

**Kontroll av betcystnematoden
Heterodera schachtii Schmidt
i sockerbetor**

2001-11-12

SBU Sockernäringsens BetodlingsUtveckling AB är ett kunskapsföretag som bedriver försöks- och odlingsutveckling i sockerbetor för svensk sockernäring.

SBU ägs till lika delar av Danisco Sugar och Betodlarna.

Kontaktpersoner:

Åsa Olsson, tel. 0709-53 72 62, e-post: sbuaon@danisco.com
Robert Olsson, tel. 0709-53 72 60, e-post: sburon@danisco.com
SBU AB, Borgeby Slottsväg 11, 237 91 Bjärred

Kontroll av betcystnematoden *Heterodera schachtii* Schmidt i sockerbetor

Åsa Olsson, Robert Olsson
SBU AB, Borgeby Slottsväg 11, 237 91 Bjärred

Inledning

De senaste årens varma somrar har medfört att betcystnematoden (*Heterodera schachtii* Schmidt) har blivit en allt vanligare skadegörare på sockerbetor i många länder i Europa. I Holland räknar man med att ungefär hälften av hela sockerbetsarealen är infekterad med nematoder eller *Rhizomania* (Heijbroek et al. 1998). Betcystnematoden är framförallt ett problem i områden där man odlar sockerbetor intensivt med alltför korta växtföljder.

Då det inte har funnits något kemiskt preparat som varit registrerat för användning mot nematoder i sockerbetor har bekämpningsåtgärderna i Sverige varit inriktade på att förlänga växtföljderna samt att odla nematodsanerande grödor. Sedan år 2000 finns det också en nematodresistent betsort (Nemakill) att tillgå. I Tyskland har man under flera år odlat nematodsanerande grödor som framförallt mellangrödor efter spannmål. I Sverige är detta knappast möjligt pga vår kortare odlingsäsong.

Syftet med denna litteraturstudie är att sammanställa den kunskap som finns runt nematoder och nematodbekämpning i sockerbetor i Sverige och andra länder med tyngdpunkten lagd på användning av nematodsanerande grödor.

Biologi

Betcystnematodens livscykel

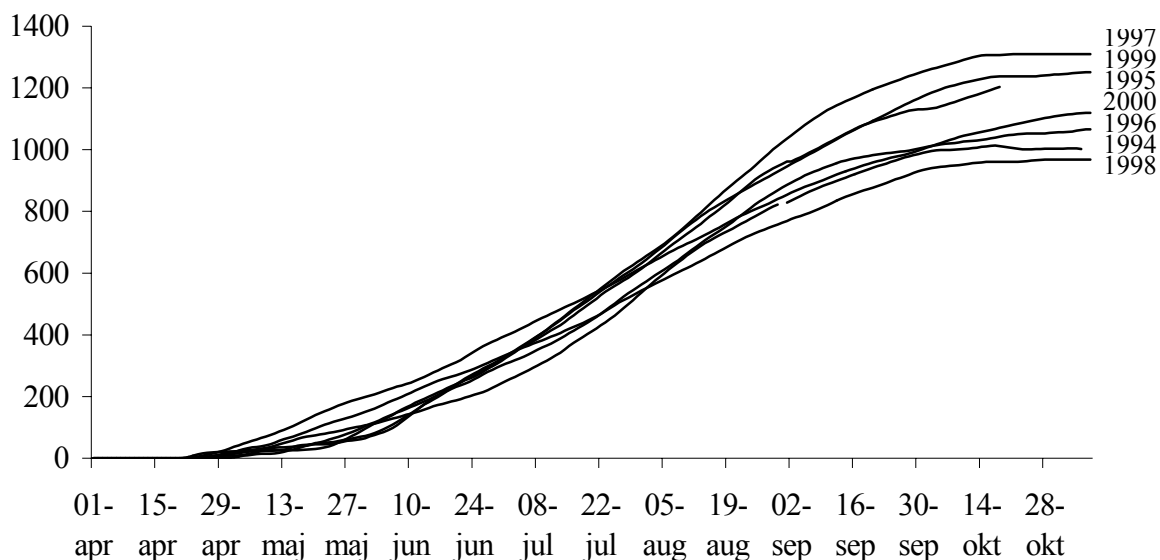
Betcystnematoden har troligen sitt ursprung i medelhavsområdet (pers. inf. S. Andersson) och har därifrån spritt sig till alla delar av världen där sockerbetor odlas (Agrios 1988). Spridningen sker framförallt med jord som transporteras med maskiner och redskap men även vinderosion kan bidra till spridningen.

Cystnematoderna (Familjen Heteroderidae) dit betcystnematoden hör, har alla samma typ av livscykel. Cystnematoderna övervintrar som cystor i jorden. Varje cysta innehåller ett stort antal ägg och då betingelserna är gynnsamma kläcks äggen och larver kommer ut i jorden. Larverna genomgår fyra larvstadier innan fullt utvecklade honor och hanar har bildats. Larvstadie I och II sker inne i ägget i cystan, stadie III och IV sker efter att larven borrar sig fast i en rot. Det är alltså det andra stadiets larver som är frilevande och som har förmåga att infektera nya rötter. Efter parningen utvecklas honan till en cysta där äggen förvaras (Agrios 1988). Utanför cystan finns också en äggsäck som innehåller ett mindre antal ägg (högst 10%). Dessa ägg kläcks snabbare än äggen i cystan. Själva cystan kan innehålla flera hundra ägg och förmår överleva i jorden i flera år.

