

Sanering av betcystnematoder med resistent mellangrödor 2006–2009

Slutrapport

Management of beet cyst nematodes by growing resistant intercrops

Åsa Olsson

asa.olsson@nordicbeetresearch.nu
+46 (0)709 53 72 60

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

Borgeby Slottsväg 11, SE-237 91 Bjärred

www.nordicbeet.nu

Sanering av betcystnematoder med resistenta mellangrödor

Åsa Olsson, asa.olsson@nordicbeetresearch.nu

Sammanfattning

Detta projekt har visat att det är möjligt att aktivt reducera antalet betcystnematoder i jorden genom att odla sanerande mellangrödor. För bästa resultat ska grödorna sås så tidigt som möjligt för att uppnå en god tillväxt och god rotutveckling. Om man kan utnyttja kväve från huvudgrödan, t.ex. från ärtor, bidrar det också till en god utveckling av de sanerande grödorna. Samtliga försök i denna serie har såtts utan föregående bearbetning av jorden. Fröna har myllats med på gården förekommande utrustning.

I undersökningen har vi studerat:

1. Tillväxt och utveckling av mellangrödor sådda på hösten
2. Den sanerande förmågan av vitsenap och oljerättika ur resistensklass 1 och 2 när de sås som mellangrödor under svenska klimatförhållanden
3. Upptagningen av kväve hos oljerättika och vitsenap
4. Effekten av mellangrödorna på tillväxt, utveckling och skörd av efterföljande sockerbetsgröda (normal respektive tolerant betsort).

Saneringseffekten beräknades som förhållandet mellan P_{ii} våren innan sådd av mellangrödorna och P_i innan sådd av betorna följande vår, alltså precis ett år senare. Medelvärdet över fem försök visade att den spontana minskningen av ägg och larver i stubben låg på 22 %. Medelvärde för klass 1 oljerättika (sorten Colonel i alla försöken) låg på 29 %, klass 2 oljerättika (Cassius) på 42 %, klass 1 vitsenap (Achilles/Accent) på 38 % och klass 2 vitsenap (Maxi/Abraham) på 46 %. Colonel är den enda sorten som inte kommer upp över 30 % sanering, vilket är 13 procentenheter lägre än för Cassius.

På båda försöksplatserna 2007 var skörden högre efter Rasta än efter Julietta, trots att det fanns nematoder kvar i marken. För Rasta fanns det mellan 0,3 och 2,4 ägg och larver/g jord kvar i marken innan betsådd och för Julietta 0,4 till 2,3. Den genomsnittliga skörden (två försök 2007) för Julietta blev 13,82 ton socker per hektar utan sanering, med sanering med oljerättika 14,17 och med vitsenap 14,24 ton socker per hektar. Den genomsnittliga skörden (två försök 2007) för Rasta blev 15,82 ton socker per hektar utan sanering, med sanering med oljerättika 15,19 och med vitsenap 15,48 ton socker per hektar. Den troliga orsaken till den högre skörden för Rasta 2007 var den mycket regniga hösten som gjorde att betorna kunde kompensera för de skador som nematoderna gjorde. Övriga skördeår, 2008 och 2009, gav Julietta högre skörd än Rasta på samtliga fyra försöksplatser.

Ur fältförsöken i denna serie går det inte att utröna om det är skillnader i saneringseffekt mellan sorter ur resistensklass 1 och 2 när de odlas praktiskt i fält. För oljerättika kan skönjas att Colonel, klass 1, ligger lite lägre än Cassius i saneringseffekt. Skillnaderna kan bero på flera orsaker, bl.a. sortegenskaper som blomningsförmåga, tidig etableringsförmåga osv. Colonel är en sort som går tidigare i blom än Cassius, vilket var tydligt i

försöken. När plantorna går upp i blom avtar den sanerande förmågan. Detta beror på att plantorna inte växer så mycket vegetativt och bildar nya rötter där nematoderna kan angripa. Larverna föredrar unga, nya rötter. Välj därför en sort som går sent i blom, så att den sanerande tiden blir så lång som möjligt.

Analyserna av N_{\min} , vid avslutad tillväxt av mellangrödorna i oktober, visade att det fanns mer kväve i de översta 30 cm för oljerättika och vitsenap jämfört med kontrollen. I skiktet 30–60 cm fanns det mindre kväve kvar efter oljerättika och vitsenap jämfört med kontrollen.

Mängden ts (kg per hektar) varierade inte så mycket mellan kontrollen, oljerättika och vitsenap. Däremot var mängden ts i rötterna något större för både oljerättika och vitsenap jämfört med kontrollen. En växt som inte får tillräckligt med kväve reagerar med att bilda mer rötter, vilket stämmer överens med resultaten från denna undersökning. För att en fånggröda ska kunna förhindra kväveurlakning är det viktigt att rotsystemet är djupt och kraftigt, för att kunna tömma jordprofilen. Den måste också ha tillräckligt mycket grönmassa som kan fungera som kväve-sink.

Inte på någon av de sex försöksplatserna reducerades antalet nematoder så mycket att en normal betsort kunde odlas året efter. Detta understryker vikten av att ha en långsiktig strategi för att kontrollera antalet nematoder på infekterade fält. En kombination av olika kontrollåtgärder (t.ex. längre växtföljd, upprepad sanering med mellangrödor samt omväxlande odling av betsorter med olika resistens- och toleransmekanismer) som regelbundet följs upp med jordprovtagning, utgör grunden för en uthållig odling med bibehållen skördenivå.

Summary

This project showed that it is possible to actively reduce the number beet cyst nematodes in the soil by growing resistant intercrops. For best results the intercrops should be sown as quickly as possible in order to achieve vigorous growth and good root development. If it is possible to utilise nitrogen from the main crop, e.g. peas, this also contributes to good development of the sanitising crop. All trials in this series were sown without prior soil cultivation. The seeds were worked in using equipment available on the farm.

In the investigation we studied:

1. Growth and development of intercrops sown in the autumn.
2. The sanitising ability of white mustard and oil radish from resistance class 1 and 2 when sown as intercrops under Swedish climate conditions.
3. Nitrogen uptake by white mustard and oil radish.
4. The effect of intercrops on the growth, development and yield of the following sugar beet crop (normal and tolerant beet cultivars).

The sanitising effect was calculated as the relationship between the number of nematodes in the spring before sowing of the intercrops (P_{ii}) and before sowing of the sugar beet in the following spring (P_i), i.e. exactly one year later. The mean value of five trials showed the spontaneous reduction in eggs and larvae in the stubble to be 22%. The mean value for class 1 oil radish (cultivar Colonel in all trials) was 29%, that

for class 2 oil radish (cv. Cassius) was 42%, that for class 1 white mustard (cv. Achilles/Accent) 38% and that for class 2 white mustard (cv. Maxi/Abraham) 46%. Thus cv. Colonel was the only cultivar that did not exceed 30% sanitisation effect, which was 13 percentage units lower than for cv. Cassius.

At both trial sites in 2007, yield was higher for the normal beet cultivar Rasta than for the tolerant cultivar Julietta, despite the fact that there were nematodes remaining in the soil. For cv. Rasta there were 0.3-2.4 eggs and larvae per gram of soil before the sugar beet was sown, while for cv. Julietta the figure was 0.4-2.3/g soil. The average yield for cv. Julietta (two trials 2007) was 13.82 ton sugar per hectare without sanitisation, 14.17 t/ha for sanitisation with oil radish and 14.24 t/ha for sanitisation with white mustard. The average yield for cv. Rasta (two trials 2007) was 15.82 ton sugar per hectare without sanitisation, 15.19 t/ha for sanitisation with oil radish and 15.48 t/ha for sanitisation with white mustard. The probable reason for the higher yield of cv. Rasta in 2007 was the very rainy autumn, which meant that the sugar beet could compensate for the damage caused by the nematodes. In the other harvest years, 2008 and 2009, cv. Julietta produced higher yields than cv. Rasta at all four trial sites.

From the field trials in this series it was not possible to determine whether there are differences in sanitisation effect between cultivars in resistance class 1 and 2 when they are grown commercially in the field. For oil radish there were indications that cv. Colonel (class 1) had a slightly lower sanitisation effect than cv. Cassius (class 2). The differences may be due to a number of factors, including cultivar characteristics such as flowering ability, early establishment, etc. It was obvious in the trials that cv. Colonel flowered earlier than cv. Cassius, and once the plants had flowered, the sanitising effect declined. This is because the plants reduce their rate of vegetative growth at flowering and do not produce the new, young roots preferred by the nematode larvae. Growers should therefore choose late flowering varieties of resistant intercrops so that the sanitisation period is as long as possible.

Analyses of N_{\min} when intercrop growth ceased in October showed that there was more nitrogen in the upper 30 cm with oil radish and white mustard compared with the control. However, in the 30-60 cm layer there was less nitrogen left after oil radish and white mustard than in the control.

Dry matter production (kg per hectare) did not vary greatly between the control, oil radish and white mustard. However the amount of root dry matter was somewhat greater for oil radish and white mustard than for the control. A plant that does not receive sufficient nitrogen responds by producing more roots, which was confirmed by the results of this investigation. In order for a catch crop to prevent nitrogen leaching, it is important that it has a deep, well-developed root system that can deplete the soil profile of nitrogen. It must also have a sufficient amount of green biomass to act as a nitrogen sink.

The number of nematodes was not reduced sufficiently at any of the six trial sites so that a normal sugar beet cultivar could be grown the following year. This emphasises the importance of having a long-term strategy for controlling the number of nematodes on infested fields. A combination of different control measures (e.g. longer crop rotation, repeated sanitisation with resistant intercrops and alternating between beet cultivars with different resistance and tolerance mechanisms), regularly monitored by soil sampling, creates the foundation for sustainable cultivation with consistent yields.

Inledning

Betcystnematoden (BCN), *Heterodera schachtii*, är en av de allvarligaste skadegörarna på sockerbetor i Sverige. Enligt inventeringar gjorda av NBR finns det nu nematoder i nästan hälften av alla betfält. Redan vid låga tätheter i marken, cirka 1 till 2 ägg och larver/g jord minskar sockerskörden. Det är därför mycket viktigt för odlarna att genom provtagning kontrollera sina fält.

