$P_f = a(-\ln q)^{-1} (1 - q^{P_i}) + sP_i \quad (\text{Seinhorst, 1967})$$

a = uppförökningen vid mycket låga värden på P_i .

s = den andel av populationen som ligger kvar opåverkad till nästa år, dvs det värde man får då P_i går mot ∞ . Värdet har satts till 0,350 i alla beräkningar p g a att det saknas riktigt höga P_i i försöken.

m = den minsta avkastningen som fås vid extremt höga nematodtätheter.

q = en konstant < 1

Populationsdynamik - Sverige

När det gäller nematodernas förökning förhåller sig sorterna till varandra ungefär som förväntades (tabell 11). Den högsta förökningen gav normalsortern Mixer ($a = 11,51$ tabell 11). Lägst uppförökning gav Rosalinda och Cactus, 3,1 respektive 4,8. Förökningen för Julietta var högre än förväntat, 7,6, men då förklaringsgraden är låg ska värdet inte tillskrivas alltför stor betydelse.

Tabell 11. Beräkningar av värden för populationsdynamik och sambandet populationstäthet - avkastning i det svenska försöket

	Mixer	Nexus	Rosalinda	Julietta	Cactus
a	11,51	5,704	3,140	7,572	4,794
q	0,262	0,768	0,869	0,228	0,630
s	0,350	0,350	0,350	0,350	0,350
z^T	0,949	0,95	0,95	1,00	0,95
R^2	0,053	0,356	0,280	0,123	0,318

Populationsdynamik – Danmark

Även i det danska försöket var det sorten Mixer som hade den högsta uppförökningen, 12,2 gånger. Uppförökningen för Sabrina, Rosalinda och Cactus låg på 6,8, 8,0 samt 8,0. Lägst uppförökning hade Julietta på 2,3.

Tabell 12. Beräkningar av värden för populationsdynamik och sambandet populationstäthet - avkastning i det danska försöket

	Mixer	Sabrina	Rosalinda	Julietta	Cactus
a	12,19	6,818	7,982	2,261	8,022
q	0,738	0,730	0,610	0,859	0,603
s	0,350	0,350	0,350	0,350	0,350
Z^T	0,555	0,932	0,935	0,947	0,900
R^2	0,053	0,030	0,079	0,485	0,141

Växthusexperiment

Växthusexperimentet såddes den 30 mars 2011 och lästes av den 25 augusti (bild 1). Plantorna togs upp och rötterna tvättades rena från jord. Därefter räknades antalet cystor på rötterna.