Från cystorna sker det varje år en spontan kläckning som kan uppgå till mellan 40 – 60% av äggen i cystan (Jakobsen och Hansen 2000). I närvaro av värdväxt stimuleras äggen i cystorna att kläckas och denna sk värdstimulerade kläckning kan uppgå till 70% (Andersson

1985, Landquist och Andersson 1997). Larverna kan inte överleva någon längre period i jorden utan måste relativt snabbt hitta en värdväxt. Då larverna kan känna igen rotexudat från värdväxterna sker en aktiv förflyttning i jorden. För denna förflyttning är larverna beroende av en tunn vattenfilm mellan jordpartiklarna (Thomas 1997). Larverna borrar sig in i roten där de livnär sig på cellvävnad. Redan två dagar efter infektionen kan man se att angripna celler förstoras och sk syncytier bildas (grupper av förstora celler). Efter ytterligare några dagar har larverna genomgått larvstadium III och IV och utvecklats till honor och hanar. Strax efter midsommar kan man på värdväxtens rötter se de första honorna som knappålsstora vita prickar. Efterhand dör honorna och omvandlas till ljusbruna döda cystor. Cystorna är citronformade, 0,6 – 0,8 mm långa och 0,4 – 0,5 mm breda.

Nematodernas utveckling är starkt beroende av väderlek och temperatur. Vid temperaturer under 8°C sker ingen tillväxt. För en komplett utvecklingscykel krävs en värmsomma på 465°C (Windt och Koch 1998). Värmsomman beräknas enligt: genomsnittlig marktemperatur på tio cm djup minus 8°C. I figur 1 visas ackumulerade värmsommor mellan 1 april och 7 november under åren 1994 – 2000 från Ädelholm, Staffanstorp. I Sverige har betcystnematoden normalt två fullständiga generationer/år (figur 1) och varje generation tar ca 4 – 8 veckor (Blumenberg och Uphoff 1996). Betcystnematodens första generation är vanligen fullbordad under de två sista veckorna i juli. Beroende på årsmån, kan tidpunkten för den andra generationens fullbordning variera betydligt mer. Det förefaller dock som om det huvudsakligen sker någon gång i september i Sverige (figur 1). Vissa år kan även en partiell tredje generation uppträda. Den tredje generationen hinner sällan utvecklas så mycket att larver och cystor klarar att övervintra.



Figur 1. Figuren visar ackumulerade värmsommor i marken på tio cm djup för åren 1994 – 2000. Den genomsnittliga marktemperaturen för perioden 1 april – 7 november har erhållits från Ädelholms klimatstation, Staffanstorp.

Symptom

De första skadorna på sockerbetsplantan uppträder redan tidigt på säsongen och så snart näringen i fröet är förbrukad (pers. inf. S. Andersson). Plantorna är i regel små, har gulaktiga blad och förmår inte konkurrera med ogräsen (Bild A). Trots en hög markfuktighet lider plantorna av torka och man ser att de slokar med bladen (Bild B). Rötterna får också ett karakteristiskt utseende. Huvudroten tillbakabildas och det bildas istället en mängd smårötter (Bild C). På dessa kan man med blotta ögat se de knappålsstora vita honorna som sedermera övergår till ljusbruna cystor (Bild D).



Bild A. Betfält infekterat med nematoder. Plantorna är små vilket lett till en riklig förekomst av ogräs. Bilden är tagen sista veckan i september.



Bild B. Trots en hög markfuktighet lider plantorna av torka.



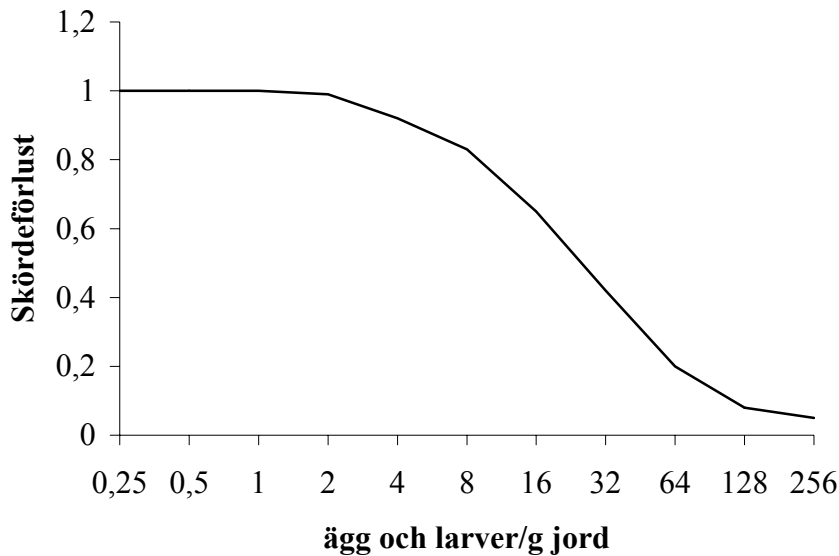
Bild C. Infekterade betor är små och får ett "skäggigt" utseende. Till vänster visas två infekterade betor, till höger en frisk beta.



Bild D. På smårötterna kan man med blotta ögat se de vita honorna (syns som små vita prickar).

Skördeförluster

Betcystnematoden orsakar inte bara skördeförluster utan medför också praktiska problem vid skörden. Den kraftiga sidorotsbildningen gör att mycket jord hänger kvar vid betan. Angreppen leder också till att betans motståndskraft mot andra sjukdomar, t ex mjöldagg och *Ramularia*, minskar. Utifrån fältförsök i Italien har man beräknat att vid en förekomst av 64 ägg och larver/g jord kan man räkna med en skördeförlust på ca 80% (figur 2) (Greco et al. 1982). Samma undersökning visade också att sockerbetans toleransgräns för betcystnematoden ligger på 1,8 ägg och larver/g jord.



Figur 2. Figuren visar resultat från ett försök där skördeföruster har uppskattats vid olika koncentrationer av ägg och larver/g jord (Källa: Greco et al. 1982).

I Sverige har man under de senaste åren (1998 – 2000) testat nematodresistenta sorter i praktiska sortförsök (Persson 1998, Andersson 1999, 2000). Resultaten har sammanställts i tabell 1A, B, C. I samtliga försök användes den normala betsorten Loke som mätarsort. Vid nematodförekomst < 4 ägg och larver/g jord var sockerskörden för nematodresistenta sorter 1 – 2 ton/ha högre än för normala sorter. Vid relativt höga nematodförekomst ($P_i = 7 - 15$ ägg och larver/g jord) var sockerskörden 1 – 3 ton/ha högre för nematodresistenta sorter jämfört med normala sorter. Det fanns inga tydliga skillnader i sockerhalt mellan normala och nematodresistenta sorter på platser med nematodförekomst.

