

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

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 uppförökningsförmåga på antalet nematoder i marken. Värdväxtegenskaperna 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). Förökningen 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 det 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 värdväxtkrets, förmåga att penetrera och skada värdväxten 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). Målsättningen med detta projekt var att studera samband mellan populationstäthet och avkastning för fem olika betsorter

samt populationsdynamik. Avsikten är att detta ska kunna ge bättre underlag för odlarna att kunna välja betsort efter nematodförekomst på fältet.

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. 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.

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 100, 250, 500, 750 och 1000. 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.

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 förökning av nematoder på ca 4 respektive 6 gånger utgångstätheten (tabell 1). För sorterna Rosalinda, Julietta och Cactus låg förökningen på ca 3 gånger.

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

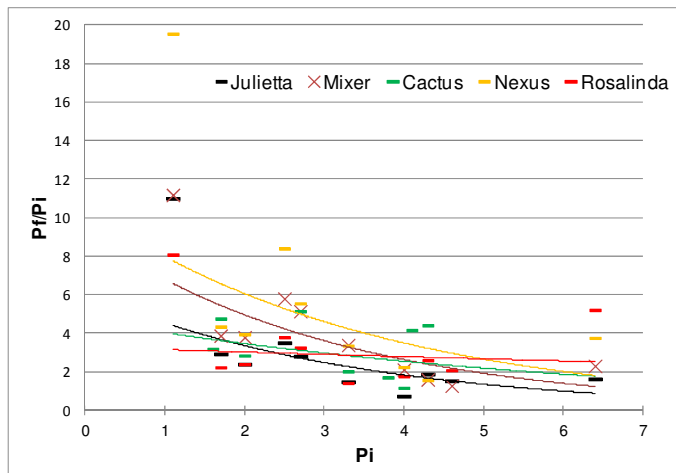
Tabell 1. Nematodtätheter (ägg/g jord) i det svenska försöket. Medel av 30 upprepningar

Sort	Pi	Pf	Pf/Pi
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

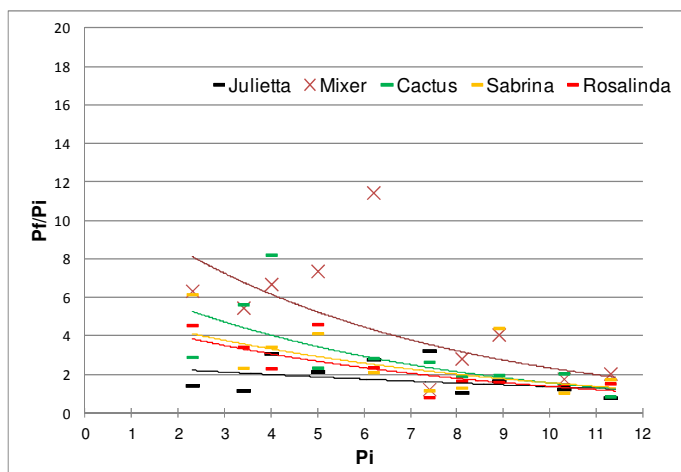
Tabell 2. Nematodtätheter (ägg/g jord) i det danska försöket. Medel av 30 upprepningar

Sort	Pi	Pf	Pf/Pi
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

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



Figur 1. Pf/Pi plottad mot Pi 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 3). 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.

Även i det danska försöket fanns det signifikanta skillnader mellan sorterna för renvikt, sockerhalt och sockerskörd (tabell 4). 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 3. Skördeparametrar analyserade i det svenska försöket