Under 2005 introducerades den första nematodtoleranta betsorten i praktisk odling i Sverige. Fördelen med nematodtoleranta betsorter är att de, trots att det finns nematoder i marken, bibehåller en hög skördenivå (Olsson, 2004). En av nackdelarna är att antalet nematoder förökas upp, i genomsnitt över alla tätheter cirka 1,5 gånger. Uppförökningen är dock täthetsberoende och vid låga nematodtätheter är uppförökningen på samma nivå som för en normalsort. Vid högre tätheter är uppförökningen lägre jämfört med den för en normalsort. På fält utan nematoder ligger skördenivån för Julietta strax under den för normala betsorter. De toleranta betsorterna ska därför endast odlas när det verkligen konstaterats att det finns nematoder i marken. Den inre betkvaliteten för Julietta är också sämre jämfört med den för en normal sort. På kort sikt ger toleranta betsorter nya möjligheter för odlare med nematodinfekterade fält att fortfarande ta normala till höga sockerskördar. På lång sikt kan dock ett ensidigt användande av toleranta sorter leda till en ökning av antalet nematoder i jorden. Vid nematodtätheter över cirka 9 ägg och larver/g jord (ä o l/g jord) börjar sockerskörden även för NT-sorterna att minska. Även sorter av normaltyp, men med något högre toleransnivå än normalsorter, s.k. nematode escapes (NE), har introducerats. Skördenivån för NE-sorter ligger på en nivå mellan normala sorter och NT-sorter på jordar med nematoder. Uppförökningen av nematoder är lika stor för NE-sorter som för sorter av normaltyp.

Från och med odlingssäsongen 2006 finns det inte någon nematodresistent betsort på den svenska sortlistan. Reducering av nematodtätheter med hjälp av mellangrödor blir därför allt viktigare, då det är det enda sättet att aktivt minska nematodtätheterna. En förutsättning för att det ska bli attraktivt att odla dessa grödor är att de kan etableras så kostnadseffektivt som möjligt och att saneringseffekten under svenska förhållanden blir god.

Den saneringseffekt man får av oljerättika och vitsenap är också beroende av ett flertal andra faktorer, bl.a. djup såbädd (gäller framförallt oljerättika) och tätt plantbestånd (minst 160 plantor/m²) av sorter tillhörande resistensklass 1 (Heinrichs, 1998). Jorden ska vara väl genomvävd av mellangrödans rötter för att få en bra sanering. Om mellangrödans sås tätt ger detta mer konkurrens mellan plantorna och därmed bättre och djupare genomvävning av jorden (Schlathölter, 2002). Oljerättika har djupgående rötter, till skillnad från vitsenap, som har grundare rotsystem.

Oljerättika och vitsenap har flera andra egenskaper som kan påverka både miljön och våra jordars långsiktiga bördighet positivt. Förutom att sanera mot nematoder är de också effektiva kvävefångare. De tillför också organiskt material till jorden som på sikt kan bidra till ökade mullhalter.

I Tyskland har man under flera år odlat nematodsanerande grödor som mellangrödor efter spannmål, inte bara för att kontrollera nematoder, utan även för att långsiktigt förbättra jordarnas bördighet (Kessel och Kynast, 2003). På ungefär 40 % av den tyska betarealen växer det en mellangröda (Kessel och Kynast, 2003).

Målet med projektet var att studera om resistenta sorter av oljerättika och vitsenap gav tillräckligt bra sanering av nematoder i nordiskt klimat, vid sådd som mellangrödor, utan föregående djup bearbetning av jorden eller gödning. I undersökningen har vi studerat: 1. Tillväxt och utveckling av mellangrödor sådda på hösten, 2. Den sanerande förmågan av vitsenap och oljerättika ur resistensklass 1 och 2 när de sås som mellangrödor under svenska klimatförhållanden, 3. Upptagningen av kväve hos oljerättika och vitsenap samt 4. Effekten av mellangrödorna på tillväxt, utveckling och skörd av efterföljande sockerbetsgröda (normal respektive tolerant betsort).

Material och metoder

Under åren 2006–2008 lades två randomiserade blockförsök med fyra upprepningar ut per år. Förfrukterna var höstvet, korn eller ärtor. Försöksplanen bestod av tio led: kontroll, vitsenap resistensklass 1 och 2, oljerättika resistensklass 1 och 2, som upprepas två gånger. Detta för att kunna odla både en nematodtolerant och normal betsort följande vår. Försöksplanen visas i tabell 1 och försöksplatserna med sådatum m.m. i tabell 2.

Tabell 1. Försöksplan

Led	Mellangröda	Res. klass	Sort 2006	Sort 2007	Sort 2008	Betsort 2007, 2008, 2009
1	Kontroll	-	-	-	-	Julietta
2	Oljerättika	1	Colonel	Colonel	Colonel	Julietta
3	Oljerättika	2	Cassius	Cassius	Cassius	Julietta
4	Vitsenap	1	Achilles	Achilles	Accent	Julietta
5	Vitsenap	2	Maxi	Maxi	Abraham	Julietta
6	Kontroll	-	-	-	-	Rasta
7	Oljerättika	1	Colonel	Colonel	Colonel	Rasta
8	Oljerättika	2	Cassius	Cassius	Cassius	Rasta
9	Vitsenap	1	Achilles	Achilles	Accent	Rasta
10	Vitsenap	2	Maxi	Maxi	Abraham	Rasta

Tabell 2. Försöksplatser

Plats	Anläggningsår	P _i medelvärde	Förfrukt	Sådd mellangrödor	Antal dagar över 9°C
Bramstorp	2006	2,6	Höstvet	10 augusti	64 (10/8–12/10)
Isie	2006	4,2	Ärtor	7 augusti	67 (7/8–12/10)
Borgeby	2007	8,4	Malkorn	14 augusti	58 (14/8–12/10)
Åkerslätt	2007	2,6	Höstvet	27 augusti	45 (27/8–12/10)
Södergård	2008	9,6	Vårkorn	15 augusti	58 (15/8–12/10)
Bramstorp	2008	6,4	Höstvet	11 augusti	51 (11/8–12/10)

Försöken mättes ut tidigt på våren i spannmålsgrödan alternativt ärtorna (mars–april, innan jordtemperaturen i marken överstigit 8°C). Parcellvis jordprov togs för analys av initiala nematodtätheter (P_{ii}). I varje försöksruta togs minst 30 stick till en sammanlagd

jordmängd om minst 1,5 kg. Proven analyserades vid Nematodlaboratoriet, SLU, Alnarp.

Efter skörd av spannmålen såddes sedan oljerättika och vitsenap direkt i stubben utan någon föregående djup bearbetning av jorden. Grödorna gödslades inte.

Efter avslutad tillväxt av mellangrödorna i oktober/november togs återigen nematodprov, P_f . Följande vår togs återigen nematodprov precis innan sådd av betgrödan, P_i . Efter skörd av betorna togs nematodprov för att mäta uppförökningen av nematoder efter betorna, P_{bet} .

Provtagningar för analys av kväve i marken och i grönmassan i oktober

Senast en dag efter tröskning av spannmålsgrödan men före sådd av mellangrödorna togs ledvisa N_{min} -prover till ett djup av 60 cm 2006.

Strax innan plöjning av mellangrödorna i slutet av oktober klipptes all ovanjordisk växtmassa i en 0,1 m² stor ring per parcell. Klippningarna gjordes när tillväxten på hösten beräknats vara avslutad, men innan frost. Stubb och boss togs inte med. Grönmassan stoppades i förinvägda (efter nedtorkning) papperspåsar eller bomullssäcker, som därefter lades till torkning i 70°C i tre dygn. Efter torkningen vägdes de ut.

Efter utvägningen slogs påsarna ihop (led 1 i block I och II för sig, led 1 i block III och IV för sig osv.), vilket gav 20 påsar per plats, totalt 40 st på två platser. Påsarna skickades till Eurofins för bestämning av C och N enligt Dumas.

Direkt efter provklippningen togs mineralkväveprover ut (se APPENDIX A1). Varje prov togs i två skikt: 0–30 och 30–60 cm. I varje block togs alltså tre prov: kontroll, oljerättika och vitsenap. För kontrollen fördelades de tolv sticken mellan de två leden 1 och 6. För oljerättika och vitsenap sattes tre stick i vardera av de fyra rutorna som ska slås ihop. Stickerna sattes i eller nära de provklippta cirklarna. Led 2, 3, 7 och 8 slogs ihop (d.v.s. oljerättika) och led 4, 5, 9 och 10 slogs ihop (vitsenap). Totalt på varje plats togs 12 N_{min} -prover. Proverna frystes och skickades väl förpackade till Eurofins.

Mängden kväve i ovanjordiskt material i oktober räknades ut enligt:

$$\text{kg ts/ha} * \text{total N i \% av ts.}$$

Mängden C i ovanjordiskt material räknades ut enligt:

$$\text{kg ts/ha} * \text{total C i \% av ts.}$$

Potentiell mineralisering av N från ovanjordiskt material nästföljande år beräknades genom att sätta humifieringskoefficienten till 0,26 och kvoten C/N till 10 för humus (Gunnarsson *et al.*, 2008, Kolenbrander, 1974);

$$\text{ovanjordiskt material i kg N/ha} - (\text{kg C/ha} * 0,26/10).$$

Mängden rötter mättes inte och mineraliseringen från rötterna beräknades inte.

Före sådd av första betgrödan 2007 togs ledvisa N_{min} -prover för att se hur mycket kväve där fanns kvar i de översta 60 cm av jordprofilen. Denna provtagning gjordes endast inför betgrödan 2007 (ingen provtagning gjordes 2008 och 2009).

Kvävemineralisering i juni i betgrödan 2008

Prov togs endast i led 1 (kontroll), 2 (oljerättika) och 4 (vitsenap) i block 1 och 2. Proven togs i slutet av juni. Två provrutor om 1 m² på två platser i parcellerna märktes ut enligt figur 1. N_{min}-prover togs i två skikt: 0–30 och 30–60 cm, sex stick per provruta, vilket blev tolv stick per parcell. Jorden från 0–30 cm blandades från de två provrutorna i varje parcell till ett prov. Motsvarande gjordes för jorden från 30–60 cm.