Även i Danmark har man under perioden 1998 – 2000 provat normala och nematodresistenta sorter på platser med och utan nematodförekomst (Nyholm Thomsen 1998, 1999, 2000). Resultaten har sammanställts i tabell 2A, B, C. På platser utan nematoder ligger sockerskörden på ca 10 – 13 ton/ha för samtliga sorter. Med ökande nematodförekomst sjunker sedan sockerskörden snabbt till ca 5 – 7 ton/ha för normala sorter och ca 7 – 9 ton/ha för nematodresistenta sorter. Vid nematodangrepp mellan 10 – 30 ägg och larver/g jord kan alltså skördeförusterna vid odling av en normal betsort uppgå till så mycket som 50%. Även sockerhalten påverkades och var för samtliga sorter (normala och nematodresistenta) 0,5 – 1% lägre vid måttliga och höga nematodförekomst jämfört med utan nematodförekomst.

Tabell 1. I tabellen visas skörderesultat från praktiska sortförsök utförda i Sverige, A. 1998, B. 1999, C. 2000. Nematodförekomsten före sådd samt vid skörd redovisas för var och en av försöksplatserna. Skörderesultaten redovisas även som medelvärde över försöken (Källa: Persson 1998, Andersson 1999, 2000).

A.

Plats/led/sort	Ägg + larver/g jord			Pf/Pi	Rotskörd ton/ha	Sockerskörd ton/ha	Sockershalt %	Blåtal mg/100 g	K + Na mekv/100 g
	Höst/vår	Sommar	Höst						
Loke* (genomsnitt över sex försök)					43,1	6,8	17,2	10	3,8
Vellinge 2	13,2	-	81,0	6,14	35,9	5,3	16,6	13	4,0
Borrby	12,3	-	46,5	3,78	33,5	5,4	17,6	8	3,6
Skegrie	8,8	-	62,5	7,11	44,0	6,2	16,0	14	4,2
Vellinge 3	8,0	-	-	-	56,1	9,1	17,7	9	3,6
Höllviken	6,7	-	9,1	1,36	49,8	8,4	18,5	7	3,6
Vellinge 1	3,6	-	6,9	1,92	39,4	6,1	17,1	8	3,5
Marix (genomsnitt över sex försök)					42,8	6,5	16,8	9	4,1
Vellinge 2	13,2	-	56,5	4,28	38,8	5,7	16,5	13	4,4
Borrby	12,3	-	17,5	1,42	29,8	4,5	16,9	7	4,2
Skegrie	8,8	-	37,0	4,16	42,0	5,9	15,8	12	4,1
Vellinge 3	8,0	-	-	-	57,2	8,9	17,2	9	3,8
Höllviken	6,7	-	10,0	1,49	48,7	7,8	17,7	8	4,2
Vellinge 1	3,6	-	49,0	13,61	40,2	5,9	16,5	9	3,8
Nemakill (genomsnitt över sex försök)					49,7	7,4	16,7	12	4,3
Vellinge 2	13,2	-	12,0	0,91	47,5	6,8	16,3	18	4,7
Borrby	12,3	-	1,2	0,1	39,4	5,9	16,7	8	4,5
Skegrie	8,8	-	4,1	0,46	58,5	8,4	16,3	18	4,3
Vellinge 3	8,0	-	-	-	53,9	8,2	16,9	11	4,2
Höllviken	6,7	-	0,2	0,03	50,2	8,0	17,6	8	4,3
Vellinge 1	3,6	-	2,2	0,61	48,7	7,2	16,5	10	3,9

Mätarsort, ej nematodresistent.

B.

Plats/led/sort	Ägg + larver/g jord			Pf/Pi	Rotskörd ton/ha	Sockerkörd ton/ha	Sockerhalt %	Blåtal mg/100 g	K + Na mekv/100 g
	Höst/vår	Sommar	Höst						
Løke* (genomsnitt över sex försök)					29,9	4,4	16,3	8	3,7
Vintrie	15,0	-	27,0	1,8	33,3	4,9	16,4	6	4,1
Maglarp 1	10,0	-	36,0	3,6	27,7	4,2	16,8	7	3,7
Räng	9,0	-	5,9	0,65	28,8	4,1	15,8	9	3,2
Maglarp 2	1,1	-	15,0	13,6	-	-	-	-	-
KWS 8161 (genomsnitt över sex försök)					46,0	7,0	16,9	10	4,2
Vintrie	15,0	-	6,9	0,46	51,4	8,1	17,5	8	4,3
Maglarp 1	10,0	-	1,8	6,25	46,0	7,1	17,2	10	4,2
Räng	9,0	-	0,6	0,07	40,5	5,7	15,9	13	4,1
Maglarp 2	1,1	-	0,4	1,64	-	-	-	-	-
Nemakill (genomsnitt över sex försök)					44,1	6,7	17,0	14	4,3
Vintrie	15,0	-	2,7	0,18	52,6	8,1	17,3	10	4,5
Maglarp 1	10,0	-	7,3	0,73	43,0	6,7	17,4	14	4,2
Räng	9,0	-	0,01	0,001	36,6	5,4	16,4	17	4,2
Maglarp 2	1,1	-	0,9	0,82	-	-	-	-	-

Mätarsort, ej nematodresistent. KWS 8161 = Agneta.

C.