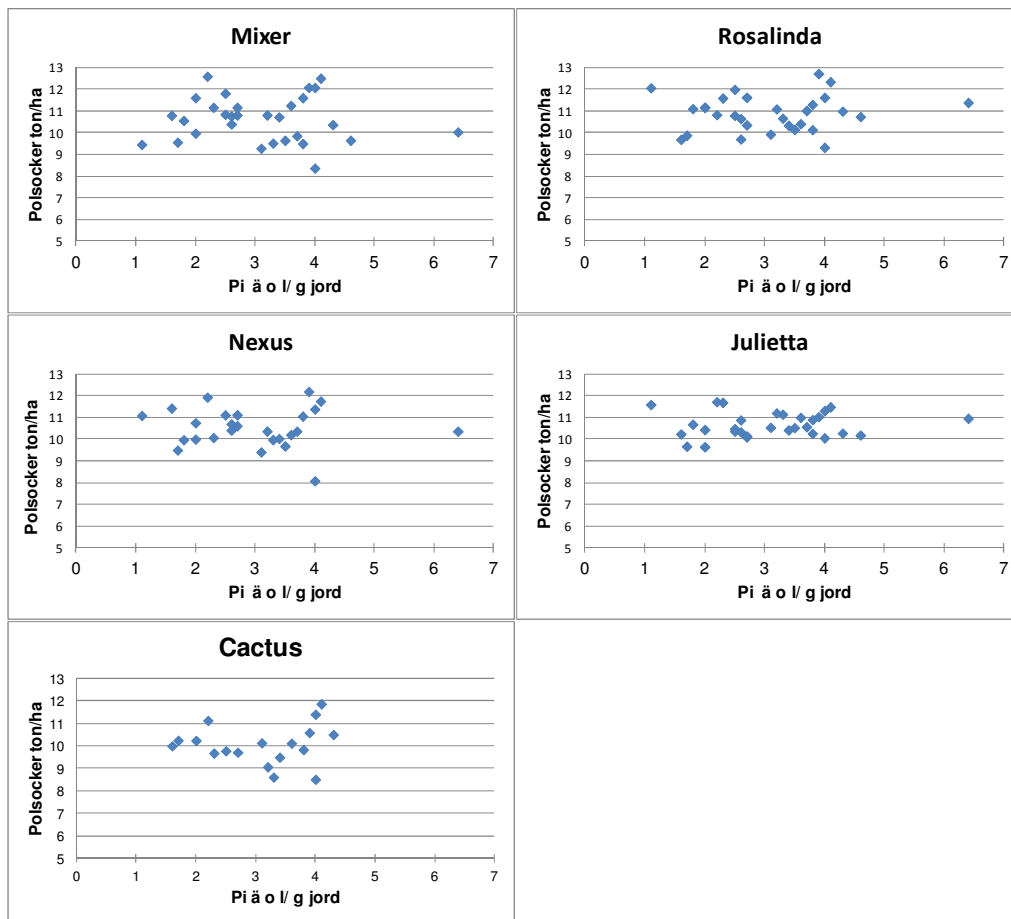
Sort	Renvikt ton/ha	Sockerhalt %	Polsocker ton/ha	Blåtal mekv/100 g beta	K+Na mekv/100 g beta	Renhet %
Mixer	61,7	17,2	10,6	10,2	2,9	89,8
Nexus	59,9	17,6	10,5	8,1	3,1	90,1
Rosalinda	64,2	17,0	10,9	10,0	2,9	88,1
Julietta	62,6	17,0	10,7	14,6	3,3	90,6
Cactus	59,3	17,0	10,0	10,5	2,7	87,0
R ²	12,1	57,1	8,2	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

Tabell 4. Skördeparametrar analyserade i det danska försöket

Sort	Renvikt ton/ha	Sockerkhalt %	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