Alla betorna i var och en av de två rutorna om 1 m² plockades upp. Blasten togs av och lades i vävpåse (båda rutorna till samma påse). Blasten vägdes omedelbart och färskvikten noterades på protokoll (båda rutorna tillsammans). Blasten torkades sedan. Hela vävpåsen vägdes efter torkningen igen. Påsarna skickades till Eurofins för analys av kväve enligt Dumas.

Rötterna vägdes och färskvikten noterades i protokoll. Rötterna vägdes och torkades för att kunna bestämma ts-halt.

Mängden kväve i ovanjordiskt material i juni räknades ut enligt:

$$\text{kg ts/ha} * \text{total N i \% av ts.}$$

Mängden C i ovanjordiskt material räknades ut enligt:

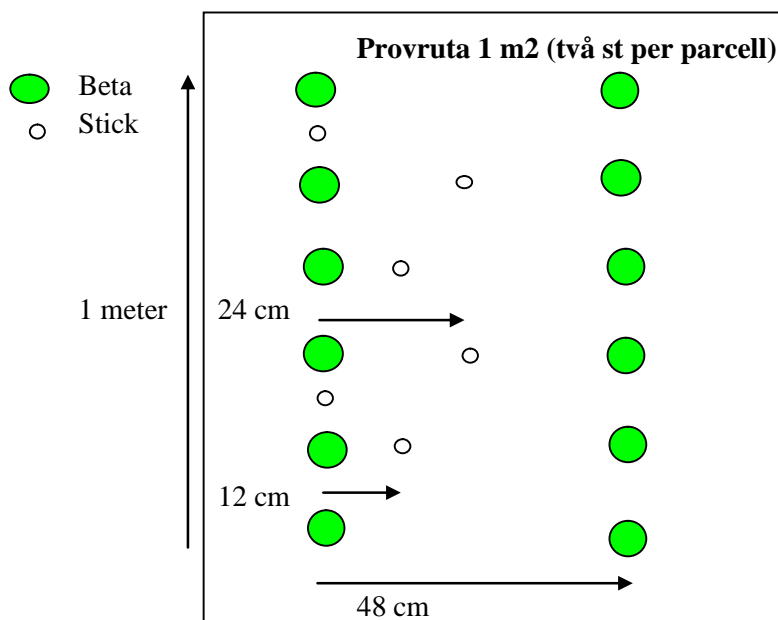
$$\text{kg ts/ha} * \text{total C i \% av ts.}$$

Mängden kväve i rötterna i juni räknades ut enligt:

$$\text{kg ts/ha} * \text{total N i \% av ts.}$$

Mängden C i rötterna räknades ut enligt:

$$\text{kg ts/ha} * \text{total C i \% av ts.}$$



Figur 1. Placering av stick för N_{min}-provtagning i betgrödan i juni.

Statistiska beräkningar

Alla variabler analyserades med Proc GLM i SAS, SAS institute Inc. Parvisa jämförelser gjordes med Fisher's protected LSD.

Resultat

Tillväxt av mellangrödorna

Utvecklingen av mellangrödorna 2006 var mycket god på båda försöksplatserna (Bramstorp och Isie). I slutet av oktober var marktäckningen 100 % i alla parceller på båda platserna. I försöket i Isie, som såddes efter ärtor, var tillväxten särskilt bra. Oljerättikan uppnådde där en höjd på cirka 40 cm och vitsenapen över 50 cm. Mängden biomassa uppgick till mellan 2,4 och 3,8 ton ts per hektar för oljerättika samt mellan 1,9 och 3,4 för vitsenap.

I försöket i Borgeby 2007 var marktäckningen för oljerättikan strax över 50 % och för vitsenapen mellan 65 till 92 %. Planthöjden för oljerättikan låg strax över 20 cm. Planthöjden för vitsenap var betydligt högre, för Achilles runt 40 cm och för Maxi cirka 60 cm. Mängden ts låg på cirka 2 ton per hektar både för oljerättika och vitsenap.

Etableringen och tillväxten av mellangrödorna 2008 blev något mer ojämn än tidigare år. Marktäckningen av oljerättikan låg i båda försöken kring 50 % och för vitsenapen kring 70 %. Planthöjden för oljerättikan låg strax över 20 cm i båda försöken. Planthöjden för vitsenap var något högre, för Accent runt 40 cm på Bramstorp och för Abraham cirka 35 cm. Planthöjden för vitsenapen Accent och Abraham på Södergård låg kring 30 cm. Mängden ts uppgick endast till cirka 1 ton per hektar för både oljerättika och vitsenap på Bramstorp, något mer på Södergård, cirka 1,5 ton per hektar.

Tabell 3. Mängd ts i ton/ha av mellangrödorna vid klippning och torkning i oktober

Gröda	TS, ton/ha					
	Bramstorp 2006	Isie 2006	Åkerslätt 2007	Borgeby 2007	Bramstorp 2008	Södergård 2008
Kontroll	2,5	0,7	0,7	1,0	-	-
Oljerättika	1,7	3,0	1,0	2,0	1,1	1,3
Oljerättika	1,2	2,4	1,4	2,0	0,8	1,5
Vitsenap	1,9	2,4	1,0	2,0	1,0	1,6
Vitsenap	1,5	2,0	1,2	1,9	1,4	1,3
Kontroll	0,8	1,0	0,7	1,2	-	-
Oljerättika	1,2	2,8	0,9	2,4	0,8	1,6
Oljerättika	2,3	3,8	1,1	2,0	1,4	1,7
Vitsenap	1,4	2,4	1,0	2,0	1,0	1,6
Vitsenap	3,5	3,4	1,1	2,2	1,2	1,8
R ²	60,9	66,9	41,8	45,0	28,7	20,9
LSD	1,8	1,2	0,5	0,9	0,7	0,8
Prob	0,0601	0,0002	0,1667	0,0845	0,6715	0,8919

De försök som uppnådde lägst antal dagar över 9°C (genomsnittlig dygnstemperatur över 9°C) var Åkerslätt med 45 och Bramstorp med 51 (tabell 2). Här var också ts-halterna bland de lägsta, cirka ett ton per hektar. Södergård och Borgeby hade båda 58 dagar över 9°C. Ts-halten för mellangrödorna på Södergård varierade från 1,3 till 1,8 ton per hektar och på Borgeby från 1,9 till 2,4 ton per hektar.

Allra flest dagar över 9°C, 67, uppmättes på försöksplatsen i Isie, följt av Bramstorp med 64 antal dagar över 9°C. Ts-halten i Isie varierade från 2,0 till 3,8 och på Bramstorp från 1,2 till 3,5 ton per hektar.

Fördelning av nematodtätheter i fälten

I Appendix A2 och A3 visas fördelningen av P_i -värden i de två försöken 2006 innan sanering. Speciellt i försöket på Bramstorp var skillnaden mellan intill liggande parceller mycket stor. I många parceller var också antalet ägg och larver 0. Vid beräkning av saneringseffekter har därför inte detta försök tagits med.

Saneringseffekt

Saneringseffekten beräknades som förhållandet mellan P_{ii} våren innan sådd av mellangrödorna och P_i innan sådd av betorna följande vår, alltså precis ett år senare. Medelvärdet över fem försök visar att den spontana minskningen av ägg och larver i stubben låg på 22 %. Medelvärde för mellangrödorna (tabell 4) visar att klass 1 oljerättika (sorten Colonel i alla försöken) ligger på 29 %, klass 2 oljerättika (Cassius) på 42 %, klass 1 vitsenap (Achilles/Accent) på 38 % och klass 2 vitsenap (Maxi/Abraham) på 46 %. Colonel är den enda sorten som inte kommer upp över 30 % sanering, vilket är 13 procentenheter lägre än för Cassius.

Tabell 4. Saneringseffekt för de olika mellangrödorna beräknad från P_{ii} våren innan sådd av mellangrödorna till P_i innan betsådd följande vår, d.v.s. precis ett år senare. Reduceringsprocenten är beräknad för varje parcell för sig, därefter ihopslagen över block och led

Led	Mellangröda	Isie 06/07		Borgeby 07/08		Åkerslätt 07/08		Bramstorp 08/09		Södergård 08/09	
		P_{ii}/P_i	$P_{ii}/P_i - 1$ %	P_{ii}/P_i	$P_{ii}/P_i - 1$ %	P_{ii}/P_i	$P_{ii}/P_i - 1$ %	P_{ii}/P_i	$P_{ii}/P_i - 1$ %	P_{ii}/P_i	$P_{ii}/P_i - 1$ %
1	Kontroll	0,57	-43,0	0,56	-44,0	1,25	25,0	1,18	18,0	1,00	0,0
2	Oljerättika 1	0,52	-48,0	0,80	-20,0	0,41	-59,0	0,59	-41,0	1,33	33,0
3	Oljerättika 2	0,14	-86,0	0,83	-17,0	0,46	-54,0	0,76	-24,0	1,17	17,0
4	Vitsenap 1	0,39	-61,0	0,61	-39,0	0,72	-28,0	0,99	-1,0	0,49	-51,0
5	Vitsenap 2	0,24	-76,0	0,72	-28,0	0,89	-11,0	0,61	-39,0	0,45	-55,0
6	Kontroll	0,26	-74,0	1,03	3,0	0,64	-36,0	0,65	-35,0	0,70	-30,0
7	Oljerättika 1	0,15	-85,0	1,58	58,0	0,69	-31,0	0,50	-50,0	0,54	-46,0
8	Oljerättika 2	0,27	-73,0	0,52	-48,0	0,39	-61,0	0,56	-44,0	0,67	-33,0
9	Vitsenap 1	0,22	-78,0	0,79	-21,0	0,48	-52,0	0,82	-18,0	0,73	-27,0
10	Vitsenap 2	0,15	-85,0	0,54	-46,0	0,40	-60,0	0,44	-56,0	0,90	-10,0
	R ²	26,1		38,7		32,7		32,6		23,9	
	LSD	0,4		0,8		0,8		0,7		1,0	
	Prob	0,4957		0,3021		0,4525		0,5397		0,7004	