Plats/led/sort	Ägg + larver/g jord			Pf/Pi	Rotskörd ton/ha	Sockerkörd ton/ha	Sockerhalt %	Blåtal mg/100 g	K + Na mekv/100 g
	Höst/vår	Sommar	Höst						
Løke* (genomsnitt över tre försök)					46,5	6,82	16,2	10	3,54
Tommarp	4,0	-	22,0	5,5	53,0	7,75	16,05	8	3,45
Räng	7,0	-	43,0	6,1	37,7	5,59	16,32	10	3,36
Maglarp	8,0	-	73,0	9,1	48,9	7,12	16,23	13	3,83
Nemakill (genomsnitt över tre försök)					60,0	8,56	16,0	14	3,87
Tommarp	4,0	-	0,8	0,2	62,2	8,88	15,98	11	3,85
Räng	7,0	-	5,7	0,8	56,0	8,11	16,09	13	3,5
Maglarp	8,0	-	10,0	1,25	61,7	8,68	15,92	18	4,26
Agneta (genomsnitt över tre försök)					62,7	9,05	16,14	13	3,91
Tommarp	4,0	-	1,9	0,5	67,9	9,89	16,25	11	3,87
Räng	7,0	-	6,1	0,9	56,4	8,22	16,20	12	3,57
Maglarp	8,0	-	3,0	0,4	63,9	9,03	15,96	16	4,31

* Mätarsort, ej nematodresistent. Agneta = KWS 8161.

Tabell 2. I tabellen visas skörderesultat från sortförsök utförda i Danmark, A. 1998, B. 1999, C. 2000. Även nematodförekomst före sådd och vid skörd visas (Källa: Nyholm Thomsen 1998, 1999, 2000)

A.

Plats/led/sort	Ägg + larver/g jord			Pf/Pi	Rotskörd ton/ha	Sockerskörd ton/ha	Sockershalt %	Blåtal mg/100 g	K + Na mekv/100 g
	Höst/vår	Sommar	Höst						
Utan nematodangrepp (två försök)									
Marathon*	-	-	-	-	63,1	9,9	17,9	-	-
Freja*	-	-	-	-	63,4	10,1	18,0	-	-
Marix	-	-	-	-	56,7	9,7	17,1	-	-
DS 8008	-	-	-	-	59,7	10,2	17,1	-	-
Anema	-	-	-	-	64,6	11,1	18,0	-	-
Nematop	-	-	-	-	59,5	10,2	17,0	-	-
Med nematodangrepp (två försök)									
Marathon*	16,0	-	9,6	0,6	35,1	5,8	16,4	-	-
Freja*	24,8	-	26,9	1,08	37,6	6,2	16,5	-	-
Marix	19,2	-	10,6	0,55	35,8	6,0	16,7	-	-
DS 8008	17,0	-	11,7	0,69	45,1	7,6	16,9	-	-
Anema	12,5	-	6,7	0,54	47,1	7,8	16,7	-	-
Nematop	29,2	-	8,4	0,29	41,5	7,0	16,8	-	-

* Mätarsorter, mottagliga

B.

Plats/led/sort	Ägg + larver/g jord			Pf/Pi	Rotskörd ton/ha	Sockerskörd ton/ha	Sockershalt %	Blåtal mg/100 g	K + Na mekv/100 g
	Höst/vår	Sommar	Höst						
Utan nematodangrepp (två försök)									
Marathon*	-	-	-	-	76,1	13,1	17,2	-	-
Freja*	-	-	-	-	74,0	12,6	17,1	-	-
Marix	-	-	-	-	65,6	11,0	16,7	-	-
DS 8008	-	-	-	-	63,3	10,5	16,6	-	-
KWS 8161	-	-	-	-	74,2	12,1	16,3	-	-
Nemakill	-	-	-	-	71,8	11,7	16,3	-	-
Med nematodangrepp (två försök)									
Marathon*	9,1	-	11,1	1,22	44,4	6,94	15,6	-	-
Freja*	7,4	-	16,6	2,25	47,2	7,40	15,7	-	-
Marix	13,4	-	11,1	0,82	44,8	7,14	15,9	-	-
DS 8008	15,4	-	2,2	0,14	41,5	6,58	15,8	-	-
KWS 8161	16,7	-	7,3	0,44	53,4	8,30	15,6	-	-
Nemakill	7,3	-	2,8	0,38	51,4	8,16	15,9	-	-

* Mätarsorter, ej nematodresistenta. KWS 8161 = Agneta.

C.

Plats/led/sort	Ägg + larver/g jord			Pf/Pi	Rotskörd ton/ha	Sockerkörd ton/ha	Sockerhalt %	Blåtal mg/100 g	K + Na mekv/100 g
	Höst/vår	Sommar	Höst						
Utan nematodangrepp (två försök)									
Marathon*	-	-	-	-	72,6	12,7	17,5	-	-
Idun*	-	-	-	-	71,2	12,7	17,8	-	-
Delphi	-	-	-	-	67,7	11,1	16,4	-	-
Agneta	-	-	-	-	73,8	12,3	16,6	-	-
Nemakill	-	-	-	-	68,1	11,1	16,2	-	-
Med nematodangrepp (fyra försök)									
Marathon*	>10	-	-	-	51,6	8,3	16,1	-	-
Idun*	>10	-	-	-	51,3	8,4	16,5	-	-
Delphi	>10	-	-	-	57,9	9,4	16,3	-	-
Agneta	>10	-	-	-	62,0	10,0	16,1	-	-
Nemakill	>10	-	-	-	58,4	9,33	16,0	-	-

* Mätarsorter, ej nematodresistent. Agneta = KWS 8161.

Värdväxter och växtföljder

Betcystnematoden har en mycket vid värdkrets och angriper många arter från flera olika familjer. Huvudsakligen angrips dock medlemmar av familjerna Brassicaceae och Chenopodiaceae. Förutom sockerbetor är också raps (speciellt höstraps), kål, rova, rädisa och spenat värdväxter för betcystnematoden. Icke-värdväxter är spannmål, potatis, sallad och solros (Bettini 1998). Ett flertal ogräsarter är värdväxter för betcystnematoden, bl a grön amarant (*Amaranthus hybridus*), åkerbinda (*Fallopia convolvulus*), åkerpilört (*Persicaria maculosa*), svinmålla (*Chenopodium album*) samt nattskatta (*Solanum nigrum*) (Bettini 1998).