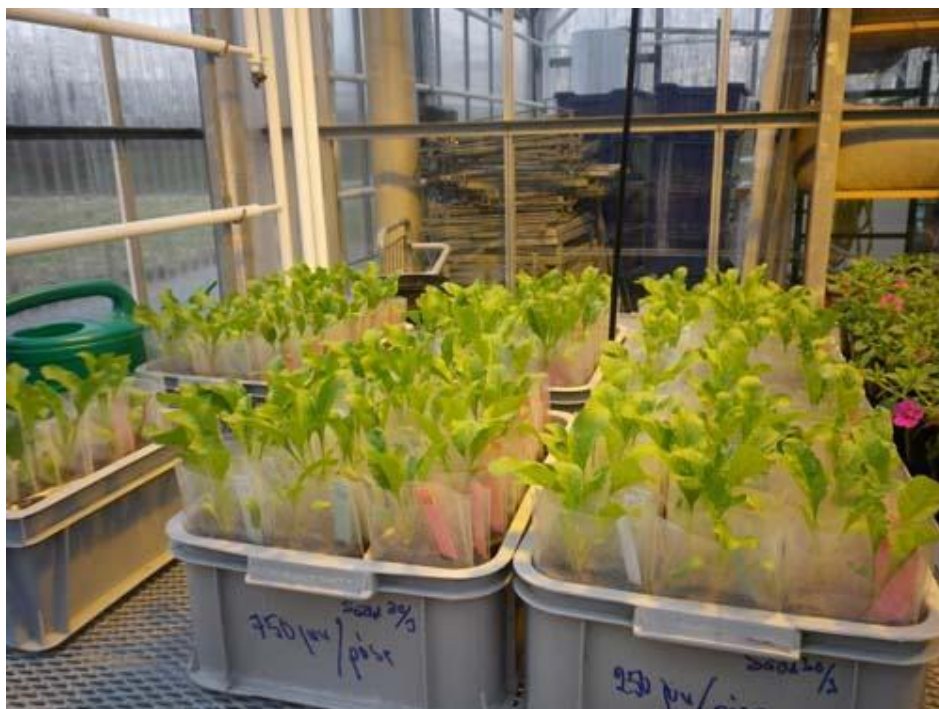


Bild 1. Växthusexperimentet såddes den 30 mars 2011. Bilden är tagen 5 veckor efter sådd. Foto: Susanne Andersson, Nematodlaboratoriet

I det fall endast 100 juveniler tillsattes till plastpåsen fanns det inga signifikanta skillnader mellan de tre sorterna (tabell 13). Antalet cystor på rötterna låg på ca 50. Då 250 juveniler per påse tillsattes hade Cactus signifikant färre cystor på rötterna jämfört med Mixer och Rosalinda.

Då 500 juveniler tillsattes hade Cactus signifikant färre cystor på rötterna än Mixer.

Då 750 juveniler tillsattes hade Cactus signifikant färre cystor på rötterna än både Mixer och Rosalinda.

Då 1000 juveniler tillsattes hade både Cactus och Rosalinda signifikant färre cystor på rötterna än Mixer.

Vid låga mängder tillsatta juveniler var där alltså ingen skillnad mellan de olika sorttyperna i antal cystor på rötterna. Då antalet juveniler ökar blir där efterhand fler och fler cystor på både Mixer och Rosalinda. Vid de högsta koncentrationerna av juveniler får dessa två sorter fler cystor än Cactus.

Tabell 13. Antal cystor på rötterna (medelvärde över 13 upprepningar) efter 20 veckor i växthusexperimentet med de tre sorterna Mixer, Cactus och Rosalinda

Betsort	Sorttyp	100	250	500	750	1000
Mixer	N	48	80	182	251	287
Cactus	NT	51	62	136	176	213
Rosalinda	NE	45	94	153	236	197
R^2		6,2	36,4	25,1	28,4	20,7
CV		19,8	23,2	21,7	24,1	34,1
LSD 5%		7,6	14,5	27,0	42,4	63,1
Prob		0,3146	0,0003	0,0055	0,0024	0,0153

Den sort som hade det lägsta antalet ägg och larver i cystorna var Cactus med 76 st. Normalsorten Mixer hade allra flest med 166. NE-sorten Rosalinda hade 108 ägg och larver per cysta (tabell 14).

Tabell 14. Det genomsnittliga antalet cystor på rötterna för 750 tillsatta juveniler till de tre sorterna Mixer, Cactus och Rosalinda. Även det genomsnittliga antalet ägg och larver per cysta visas

Betsort	Medel cystor/planta	Medel ägg och larver/cysta
Mixer	251	166
Cactus	176	76
Rosalinda	236	108

Slutsatser

Förökning av BCN

Den högsta förökningen av BCN hade normalsorten Mixer, i genomsnitt 11,8 gånger utgångstätheten. NE-sorterna Nexus, Sabrina och Rosalinda hade i genomsnitt en förökning på 5,9 gånger utgångstätheten. Den toleranta sorten Julietta hade i genomsnitt en förökning på 4,9 gånger utgångstätheten. Den nyligen introducerade sorten Cactus hade i genomsnitt en förökning på 6,4 gånger utgångstätheten.

Växthusexperimentet visade att där är skillnader mellan sorterna i antal cystor på rötterna och antal ägg och larver i cystorna. Vid låga mängder tillsatta juveniler var där ingen skillnad mellan de olika sorttyperna i antal cystor på rötterna. Då antalet juveniler ökar blir där efterhand fler cystor på både Mixer och Rosalinda jämfört med Cactus. Lägsta antalet ägg och larver i cystorna hade Cactus (76), Rosalinda (108) och Mixer (166).