Tabell 5. Saneringseffekt för de olika mellangrödorna beräknad från P_{ii} våren innan sådd av mellangrödorna till P_i innan betsådd följande vår, d.v.s. precis ett år senare. Reduceringsprocenten är beräknad för varje parcell för sig, därefter ihopslagen över block och led. Medelvärde över fem försök 2006–2009

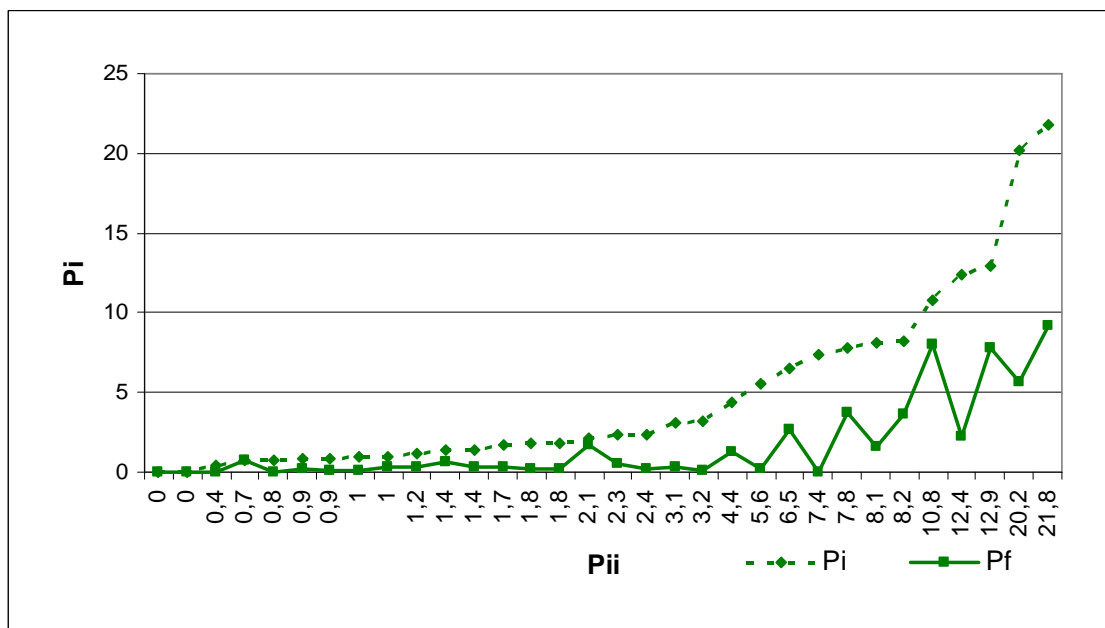
Led	Mellangröda	Medel över 5 försök	
		P_{ii}/P_i	$P_{ii}/P_i - 1$ %
1	Kontroll	0,91	-9,0
2	Oljerättika 1	0,73	-27,0
3	Oljerättika 2	0,69	-31,0
4	Vitsenap 1	0,64	-36,0
5	Vitsenap 2	0,58	-42,0
6	Kontroll	0,66	-34,0
7	Oljerättika 1	0,69	-31,0
8	Oljerättika 2	0,48	-52,0
9	Vitsenap 1	0,61	-39,0
10	Vitsenap 2	0,49	-51,0
	R^2	15,8	
	LSD	0,3	
	Prob	0,3928	

Tabell 6. Genomsnittlig saneringseffekt för oljerättika och vitsenap, klass 1 och 2 jämfört med kontrollen. Medel över fem försök 2006–2009

Led	Mellangröda	Medel över 5 försök	
		P_{ii}/P_i	$P_{ii}/P_i - 1$ %
1, 6	Kontroll	0,78	-22
2, 7	Oljerättika 1	0,71	-29
3, 8	Oljerättika 2	0,58	-42
4, 9	Vitsenap 1	0,62	-38
5, 10	Vitsenap 2	0,54	-46

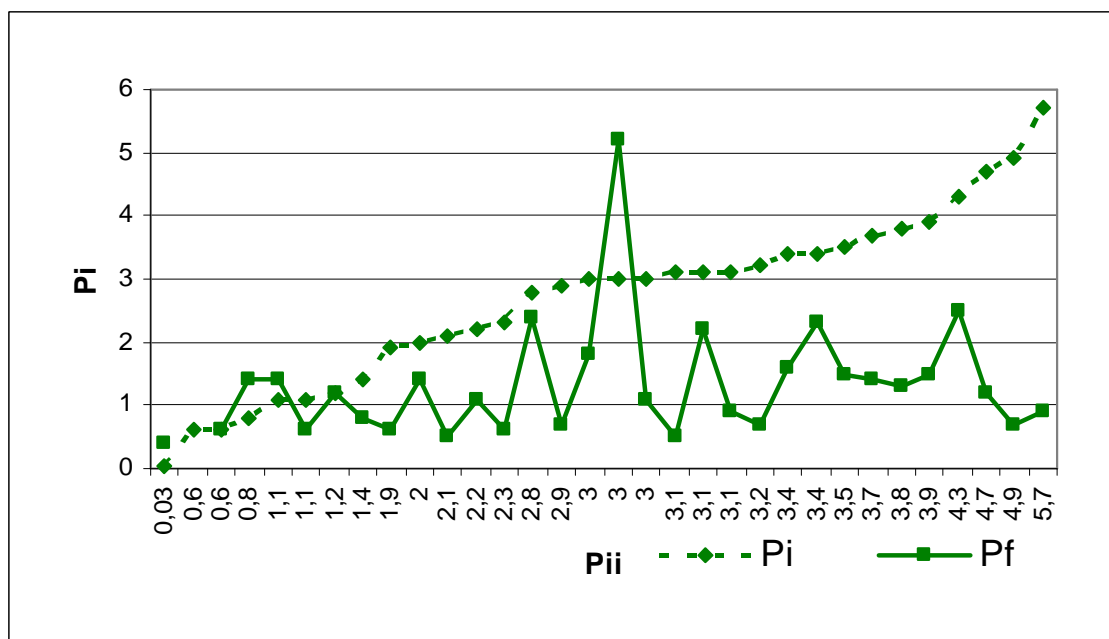
I figur 2–6 visas parcellvisa nematodtättheter före betodling (P_i) plottade mot P_{ii} före sanering, d.v.s. ett år tidigare. Ingen uppdelning har gjorts på de olika mellangrödorna och kontrollparcellerna är inte med i figurerna.

Försöket i Isie utmärktes med att ha nematodtättheter som varierade från 0 till 21,8 ä o l/g jord. Mellangrödorna såddes tidigt, den 7 augusti, efter ärter och grödorna utvecklades mycket bra. Här kan skönjas att det blivit en sanering även i parceller med låga utgångstättheter, lägre än cirka 3 ä o l/g jord. I de parceller som hade utgångstättheter under 3,2 ä o l/g jord har antalet nematoder minskat i stort sett i alla parceller.



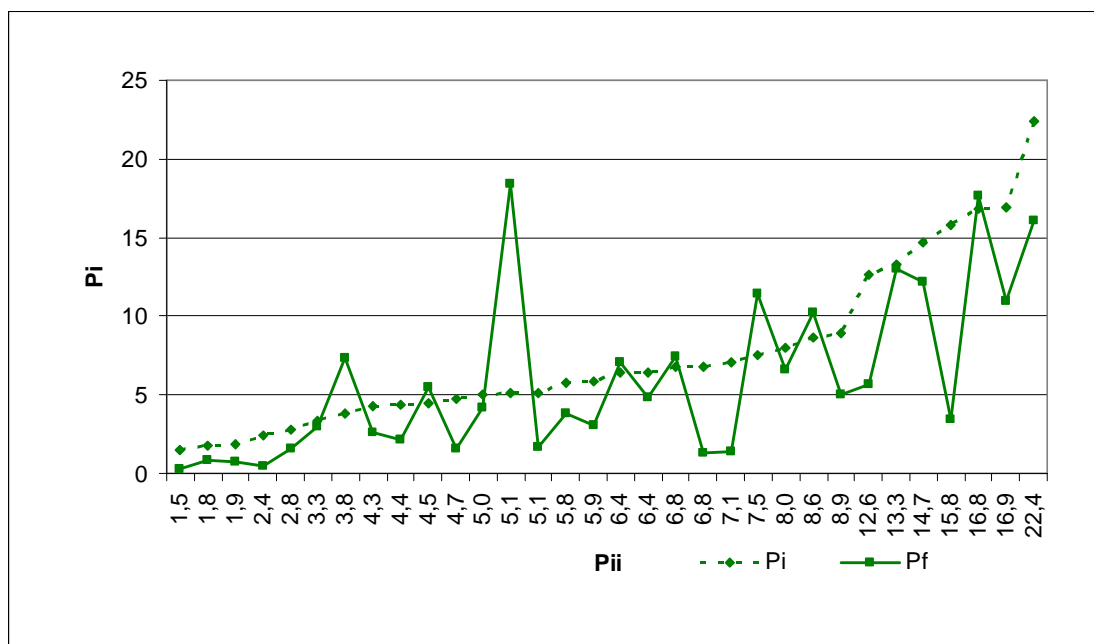
Figur 2. P_i efter sanering plottat mot P_{ii} i respektive parcell före sanering på Isie 2006.

Försöket på Åkerslätt 2007 hade i genomsnitt 2,6 ä o/l/g jord med en spridning från 0,03 till 5,7. Vid nematodtäteter över 3 ä o/l/g jord blev det sanering i samtliga parceller. Under 3 ä o/l/g jord är saneringen varierande.



Figur 3. P_i efter sanering plottat mot P_{ii} respektive parcell före sanering på Åkerslätt 2007.