I jämförelse med övriga europeiska länder innehåller svenska växtföljder en relativt stor andel värdväxter. Den vanligaste växtföljden i Jordbergadistriktet var under åren 1960 – 1995 korn följt av höstraps, höstvetete och sockerbetor, en växtföljd med hög andel värdväxter. I Karpalundsdistriktet dominerade under samma period en fyraårig växtföljd utan raps. I Köpingsbro hade man oftast en treårig växtföljd utan raps.

Det är svårt att ge några generella råd om hur stor andel värdväxter man kan tillåta i en växtföljd utan att betorna tar skada. Förekomsten av nematoder i olika jordar påverkas av ett flertal olika faktorer, bl a lokalklimat och årsmån. Även förekomsten av nematodparasiterande svampar är av stor betydelse (Andersson och Landquist 1997). Det har därför visat sig vara svårt att påvisa något tydligt samband mellan växtföljd och nematodförekomst (Andersson och Månsson 1985, 1987).

Utbredning i sydsverige

Utbredningen av nematoder i Skåne har inventerats vid fyra olika tillfällen: 1981, 1986, 1996 (sydvästra Skåne) samt 1997 (östra Skåne). Den vanligaste nematoden är den "vita" betcystnematoden *Heterodera schachtii* Schmidt, men man har även funnit den gula betcystnematoden *H. trifolii*. Båda arterna har samma krav på värdväxter, men den gula betcystnematoden förekommer mera sparsamt i Skåne och förefaller trivas bäst på lättare jordar (pers. inf. S. Andersson).

Heterodera schachtii förekommer i huvudsak längs den skånska kusten, från Landskrona söderut och utmed sydkusten. Den finns även i Kristianstadstrakten samt på Öland och Gotland (Andersson och Månsson 1985). Vid inventeringen 1981 gjorde man även jordartsbestämningar och man fann att betcystnematoden inte är starkt knuten till någon speciell jordtyp (provtagningsförfarandet bestod dock av sammanslagningar av prov från stora fält). Rikligast förekomst av nematoder fann man i Jordberga- och Karpalundsdistrikten följt av Köpingsbro- och Örtoftadistriktet. I Jordbergadistriktet är jordarna till övervägande del leror och lättleror (>80% av jordarna) medan Karpalundsdistriktet har lerfria eller svagt leriga jordar.

Nematodparasiterande svampar

På många jordar med förekomst av betcystnematoder har man märkt att det trots närvaro av värdväxter inte sker någon uppförökning av betcystnematoden (Westphal och Becker 1999). Dessa jordar har en naturlig motståndskraft där ett flertal nematodparasiterande svampar troligen spelar en viktig roll (Crump and Kerry 1987, Andersson 1988, Westphal och Becker 2000, 2001). Från jordar med motståndskraft har man isolerat och identifierat ett flertal svampar som parasiterar på cystor, ägg och honor. Westphal och Becker (2001) fann att de vanligaste isolerade svamparna i en motståndskraftig jord i Californien var *Fusarium oxysporum* Schlect och *Dactylella oviparasitica* Stirling & Mankau. Även *Paecilomyces lilacinus*

(Thom) Samson förekom. Dessa svampar angriper i huvudsak äggen i cystorna. Honorna i samma jord visade sig vara nästan helt fria från svampangrepp. Svampar som parasiterar på honor är t ex *Cylindrocarpon destructans* (Zins.) Scholten, *Nematophthora gynophila* Kerry & Crump och *Catenaria auxiliaris* (Kühn) Tribe (Kerry 1987). Det är inte helt klargjort om det är den parasiterande organismen i sig som reducerar nematodförekomsten. Det är också möjligt att svamparna producerar toxiska substanser (Westphal och Becker 2001).

Genom att tillföra extrakt av olika organiska material (t ex dagmaskkompost, algextrakt, barkmull av tall, griségödsel) till ägg av betcystnematoden har man funnit att äggens känslighet för infektion av *Verticillium chlamydosporium* Goddard ökade (Pandey och Sikora 2000). Troligen inverkar sekundära metaboliter (bl a chitin) på äggens hölje som delvis försvagas och mottagligheten för svampens hyfer ökar (många växter producerar sekundära metaboliter dvs ämnen som inte behövs för växtens eget behov. Många sekundära metaboliter kan dock ha en viktig roll i växtens försvar mot olika parasiter).

Att kunna överföra motståndskraften mellan olika jordar kan vara ett effektivt sätt att på biologisk väg kontrollera nematodförekomsten. Undersökningar har också visat att det är möjligt att etablera motståndskraft genom att överföra så lite som 1% jord (Westphal och Becker 2000). En steriliserad jord kunde då på en odlings säsong etablera samma motståndskraft som i den ursprungliga jorden. Inblandning av 10% jord medförde att motståndskraften överfördes snabbare. Westphal och Becker (2001) visade också med hjälp av försök i odlingskammare att det är möjligt att överföra motståndskraft enbart med hjälp av cystor som har utvecklats i en motståndskraftig jord.

Hur länge den introducerade motståndskraften kvarstår i en jord är ännu inte fullständigt utrett. Inledande försök har dock visat att jordarna tenderar att återgå till sin normala sammansättning av mikroorganismer redan efter en kort tid (pers. inf. S. Andersson). För att kunna utnyttja dessa svampars antagonistiska verkan för nematodkontroll i sockerbetsodlingar krävs ännu mycket kunskap om svamparnas ekologi och interaktion med betcystnematoden.