Toleransgränser

Denna undersökning har i likhet med tidigare studier visat att toleransgränsen för normal-och NE-sorter kan vara så låg som $< 0,5$ (Pers. Medd. Å. Olsson, NBR; S Andersson, SLU). Den toleransgräns som beräknades för Mixer i det danska försöket 2011 låg på 0,7, för Sabrina på 0,4 och Rosalinda 0,3. Förklaringsgraderna för beräkningarna var ca 60%.

Skörd

För de två normalsorterna Mixer och Sabrina syns ett tydligt samband mellan ökande P_i och sjunkande sockerskörd i det danska försöket. Även för Rosalinda sjunker sockerskörden med stigande P_i . Sockerskörden för Julietta och Cactus ligger relativt konstant.

I det danska försöket har Rosalinda högst skörd vid tätheter under 3 ägg och larver/g jord. Vid tätheter mellan 3 och 5 ägg ligger Rosalinda och Julietta lika. Vid tätheter över 5 ägg ligger skörden för Julietta och Cactus över den för Rosalinda.

Skörden för Mixer och Sabrina ligger lägre än för Rosalinda vid tätheter från 2,6 till 11,0 ägg och larver/g jord.

Referenser

- Andersson, S. 2005. Betcystnematod. Faktablad om växtskydd. Jordbruk. SLU.
- Greco, N., Brandonisio, A. och De Marinis, G. 1982. Tolerance limit of the sugar beet to *Heterodera schachtii*. Journal of nematology, 14:199–202.
- Griffin, G.D. 1982. Differences in the respons of certain weed host populations to *Heterodera schachtii*. Journal of nematology 14(2):174–182.
- Griffin, G.D. 1988. Factors affecting the biology and pathogenicity of *Heterodera schachtii* on sugar beet. Journal of nematology 20(3):396–404.
- Kaplan, M., Caswell-Chen, E.P., Williamsson, V.M. 1999. Assessment of host induced selection on three geographic isolates of *Heterodera schachtii* using RAPD and AFLP markers. Phytopathology 89:68–73.
- Klinke, A., Müller, J., Wricke, G. 1996. Characterization of nematode resistance genes in the section Procumbentes genus *Beta*: response to two populations of *Heterodera schachtii*. Theoretical and applied genetics 93:773–779.
- Müller, J. 1992. Detection of different pathotypes by assessing the virulence of *Heterodera schachtii* populations. Nematologica 38:50-64.
- Olsson, Å., Ayala-Garcia, J., Beltrami, G., Dewar, A., Eronen, L., Hansen, A. L., Holtschulte, B., Muchembled, C., Nihlgård, M., Olsson, R., Ossenkop, A., Schneider, H. och Wauters, A. 2007. Control of beet cyst nematodes in Europe – problems and possibilities. Proceedings of the 70th congress – Marrakech, 11–13 April.
- Olsson, Å. 2004. Stor variation i nematodtätheter över ett och samma fält. Betodlaren 2:39–45.
- Plantard, O., Porte, C. 2004. Population genetic structure of the sugar beet cyst nematode *Heterodera schachtii*: a gonochoristic and amphimictic species with highly inbred but weakly differentiated populations. Molecular ecology 13:33–41.
- Plantard, O., Denis, M-C., Porte, C., Muchembled, C., Richard-Molard, M., Baril, C. 2006. Durability and management of resistant and tolerant sugar beet cultivars to control the cyst nematode *Heterodera schachtii*. Abstract. 69 IIRB Congress 15–16/2. Bryssel.
- Seinhorst, J.W. 1965. The relation between nematode density and damage to plants. Nematologica 11:137–154.
- Seinhorst, J.W. 1967. The relationship between population increase and population density in plant parasitic nematodes. II. Sedentary nematodes. nematologica 13:157-171.

Borgeby in february 2013

Åsa Olsson
Project Manager
NBR Nordic Beet Research Foundation

Robert Olsson
Technical Director
NBR Nordic Beet Research Foundation