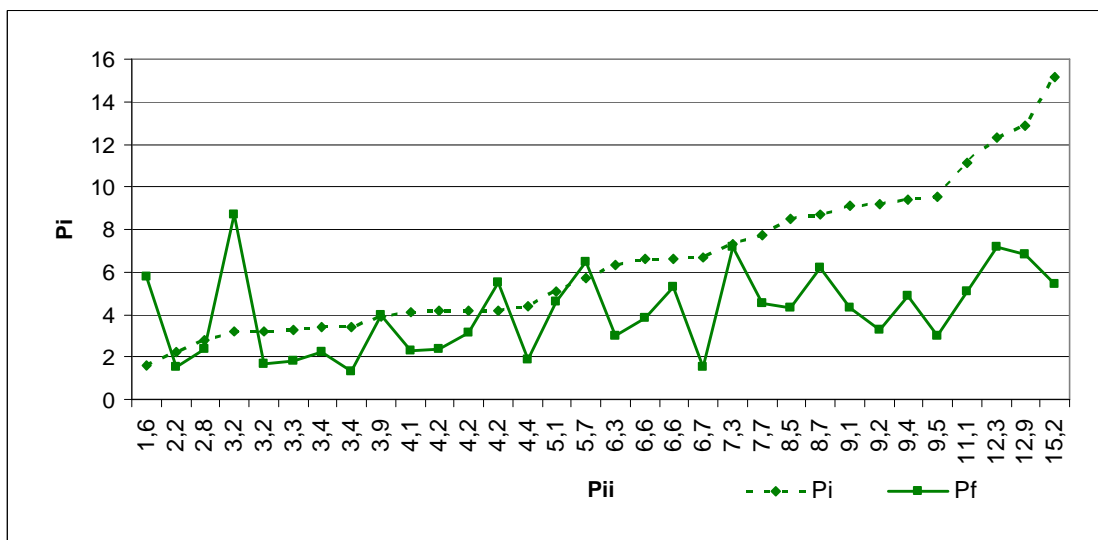
I försöket på Borgeby 2007 varierade nematodtätheterna före sanering från 1,3 till 34,9 ä o l/ g jord. Saneringseffekterna varierar också över hela skalan, från låga till höga nematodtätheter.



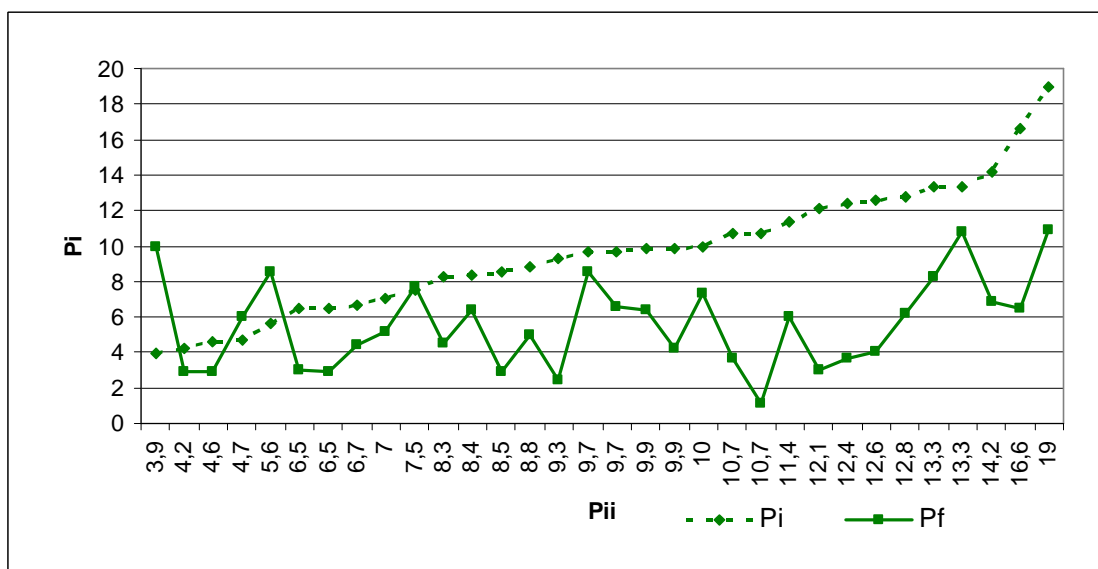
Figur 4. P_i efter sanering plottat mot P_{ii} i respektive parcell före sanering på Borgeby 2007.

Den plats som i genomsnitt hade den högsta utgångstätheten av nematoder var Södergård 2008 med 9,6 ä o l/g jord (medelvärde över samtliga parceller). Spridningen av nematodtätheter varierade från 1,0 till 15,2 ägg och larver/g jord. Vid låga tätheter är saneringseffekten varierande. Det är först vid tätheter över cirka 6 ä o l/g jord som det blir en sanering i de flesta parceller. I medeltal ligger saneringen då på 51 %.

I försöket på Bramstorp 2008 varierar spridningen av nematodtätheter i de olika parcellerna från 3,7 till 19 ä o l/g jord. Även här är saneringsresultatet varierande under 6 ä o l/g jord. Över 6 ä o l/g jord blir det en sanering i de flesta parceller.



Figur 5. P_i efter sanering plottat mot P_{ii} i respektive parcell före sanering på Södergård 2008.



Figur 6. P_i efter sanering plottat mot P_{ii} i respektive parcell före sanering på Bramstorp 2008.

Mineralkväve i marken i oktober

I kontrollen, som i alla fall utom ett (svartträda efter ärtor) bestod av spannmålsstubb, fanns det i medeltal totalt 26,4 kg kväve per hektar kvar i de översta 60 cm av marken, för vitsenap fanns det 18,3 och för oljerättika 14,9 kg.

Sett över alla fem försöksplatserna var fördelningen av kväve mellan skikten i kontrollen densamma, strax över 13 kg i båda. När det gäller fördelningen av kväve i skikten efter oljerättika respektive vitsenap, var där på alla försöksplatserna mer kväve i 0–30 cm än i 30–60.

År 2006 var mycket nederbördsrik, vilket medförde en relativt stor utlakning av kväve jämfört med 2007 och 2008, vilket syntes tydligt i kontrollerna. På Bramstorp fanns 56,8 % av kvävet i de översta 60 cm i skiktet 30–60 cm, på Isie 68,8 %.

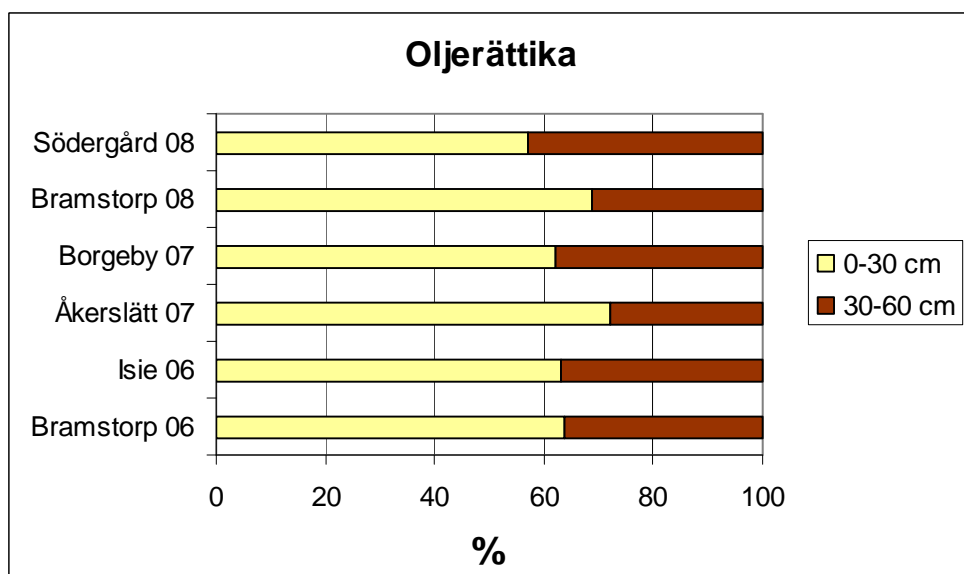
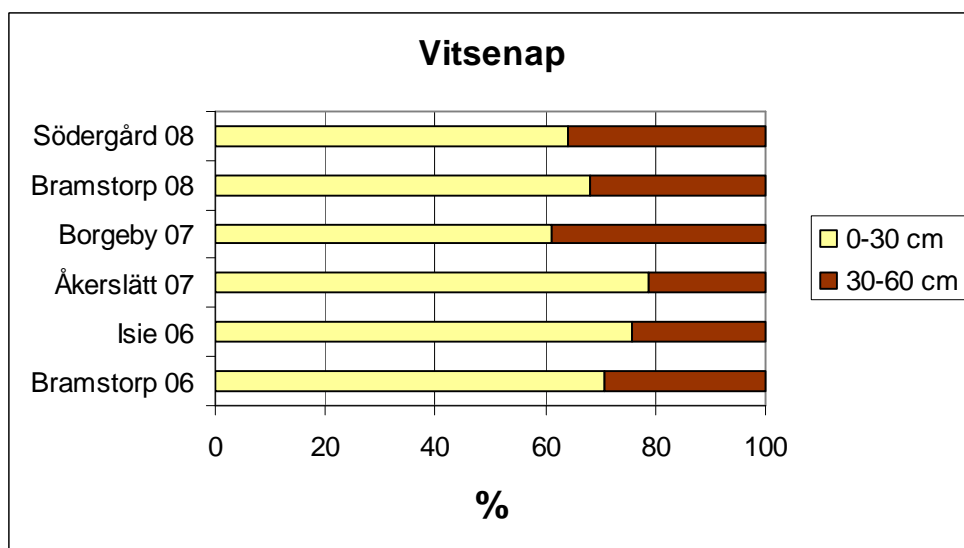
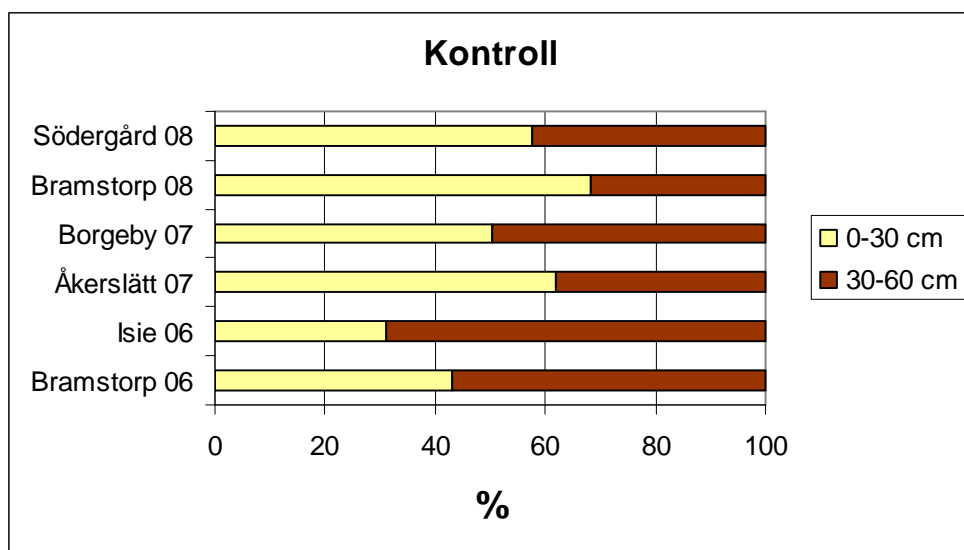
På försöksplatsen i Isie var fördelningen av kväve i de två skikten 0–30 och 30–60 olika mellan kontrollen och oljerättikan respektive vitsenap. Av de 44,2 kg N som totalt fanns kvar i kontrollen så fanns hela 30,4 kg mellan 30–60 cm och endast 13,8 kg i de översta 30 cm. För vitsenap var förhållandet det omvända, 9,2 i skiktet 30–60 cm och 28,5 kg i de översta 30 cm. Den totala mängden kväve som fanns kvar i marken efter oljerättikan var 12,5 kg, 7,9 i skiktet 0–30 cm och 4,6 i 30–60 cm.