Grödor med nematodsanerande egenskaper

Det är framförallt resistent sorter av oljerättika (*Raphanus sativus* var. *oleiformis*) och vitsenap (*Sinapis alba*) som har visat sig ha sanerande verkan på betcystnematoden. I Tyskland pratar man om tre olika resistensklasser för oljerättika och vitsenap. Sorter som tillhör resistensklass 1 reducerar antalet nematoder med >90%, resistensklass 2 med 70 – 90% samt resistensklass 3 med 50 – 70% (Müller 1991). Siffrorna har tagits fram utifrån försök i växthus och kan inte direkt relateras till fältförhållanden. I fält räknar man med att oljerättika under ett år kan minska nematodpopulationen med ca 70%. Med vitsenap är minskningen något lägre. I tabell 3 visas ett urval av tyska sorter av oljerättika och vitsenap med resistensklass 1 och 2.

Odling av en nematodsanerande gröda har även andra fördelar utöver nematodkontroll. Framförallt oljerättika har djupgående rötter och har därmed en positiv inverkan på markstrukturen. Även den biologiska aktiviteten i marken ökar vilket kan bidra till att andra skadegörare på t ex spannmål minskar. Odling av nematodsanerande gröda som täckgröda kan också förhindra näringsläckage.

En nackdel med oljerättika och vitsenap är att de (i likhet många andra medlemmar av familjen Brassicaceae) är mottagliga för klumprotsjuka. I en växtföljd där raps redan förekommer kan det därför vara olämpligt att odla oljerättika och vitsenap.

Bovete (*Fagopyrum esculentum*) har också visat sig ha en viss sanerande effekt på bet-cystnematoden. Effekten är dock mindre än för oljerättika. En nackdel med bovete är att den tycks påverkas mycket av väder- och jordförhållanden vilket i vissa fall kan ge en dålig tillväxt och därmed en sämre sanerande effekt. Om bovete ska vara intressant som nematodsanerande gröda krävs att sorter som är mer välanpassade förädlas fram (Heijbroek et al. 1998).

Tabell 3. Tyska sorter av oljerättika och senap tillhörande resistensklass 1 och 2
Källa: Lehrke 2000)

Sort	Resistensklass	Sort	Resistensklass
Oljerättika		Senap	
Adagio	2	Achilles	1
Colonel	1	Admiral	2
Commodore	-	Concerta	2
Dacapo	2	Maxi	2
Diabolo	2	Oscar	2
Final	1	Salvo	2
Radical	2	Samba	2
Regresso	2	Santa Fe	2
Remonta	2	Silvester	2
Renova	2	Sirola	2
Rimbo	2	Torpedo	2
Trick	2	Ultra	2

Sanerande gröda som mellangröda

I Tyskland har man under flera år provat att odla nematodsanerande grödor som mellangrödor efter spannmål (Müller 1991). För att få en så god effekt av den biologiska nematodkontrollen som möjligt måste huvudgrödan röjas undan snabbt så att det finns tid för den sanerande grödan att etablera sig. Som undre gräns för lyckad tillväxt måste den nematodsanerande grödan ha 50 dagar med en genomsnittlig temperatur över 9°C (Lehrke 2000). Detta innebär att den måste sås i slutet av juli eller i början av augusti för att ett kraftigt rotsystem ska hinna utvecklas.

Jordbearbetningen efter huvudgrödan har stor betydelse för effekten av den sanerande grödan (Heinrichs 1998, Windt och Koch 1998). Samtliga sorter av oljerättika har djupgående rötter vilket ställer höga krav på djup såbädd. Vitsenap har betydligt grundare rotsystem. I ett fältförsök i Tyskland 1997 provade man tre olika bearbetningsdjup inför sådden av fyra sorter av oljerättika (Colonel, Final, Regresso och Arena) och två sorter av vitsenap (Silvester och Sirola) efter vinterkorn (Heinrichs 1998). I den första varianten bearbetades jorden till ett djup av 30 cm, därefter skedde sådden 28/7. I den andra varianten bearbetades jorden till ett djup av 15 cm. Även här sådde man 28/7. I den tredje varianten bearbetades jorden till ett djup av 30

cm men sådden skedde inte förrän 15/8. Resultaten visade att Colonel och Final (båda tillhörande resistensklass 1) reducerade nematodpopulationen med 81% ($Pf/Pi = 0,19$ där Pf = den slutliga mängden nematoder och Pi = den initiala mängden nematoder) i den djupt bearbetade jorden (variant 1). Vid den grundare bearbetningen (variant 2) försvann en del av oljerättikans effekt och nematodpopulationen reducerades med 61% ($Pf/Pi = 0,39$). Effekten av senap var generellt sämre än för oljerättika (Silvester $Pf/Pi = 0,49$ och Sirola $Pf/Pi = 0,45$) och bearbetningsdjupet har inte haft någon effekt på reduceringsförmågan. Försöket visade att för att få en lyckad sanering av oljerättika och vitsenap vid sådd som mellangröda måste följande förutsättningar vara uppfyllda: djup såbädd, tidig sådd och tätt plantbestånd (minst 160 plantor/m²) av en gröda tillhörande resistensklass 1 (Heinrichs 1998).

I Sverige har försök gjorts med oljerättika som mellangröda (Andersson 1985). Försöket visade att för att få en god sanerande effekt bör oljerättikan sås i mitten eller slutet av juli. Vid sådd i augusti utvecklas oljerättikan dåligt och man får ingen sanerande effekt.

Sanerande gröda som grönträda

Flera försök har visat att vårsådd av oljerättika och vitsenap kan ge en mycket bra sanerande effekt. I försök utförda 1995 – 1997 av de italienska betodlarnas centralorganisation (Italian National Beetgrowers Association) såddes oljerättika och senap i mitten av april. Resultaten visade att saneringseffekten i juni blev 66,6% för oljerättika och 59,2% för vitsenap (Bettini 1998).