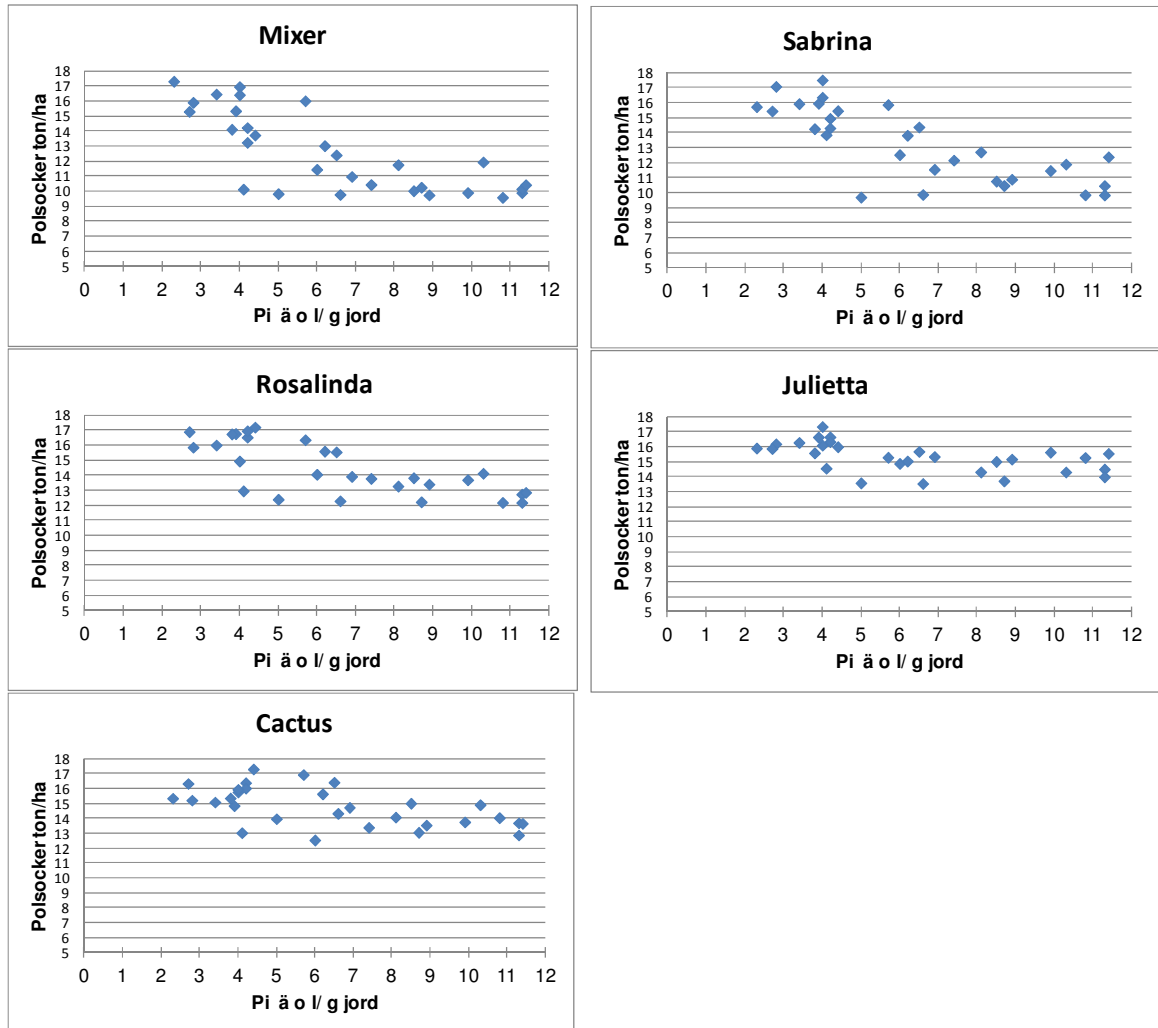
Då spridningen av nematodtätheter inte var så stor i det svenska försöket visar figur 3 inte på något tydligt samband mellan P_i och sockerskörd för någon av sorterna.



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

Polsockerskörd som funktion av P_i – Danmark

Spridningen av nematodtäteter 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). Även för Rosalinda sjunker sockerskörd med stigande P_i . Sockerskörd för Julietta och Cactus ligger relativt konstant (figur 4).



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

Samband mellan populationstäthet och avkastning - Sverige

Förklaringsgraderna i det svenska försöket var generellt låga främst beroende på att spridningen av de initiala nematodtäteter 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. T är toleransgränsen, dvs den gräns över vilken betsorten börjar tappa i avkastning.

Tabell 5. 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 6. 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

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 förökningen 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 7). Den högsta förökningen gav normalsortern Mixer (11,51). 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.

Värdena på m , dvs den minsta relativa avkastning man får vid mycket höga nematodtätheter, i det svenska försöket låg på 100 för Julietta, Rosalinda och Cactus. För Nexus låg värdet på 80 och för Mixer på 29.

Tabell 7. 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
m	0,289	0,801	1,0	1,0	1,0
T	2,5	2,2	2,166	1,811	1,998
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 förökningen, 12,2 gånger. Förökningen för Sabrina, Rosalinda och Cactus låg på 6,8, 8,0 samt 8,0. Lägst förökning hade Julietta på 2,3.

Värdet på m för de olika sorterna visar att Mixer och Sabrina ligger på relativtalen 52 och 41. Det innebär att skörden i princip är halverad vid höga nematodtätheter. Även Cactus har ett värde på m på 41. Högst värde hade Julietta på 80 följt av Rosalinda på 57. Trots att Julietta är tolerant mot BCN tappar den alltså också i skörd vid mycket höga nematodtätheter.

Tabell 8. 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
m	0,524	0,415	0,571	0,797	0,406
T	1,966	0,520	0,358	0,195	3,336
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. Plantorna togs upp och rötterna tvättades rena från jord. Därefter räknades antalet cystor på rötterna.

I det fall endast 100 juveniler tillsattes till plastpåsen fanns det inga signifikanta skillnader mellan de tre sorterna (tabell 9). 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 sortstyperna 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 9. 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 10).

Tabell 10. 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 sortstyperna 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.

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 nematodtättheter 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.