Tabell 7. Mängden totalkväve (ammonium- och nitratkväve, kg/ha) i marken på olika djup, 0–30 cm och 30–60 cm i marken, vid avslutad tillväxt i oktober/november

Gröda	Djup cm	Bramstorp 2006	Isie 2006	Åkerslätt 2007	Borgeby 2007	Bramstorp 2008	Södergård 2008	Medel
Kontroll	0–30	8,9	13,8	17,0	10,2	13,5	14,9	13,1
Kontroll	30–60	11,7	30,4	10,5	10,0	6,3	10,9	13,3
Vitsenap	0–30	7,0	28,5	13,7	7,7	11,7	9,6	13,0
Vitsenap	30–60	2,9	9,2	3,7	4,9	5,5	5,4	5,3
Oljerättika	0–30	6,7	7,9	13,0	8,8	10,4	10,8	9,6
Oljerättika	30–60	3,8	4,6	5,0	5,4	4,7	8,1	5,3

Tabell 8. Procentuell fördelning av totalkväve (ammonium- och nitratkväve) i marken på olika djup, 0–30 cm och 30–60 cm i marken, vid avslutad tillväxt i oktober/november

Gröda	Djup cm	Bramstorp 2006	Isie 2006	Åkerslätt 2007	Borgeby 2007	Bramstorp 2008	Södergård 2008	Medel
Kontroll	0–30	43,2	31,2	61,8	50,5	68,2	57,8	52,1
Kontroll	30–60	56,8	68,8	38,2	49,5	31,8	42,2	47,9
Vitsenap	0–30	70,7	75,6	78,7	61,1	68,0	64,0	69,7
Vitsenap	30–60	29,3	24,4	21,3	38,9	32,0	36,0	30,3
Oljerättika	0–30	63,8	63,2	72,2	62,0	68,9	57,1	64,5
Oljerättika	30–60	36,2	36,8	27,8	38,0	31,1	42,9	35,5



Figur 7. Fördelning av N_{min} mellan 0–30 och 30–60 cm djup för kontrollen, vitsenap och oljerättika.

Kvävemineralisering i juni

Resultaten från analyserna av mineralisering i juni visas i tabell 9. Den totala biomassan (ts, kg/ha) av betorna i juni året efter mellangrödorna var något större där det växt en mellangröda (tabell 9) än i kontrollen. Det var i huvudsak mängden rötter som ökat. I marken var mängden kväve i de översta 30 cm högre, där det växt en mellangröda, jämfört med kontrollen. I skiktet 30–60 cm fanns det mindre kväve kvar där det växt en mellangröda jämfört med kontrollen (tabell 10).

Tabell 9. Mängd biomassa (ts, kg/ha) av betor i juni 2008. Medel över två försöksplatser (Åkerslätt och Borgeby)

Gröda	Led	TS ton/ha		
		Grönmassa	Rot	Summa
Kontroll	1	5,9	6,4	12,4
Vitsenap	2	6,0	6,7	12,7
Oljerättika	4	5,8	6,6	12,4

Tabell 10. Kvävemängd (N_{min} , kg/ha) i jorden i juni 2008. Medel över två försöksplatser (Åkerslätt och Borgeby)

Gröda	Led	N_{min} kg/ha		
		0–30 cm	30–60 cm	Summa 0–60 cm
Kontroll	1	55	32	87
Vitsenap	2	58	26	84
Oljerättika	4	63	26	89

Tabell 11. Totala mängden kväve i hela betan samt i betan plus i jorden. Medel över två försöksplatser (Åkerslätt och Borgeby)

Gröda	Led	N_{min} kg/ha	
		Summa kväveupptagning i rot plus ovanjordiskt material	Summa kväveupptagning i rot plus ovanjordiskt material plus mängden kväve i jorden
Kontroll	1	304	392
Vitsenap	2	293	377
Oljerättika	4	292	382

I tabell 11 visas summan av det kväve som fanns i marken i oktober plus beräknad mineralisering nästföljande år. Förutsatt att det inte sker någon urlakning under vintern, avser denna summa att avspegla nettoeffekten för odlaren. Resultaten visar på en negativ nettoeffekt, vilket stämmer överens med vad man kan förvänta på en icke urlakningskänslig jord och med en gröda som sockerbetor, som är effektiv på att hämta kväve från stora djup.

Analys av N_{\min} före betgrödan 2006

Resultatet av de ledvisa provtagningarna av N_{\min} före betgrödan visas i tabell 12. I försöket på Bramstorp, där det var höstvetete före sådd av mellangrödan, fanns det lite kväve kvar i de översta 60 cm, i de flesta fall under 20 kg N per hektar. Det fanns inga tydliga skillnader mellan de olika mellangrödorna. I försöket i Isie, där mellangrödorna såddes efter ärtor, fanns det mer kväve kvar i jorden jämfört med på Bramstorp. Det fanns inte heller här något entydigt mönster mellan de olika mellangrödorna. Med utgångspunkt från dessa resultat gödslades betorna med samma mängd kväve i de olika leden. Provtagningen av N_{\min} gjordes endast inför betgrödan 2007.

Tabell 12. Analys av N_{\min} före betgrödan 2007

Led	Mellangröda	Am_N mg/100 g TS	Am_N kg/ha	Nit-N mg/100 g TS	Nit-N kg/ha	Summa
Bramstorp						
1	Kontroll	0,029	2,4	0,158	13,2	15,7
2	Oljerättika	0,028	2,4	0,191	16	18,4
3	Oljerättika	0,034	2,8	0,184	15,4	18,2
4	Vitsenap	0,031	2,6	0,185	15,5	18,1
5	Vitsenap	0,028	2,3	0,133	11,2	13,5
6	Kontroll	0,028	2,3	0,13	10,9	13,2
7	Oljerättika	0,028	2,3	0,16	13,4	15,7
8	Oljerättika	0,03	2,5	0,216	18,1	20,6
9	Vitsenap	0,028	2,4	0,168	14	16,4
10	Vitsenap	0,033	2,8	0,183	15,3	18
Isie						
1	Kontroll	0,031	2,6	0,366	30,7	33,3
2	Oljerättika	0,031	2,6	0,328	27,5	30,1
3	Oljerättika	0,034	2,8	0,517	43,3	46,1
4	Vitsenap	0,031	2,6	0,232	19,5	22,1
5	Vitsenap	0,033	2,8	0,304	25,5	28,3
6	Kontroll	0,031	2,6	0,236	19,8	22,4
7	Oljerättika	0,03	2,5	0,312	26,1	28,6
8	Oljerättika	0,029	2,4	0,329	27,6	30
9	Vitsenap	0,03	2,5	0,254	21,2	23,8
10	Vitsenap	0,029	2,4	0,306	25,7	28,1

Plantantal

Den slutliga planträknningen visar endast på små skillnader i plantantal (genomsnitt över sex försök, tabell 13). Skillnaderna ligger främst mellan de två sorterna Julietta och Rasta. Julietta ligger strax över 90 000 plantor per hektar och Rasta strax under. Det fanns inga skillnader som kunde kopplas till de olika mellangrödorna året innan.

Tabell 13. Resultat av planträkningar vid 50 % uppkomst samt slutligt plantantal. Medelvärde över sex försök

Led	Betsort	Plh 50 %	Slutligt plh
1	Julietta	60,6	91,3
2	Julietta	65,7	92,2
3	Julietta	66,9	92,8
4	Julietta	61,9	91,9
5	Julietta	63,9	93,3
6	Rasta	60,1	90,1
7	Rasta	57,4	88,3
8	Rasta	60,4	89,5
9	Rasta	62,9	88,9
10	Rasta	60,1	89,1
	R ²	53,8	30,6
	LSD	6,5	2,9
	Prob	0,1389	0,0018

Skörd

På båda försöksplatserna 2007 var skörden högre efter Rasta än efter Julietta, trots att det fanns nematoder kvar i marken (tabell 14a och b). För Rasta fanns det mellan 0,3 och 2,4 ägg och larver/g jord kvar i marken innan betsådd och för Julietta 0,4 till 2,3. Den genomsnittliga skörden (två försök 2007) för Julietta blev 13,82 ton socker per hektar utan sanering, med sanering med oljerättika 14,17 och med vitsenap 14,24 ton socker per hektar. Den genomsnittliga skörden (två försök 2007) för Rasta blev 15,82 ton socker per hektar utan sanering, med sanering med oljerättika 15,19 och med vitsenap 15,48 ton socker per hektar. Den troliga orsaken till den högre skörden för Rasta 2007 var den mycket regniga hösten som gjorde att betorna kunde kompensera för de skador som nematoderna gjorde. Övriga skördeår, 2008 och 2009, gav Julietta högre skörd än Rasta på samtliga fyra försöksplatser. Den genomsnittliga skörden (fyra försök 2008–2009) för Julietta utan sanering blev 13,89 ton socker per hektar, med sanering med oljerättika 14,68 och med vitsenap 13,82 ton socker per hektar. Den genomsnittliga skörden (fyra försök 2008–2009) för Rasta utan sanering blev 11,30 ton socker per hektar, med sanering med oljerättika 11,94 och med vitsenap 12,58 ton socker per hektar.