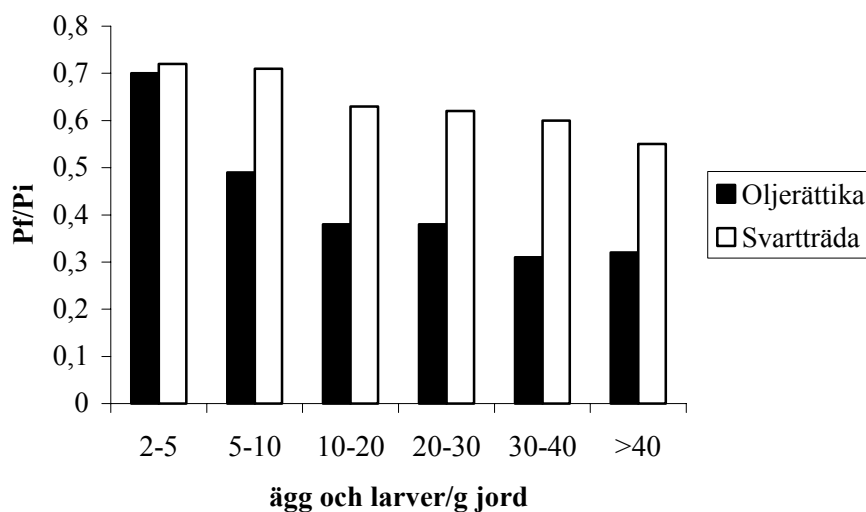
I Sverige har man undersökt vilken betydelse så- och nedbrukningstidpunkt har för den nematodsanerande effekten av oljerättika (Nemex) och vitsenap (Emergo) vid odling som grönträda (Andersson 1988). De två nematodsanerande grödorna jämfördes med svartträda. Försöket med olika såtidpunkter (sådd 6 – 7/5, 25/5, 15/6) lades ut på två platser med respektive sockerbetor (Vellinge) och höstvet (Gislöv) som förfrukter. Den initiala nematodförekomsten var i Gislövsförsöket <20 ägg och larver/g jord och saneringseffekten låg på mellan 65 – 72% i alla tre försöksleden (inga signifikanta skillnader mellan vare sig såtidpunkter eller grödor). I Vellingeförsöket var den initiala nematodförekomsten $Pi = 25 – 75$ ägg och larver/g jord. Saneringseffekten i ledet med träda låg på 59% vilket skall jämföras med i genomsnitt 87% för de nematodsanerande grödorna ($p < 0,01$). Det fanns inga signifikanta skillnader mellan såtidpunkterna. En svag tendens till en bättre sanerande effekt vid den senaste såtidpunkten kunde dock urskiljas. Hur nedbrukningstidpunkten (tidig, medeltidig och sen nedbrukning) påverkar den sanerande effekten undersöktes i fyra försök (i tre försök var sockerbetor förfrukt, i det fjärde korn). I försöket med korn som förfrukt var den initiala nematodförekomsten mycket låg ($Pi < 9$) och saneringseffekten var lika stor (79 – 85%) för alla grödorna. I de tre försöken med sockerbetor som förfrukt var de initiala nematodförekomsterna mycket höga (30 – 60 ägg och larver/g jord i två försök samt 180 – 270 ägg och larver/g jord i det tredje försöket). Saneringseffekten för oljerättika och vitsenap skilde sig signifikant åt från saneringseffekten för svartträda ($P < 0,01$). I försöket med 180 – 270 ägg och larver/g jord blev det ingen skillnad i saneringseffekt mellan svartträda, oljerättika och vitsenap. Det fanns även en tendens till att sen nedbrukning (oljerättikan i mitten av blomningen, vitsenapen nästan överblommad) gav bättre sanerande effekt.

Även i Tyskland har man gjort försök med oljerättika som grönträda (Enderlein och Holtschulte 1996). Oljerättikan såddes under första resp. sista veckan i april. I juli och september mättes sedan förekomsten av nematoder och jämfördes med förekomsten i april (Pf/Pi -värdet). De frön som såddes under sista veckan i april grodde snabbare och småplantorna fick en jämnare utveckling. Redan under juli månad hade nematodförekomsten minskat med >70%

($Pf/Pi = 0,28$), en minskning som bestod in i september. Vid den tidigare sådden uppnåddes samma sanerande effekt först i september. Avslagning av oljerättikan vid olika tidpunkter och höjd visade sig inte påverka nematodförekomsten. Undersökningen visade att oljerättika (sett över alla testade såtidpunkter, sorter och avslagningsvarianter) i jämförelse med svartträda ökade saneringseffekten med 46%. Enligt tyska rekommendationer kan en nematodsanerande gröda med fördel odlas som grönträda efter sockerbetor (Enderlein och Holtschulte 1996). Efter sockerbetor är nematodpopulationen som allra högst. Dessutom kan de på hösten nerplöjda betbladen med ca 30 – 40 kg/ha N utnyttjas som startgiva för att ge ett tätt plantbestånd av den sanerande grödan.

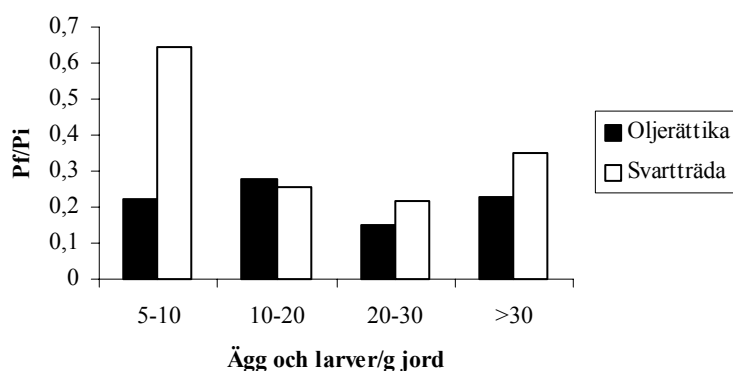
Att odla två sanerande oljeväxtgrödor efter varandra samma säsong (oljerättika – oljerättika, oljerättika – senap) har visat sig ge bättre sanerande effekt ($Pf/Pi = 0,32$) än endast en kultur oljerättika ($Pf/Pi = 0,51$) (Enderlein och Holtschulte 1996).