En slutsats från dessa försök är att saneringseffekten inte på någon av platserna blev tillräckligt stor för att tillåta odling av en normal betsort året efter. Den högre skörden för Rasta 2007 får tillskrivas vädret.

Tabell 14a. Skörderesultat på försöksplatsen i Isie 2007

Led	Mellangröda	Betsort	P _i innan betor Ägg och larver/g jord	Plantantal 1000/ha	Ren- vikt ton/ha	Sockers- halt %	Pol- socker ton/ha	Relativ- tal	Blåtal	KNa	Renhet %
1	Kontroll	Julietta	0,4	88,8	75,0	17,47	13,09	100	22	3,56	89,04
2	Oljerättika 1	Julietta	2,3	86,7	75,6	17,31	13,09	100	29	3,70	89,80
3	Oljerättika 2	Julietta	1,5	92,7	75,1	17,42	13,08	100	25	3,69	88,99
4	Vitsenap 1	Julietta	1,4	88,3	80,0	17,47	13,96	107	24	3,71	88,95
5	Vitsenap 2	Julietta	2,2	91,7	76,9	17,36	13,34	102	25	3,67	89,65
6	Kontroll	Rasta	0,3	92,2	83,9	18,07	15,15	116	13	2,71	88,84
7	Oljerättika 1	Rasta	1,0	86,5	81,4	17,82	14,51	111	16	2,72	89,69
8	Oljerättika 2	Rasta	0,9	87,5	82,4	17,98	14,83	113	15	2,64	88,59
9	Vitsenap 1	Rasta	1,5	86,2	84,1	17,81	14,97	114	13	2,71	87,03
10	Vitsenap 2	Rasta	2,4	84,1	78,8	17,83	14,58	111	13	2,79	87,72
	R ²		62,7	32,7	64,2	66,01	72,78	-	84	91,50	19,24
	LSD		2,5	7,5	5,9	0,34	1,01	-	5	0,26	3,20
	Prob		0,6662	0,3119	0,0110	0,0003	0,0001	-	<0,0001	<0,0001	0,7580

Tabell 14b. Skörderesultat på försöksplatsen i Bramstorp 2007

Led	Mellangröda	Betsort	P _i innan betor Ägg och larver/g jord	Plantantal 1000/ha	Ren- vikt ton/ha	Socke- halt %	Pol- socker ton/ha	Relativ- tal	Blåtal	KNa	Renhet %
1	Kontroll	Julietta	0,39	95,3	79,7	18,26	14,55	100	14	3,71	89,95
2	Oljerättika 1	Julietta	2,03	96,6	83,3	18,41	15,33	105	15	3,69	87,81
3	Oljerättika 2	Julietta	0,55	95,3	83,1	18,26	15,17	104	16	3,66	91,09
4	Vitsenap 1	Julietta	0,80	95,1	83,6	18,24	15,24	105	15	3,75	87,91
5	Vitsenap 2	Julietta	3,70	97,1	77,9	18,51	14,41	99	13	3,54	87,62
6	Kontroll	Rasta	0,30	92,7	86,9	18,98	16,49	113	8	2,71	88,79
7	Oljerättika 1	Rasta	3,68	96,1	78,1	18,60	14,56	100	8	2,74	88,49
8	Oljerättika 2	Rasta	0,03	93,0	89,3	18,90	16,88	116	8	2,71	91,57
9	Vitsenap 1	Rasta	0,15	91,1	84,9	18,74	15,90	109	8	2,74	86,61
10	Vitsenap 2	Rasta	0,00	94,5	87,5	18,83	16,45	113	8	2,73	88,41
	R ²		19,6	28,1	43,3	58,9	49,4	-	83,2	94,3	22,3
	LSD		5,1	5,9	8,7	0,39	1,66	-	3	0,21	6,59
	Prob		0,7245	0,5619	0,1323	0,0016	0,0368	-	<0,0001	<0,0001	0,873

Tabell 15. Skörderesultat. Medelvärde över fyra försök 2008–2009 (Borgeby, Åkerslätt, Bramstorp och Södergård)

Led	Mellangröda	Betsort	Plantantal 1000/ha	Ren- vikt ton/ha	Socke- halt %	Pol- socker ton/ha	Relativ- tal	Blåtal	K+Na	Renhet %
1	Kontroll	Julietta	91,0	74,38	18,64	13,89	100	12	3,48	93,11
2	Oljerättika 1	Julietta	92,5	78,93	18,63	14,69	106	12	3,52	92,87
3	Oljerättika 2	Julietta	92,2	77,66	18,88	14,67	106	13	3,48	92,96
4	Vitsenap 1	Julietta	92,1	73,25	18,83	13,79	99	11	3,31	93,29
5	Vitsenap 2	Julietta	92,7	73,83	18,82	13,85	100	11	3,32	93,13
6	Kontroll	Rasta	88,9	63,59	17,71	11,30	81	6	2,74	91,64
7	Oljerättika 1	Rasta	86,8	66,12	17,88	11,82	85	6	2,73	91,78
8	Oljerättika 2	Rasta	89,1	67,19	17,91	12,05	87	6	2,72	92,09
9	Vitsenap 1	Rasta	89,0	68,22	17,92	12,26	88	5	2,67	92,26
10	Vitsenap 2	Rasta	89,0	71,78	18,01	12,89	93	6	2,70	92,62
	R ²		67,8	66,35	98,28	78,39		85,6	97,5	71,70
	LSD		3,8	7,29	0,25	1,36		3,2	0,1	0,77
	Prob		0,0354	0,0022	0,0000	0,0001		0,0000	0,0000	0,0005

Diskussion

Detta projekt har visat att det är möjligt att aktivt reducera antalet betcysnematoder i jorden genom att odla sanerande mellangrödor. För bästa resultat ska grödorna sås så tidigt som möjligt för att uppnå en god tillväxt och god rotutveckling. Om man kan utnyttja kväve från huvudgrödan, t.ex. från ärtor, bidrar det också till en god utveckling av de sanerande grödorna. Samtliga försök i denna serie har såtts utan föregående bearbetning av jorden. Fröna har myllats med på gården förekommande utrustning.

Den genomsnittliga saneringseffekten för Colonel i de svenska försöken blev 29 och för Cassius 42 %, vilket är lägre än i tyska försök (Heinrichs, 1998), som såddes i slutet av juli och med grundbearbetning till 15 cm. För vitsenap i de svenska försöken blev den genomsnittliga saneringseffekten för Achilles/Accent 38 och för Maxi/Abraham 46 %, vilket kan jämföras med strax över 50 %, som uppmättes i de tyska försöken. I det tyska fältförsöket 1997 provades två olika bearbetningsdjup (15 och 30 cm, sådd den 28/7) inför sådden av fyra sorter av oljerättika (Colonel och Final med resistensklass 1 samt Regresso och Arena med resistensklass 2) och två sorter av vitsenap (Silvester och Sirola, resistensklass 2) efter vinterkorn (Heinrichs, 1998). Resultaten visade att Colonel och Final reducerade nematodpopulationen med 81 % ($P_f/P_i = 0,19$, där P_f = den slutliga mängden nematoder och P_i = den initiala mängden nematoder) i den djupt bearbetade jorden. Vid den grundare bearbetningen försvann en del av oljerättikans effekt och nematodpopulationen reducerades med 61 % ($P_f/P_i = 0,39$). Saneringseffekten för vitsenap var generellt sämre än för oljerättika (Silvester 51 %, $P_f/P_i = 0,49$ och Sirola 55 %, $P_f/P_i = 0,45$) och bearbetningsdjupet hade inte någon effekt på reduceringsförmågan.

Etableringen av vitsenap förefaller, enligt både de tyska och svenska försöken, vara mer oberoende av föregående jordbearbetning än vad oljerättika är. Trots att de svenska försöken såddes cirka två veckor senare än de tyska, ligger ändå saneringseffekten relativt nära det som uppmättes i de tyska försöken.

En mellangröda behöver enligt tyska undersökningar minst 50 dagar med en genomsnittlig temperatur över 9°C (Lehrke, 2000) för att få en god tillväxt. De försök som såddes den 7 och den 10 augusti 2006 (Isie och Bramstorp) utvecklades särskilt bra. De uppnådde 67 respektive 64 antal dagar över 9°C. Följande år, 2007, såddes de två försöken med 13 dagars mellanrum. Borgeby, såddes den 14 och Åkerslätt den 27 augusti, vilket resulterade i 58 respektive 45 dagar över 9°C. På Borgeby blev utvecklingen betydligt bättre än på Åkerslätt. Ts-halten låg på cirka två ton per hektar på Borgeby, medan den på Åkerslätt endast låg strax över ett ton per hektar.

Sorter av oljerättika och vitsenap delas in i nio olika klasser efter deras förmåga att uppföröka nematoder, P_f/P_i , (Schlang, 2003). Klass 1 omfattar de sorter som har den lägsta uppförökningen, under 0,1. Klass 2 har en uppförökning på mellan 0,1 och 0,3. Det är endast sorter ur klass 1 och 2 som är användbara för nematodsanering (Schlathölter, 2002). Ur fältförsöken i denna serie går det inte att utröna om det är skillnader i saneringseffekt mellan sorter ur resistensklass 1 och 2 när de odlas praktiskt i fält. För oljerättika kan skönjas att Colonel, klass 1, ligger lite lägre än Cassius i saneringseffekt. Skillnaderna kan bero på flera orsaker, bl.a.

sortegenskaper som blomningsförmåga, tidig etableringsförmåga osv. Colonel är en sort som går tidigare i blom än Cassius, vilket var tydligt i försöken. När plantorna går upp i blom avtar den sanerande förmågan. Detta beror på att plantorna inte växer så mycket vegetativt och bildar nya rötter där nematoderna kan angripa. Larverna föredrar unga, nya rötter (pers. medd. S. Manduric). För svenska förhållanden kan det alltså vara av värde att välja sorter med egenskaper som gör att de passar i vårt klimat. En viktig faktor är då att välja en sort som går sent i blom, så att den sanerande tiden blir så lång som möjligt. Andra egenskaper som påverkar vilken mellangröda man ska välja är vilka andra grödor som odlas i växtföljden. Detta har betydelse ur ett sjukdomsperspektiv. Vitsenap är mottaglig för och uppförkar klumprotsjuka, vilket gör den olämplig i växtföljder som innehåller raps (pers. medd. A-C Wallenhammar). Där är oljerättika ett bättre alternativ eftersom den är mer motståndskraftig.

Oljerättika och vitsenap är godkända som fånggrödor i Skåne. Detta innebär att de måste sås före den 20 augusti och att de inte får brukas ner före den 20 oktober. En av förutsättningarna i detta projekt var att införliva odlingen av dessa grödor med fånggrödestödet. Då mellangrödorna inte gödslades kunde därför även deras kväueupptagningsförmåga studeras. Analyserna av N_{min} , vid avslutad tillväxt i oktober, visade att det fanns mer kväve i de översta 30 cm för oljerättika och vitsenap jämfört med kontrollen. I skiktet 30–60 cm fanns det mindre kväve kvar efter oljerättika och vitsenap jämfört med kontrollen.

Mängden ts (kg per hektar) varierade inte så mycket mellan kontrollen, oljerättika och vitsenap. Däremot var mängden ts i rötterna något större för både oljerättika och vitsenap jämfört med kontrollen. En växt som inte får tillräckligt med kväve reagerar med att bilda mer rötter, vilket stämmer överens med dessa resultat. För att en fånggröda ska kunna förhindra kväueurlakning är det viktigt att rotsystemet är djupt och kraftigt, för att kunna tömma jordprofilen. Den måste också ha tillräckligt mycket grönmassa som kan fungera som kväve-sink (Thorup-Kristensen, 2001). Thorup-Kristensen (2001) har vidare visat att det är i de djupare jordlagren (1,0–1,5 m) som de stora skillnaderna mellan olika fånggrödor finns i kväueupptagningsförmåga. Koncentrationen av nitrat-kväve i markvattnet på 1,0–1,5 m djup var utan en fånggröda 119 $\mu\text{g/l}$. Under italienskt rajgräs reducerades det till 61 $\mu\text{g/l}$ och under oljerättika till 1,5 $\mu\text{g/l}$.

Våren efter saneringen med mellangrödorna såddes betor i samtliga försök. Under det första betåret, 2007, blev det oväntat högre skörd för normalsorten Rasta än för NT-sorten Julietta, trots förekomst av nematoder i marken. Den troligaste förklaringen är att det mycket regniga vädret har gjort att betorna klarat att kompensera för de skador som nematoderna orsakat. Följande betår, 2008 och 2009, bjöd på mer normalt väder och skörderesultatet för Julietta blev högre än för Rasta.

Inte på någon av de sex försöksplatserna reducerades antalet nematoder så mycket att en normal betsort kunde odlas året efter. Detta understryker vikten av att ha en långsiktig strategi för att kontrollera antalet nematoder på infekterade fält. En kombination av olika kontrollåtgärder (t.ex. längre växtföljd, upprepad sanering med mellangrödor samt omväxlande odling av betsorter med olika resistens- och toleransmekanismer) som regelbundet följs upp med jordprovtagning, utgör grunden för en uthållig odling med bibehållen skördenivå.

Saneringseffekten kan ytterligare förbättras om grödorna kan etableras efter någon form av jordbearbetning samt en startgiva av kväve.

Referenser

- Gunnarsson, A., Lindén, B., Gertsson, U. 2008. Residual nitrogen effects in organically cultivated beetroot following a harvested/greenmanured grass-clover ley. *J. Plant Nutr.* 31:1355–1381.
- Heinrichs, C. 1998. Zwischenfruchtanbau. *Zuckerrübe* 47:204–205.
- Kessel, R. och Kynast, N. 2003. Zwischenfruchtanbau Baustein der Fruchtfolge. *Zuckerrübe* 4:184–185.
- Kolenbrander, G. J. 1974. Efficiency of organic manure in increasing soil organic matter content. *Transactions, 10th International Congress of Soil Science*, II:129–136.
- Lehrke, U. 2000. Frühe Ernte schafft optimale Voraussetzungen für den Zwischenfruchtanbau. *Zuckerrübe* 49(4):204–207.
- Olsson, R. 2004. Nytt vapen mot nematoder. *Betodlaren* 4:44–47.
- Olsson, Å. 2005. Distribution of the sugar beet cyst nematode (*Heterodera schachtii*) in a highly infested field in the south of Sweden. 68th Congress of the IIRB, 20–23 June. Maastricht, Netherlands.
- Schlang, J. 2003. Vertrauen ist gut... Wer überprüft die nematodenreduzierende Wirkung der Zwischenfrucht-saat? *Die Zuckerrüben Zeitung* 4:16.
- Schlathölter, M. 2002. Zwischenfrüchte gezielt einzetsen. Grünbrache zur Nematodenbekämpfung nutzen. *Die Zuckerrüben Zeitung* 1:10.
- Thorup-Kristensen, K. 2001. Are differences in root growth of nitrogen catch crops important for their ability to reduce soil nitrate-N content, and how can this be measured? *Plant and soil* 230:185–195.
- Kristensen, H. L. och K. Thorup-Kristensen. 2004. Root growth and nitrat uptake of three different catch crops in deep soil layers. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 68:529–537.
- Windt, A. and H-J Koch. 1998. Nematodenresistente Zwischenfrüchte, Anbau unter Berücksichtigung der Bodentemperatur. *Zuckerrübe* 47(5):278–279.

APPENDIX

A1. Mall för provtagning av N_{\min} i jorden i oktober. Led med samma färg slogs samman till en analys.

Mall för provtagning av N-min

IV	1	6	9	7	8	4	5	3	10	2	Led 1 och 6 Kontroll 2 o 3, 7 o 8 Oljerättika 4 o 5, 9 o 10 Vitsenap
III	8	3	6	4	5	1	2	10	7	9	
II	10	1	4	2	3	9	6	8	5	7	
I	9	4	7	5	6	2	3	1	8	10	

A2. P_i -värden (ä o l/g jord) innan sanering i försöket i Isie 2006

IV	1	6	9	7	8	4	5	3	10	2	Led
	0	6	7,8	12,4	6,5	8,2	12,9	20,2	21,8	10,8	Pi
III	8	3	6	4	5	1	2	10	7	9	Led
	0	7,4	2,6	2,1	3,1	0,9	1,8	1,8	4,4	8,1	Pi
II	10	1	4	2	3	9	6	8	5	7	Led
	0	0,5	1	1,4	3,2	2,3	0,8	0,9	2,4	5,6	Pi
I	9	4	7	5	6	2	3	1	8	10	Led
	0,4	0,8	1,0	1,7	0,7	0,7	1,2	0,6	1,4	0,9	Pi

A3. P_i -värden (ä o l/g jord) innan sanering i försöket på Bramstorp 2006

IV	7	6	2	3	4	8	1	5	9	10	Led
	11,5	8,8	0,8	0,3	0	0	0	0,1	0,3	0	Pi
III	4	3	9	10	1	5	8	2	6	7	Led
	7,7	17	0,4	0	0,4	0	0,4	0	0,4	0,007	Pi
II	2	1	7	8	9	3	6	10	4	5	Led
	17,8	12,7	0,04	0	0,7	0,03	0	0	0	0	Pi
I	5	4	10	1	2	6	9	3	7	8	Led
	15,6	9	0	0	0	0	0	0	0	0	Pi

A4. P_i-värden (ä o l/g jord) innan sanering i försöket på Åkerslätt 2008

IV	3	3,4	2,4	4,9	3	3,6	5,7	2,3	0,03	0,6
III	3,4	3,1	2,2	3,9	3	3,1	2,9	2,2	0,6	2
II	1,4	3,9	1,1	3,5	2,8	2	3,8	0,8	1,1	0,2
I	2,1	4,7	3,1	3,7	3,8	1,2	4,3	1,1	0,2	3,2

A5. P_i-värden (ä o l/g jord) innan sanering i försöket på Borgeby 2008

IV	5	1,8	1,3	1,9	2,8
IV	8,9	5,1	2,4	1,8	1,5
III	5,8	8,6	4,3	4,4	4,5
III	16,8	14,7	18,6	6,4	7,1
II	22,4	34,9	6,2	6,4	5,1
II	8	5,9	4,7	3,3	7,5
I	10,1	6,8	6,8	7,1	15,8
I	14,5	16,9	3,8	12,6	13,3

A6. P_i-värden (ä o l/g jord) innan sanering i försöket på Bramstorp 2008

IV	8,4	7,5	9,7	9,9	6,5	7,7	4,6	6,7	4,2	7,4
III	11,4	9,1	12,4	12,1	10,7	12,6	3,9	3,7	4,7	5,6
II	16,6	8,8	12,8	12,6	11,2	9,7	8,3	7,0	10,7	9,9
I	12,8	13,3	10,8	14,2	13,3	19,0	10,0	8,3	6,5	9,3

A7. P_i-värden (ä o l/g jord) innan sanering i försöket på Södergård 2008

IV	3,2	11,1	4,6	5,7	12,3	12,9	9,4	3,2	6,6	4
III	8,7	15,2	7,7	6,6	9,4	13	3,4	1	16	6
II	8,5	7,3	9,1	3,6	3,9	2,8	4,4	6,7	4	4
I	9,7	9,5	4,1	4,2	5,1	3,4	3,3	2,2	9,2	6