Den sanerande effekten av oljerättika har i flera försök i Tyskland och Sverige jämförts med den sanerande effekten av svartträda. I Tyskland fann man att sorter av oljerättika tillhörande resistensklass ett och två i genomsnitt minskade nematodförekomsten med 70% (figur 3) vilket ska jämföras med 35% för svartträda (Heinicke och Warnecke 2001b).

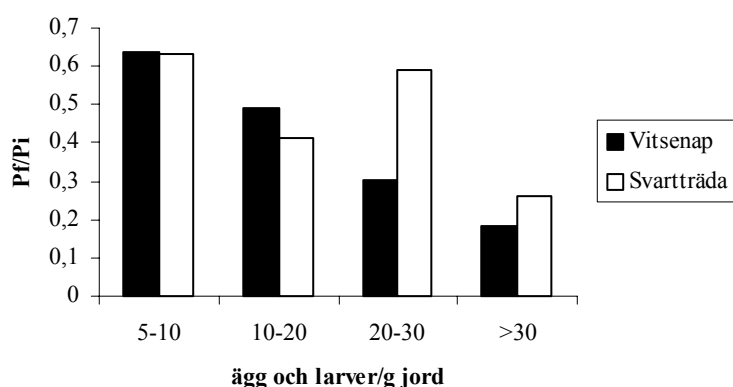


Figur 3. Figuren visar hur nematodförekomsten förändras vid odling av oljerättika jämfört med svartträda (Källa: Heinicke och Warnecke 2001b).

Vid en liknande jämförelse i Sverige mellan oljerättika, vitsenap och svartträda (figur 4A, B, tabell 4) var den sanerande effekten i genomsnitt respektive 78%, 69% samt 63,5% (Andersson 1998, 1999, Andersson och Olsson 2000). Dessa försök utfördes året efter sockerbeter odlats, då är minskningen mycket stor även i svartträda (pers. inf. S. Andersson). Trots detta skiljer det 14,5 procentenheter mellan oljerättika och svartträda och denna skillnad motsvarar i genomsnitt en skillnad i nematodförekomst efter sanering på 4,1 ägg och larver/g jord mellan oljerättika (Pf = 5,3) och svartträda (Pf = 9,4) (tabell 4). Enligt svenska rekommendationer kan man vid en förekomst av 1 – 2 ägg och larver/g jord odla en mottaglig betsort. Vid en nematodförekomst på 2 – 5 ägg och larver/g jord bör man överväga att odla en resistent betsort. Mot bakgrund av dessa rekommendationer är det alltså av stor betydelse huruvida man väljer att kontrollera nematoder med nematodsanerande grödor eller svartträda. Som en jämförelse visas också de rekommendationer som ges i Tyskland (tabell 5).



A.



B.

Figur 4. I figuren visas hur nematodförekomsten i jorden förändras vid odling av oljerättika (A) samt vitsenap (B) som nematodsanerande gröda. Siffrorna i figuren bygger på resultat från 16 (oljerättika) respektive 7 (vitsenap) fältförsök i Sverige under åren 1998 – 2000 (Källa: Andersson 1998, 1999, Andersson och Olsson 2000).

Tabell 4. Tabellen visar resultat från försök utförda av SSK 1998 – 2000 och där den sanerande effekten av oljerättika och vitsenap jämförs med svartträda (Källa: Andersson 1998, 1999, Andersson och Olsson 2000).

Pi	Oljerättika Pf	Vitsenap Pf	Svartträda Pf	Oljerättika Pf/Pi	Vitsenap Pf/Pi	Svartträda Pf/Pi	Provtagning
33,7	6,4	8,0	11,1	0,241	0,283	0,429	Tidig
Minskning:				75,9%	71,7%	57,1	
25,2	4,1	7,8	6,8	0,198	0,374	0,270	Sen
Minskning:				80,2%	62,6%	73%	
30,3	5,3	8,0	9,4	0,219	0,309	0,365	Totalt
Minskning:				78,1%	69,1%	63,5%	

Tabell 5. Odlingsråd vid olika angrepp av nematoder i Tyskland (Heinrichs 2000). Skadegränsen varöver man kan förvänta ekonomiska förluster anges i Tyskland till 3,3 ägg och larver/g jord.

Angreppsgrad	Ägg och larver/g jord	Skördeförlost %	Odlingsråd inför nästa sockerbetsgröda
0	0	0	Ingen påverkan av nematoder.
I	1 – 1,7	0	Ingen påverkan av nematoder.
II	1,7 – 3,3	1 – 5	Angrepp under den ekonomiska skadegränsen. Regelbundna provtagningar bör genomföras.
III	3,3 – 6,7	6 – 15	Angrepp över den ekonomiska skadegränsen. Bekämpningsåtgärder med resistent oljerättika och senap måste planeras.
IV	6,7 – 16,7	16 – 30	Kraftiga angrepp förväntas. Odling av resistent mellangrödor samt resistent sockerbetsort tillråds.
V	>16,7	>30	Mycket svåra angrepp. Odling av resistent sockerbetsort efter resistent mellangröda är nödvändigt.

I Holland är det vanligt att man odlar olika trädesblandningar som man hoppas ska ha en positiv inverkan på den biologiska mångfalden (Heijbroek et al. 1998). En trädesblandning kan t ex innehålla bovete, phacelia, vicker, engelskt rajgräs, oljerättika, klöver och havre. Odling av trädesblandningar ger också bidrag, speciellt i naturvårdsområden. För många lantbrukare är det attraktivt att kunna kombinera dessa naturvårdsinsatser med nematodkontroll. Många kommersiella trädesblandningar innehåller dock ett flertal värdväxter för betcystnematoden. Därför har man tagit fram en trädesblandning speciellt anpassad för nematodkontroll där andelen resistenta grödor ökats till ca 50%. Klöver, spannmål och gräs har uteslutits eftersom de är värdar för rotgallnematoder *Meloidogyne* spp. Undersökningar har visat att dessa modifierade trädesblandningar är betydligt bättre på att minska nematodangreppen jämfört med de ursprungliga trädesblandningarna. Man fann även att sockerhalten i efterföljande sockerbetsodling ökade (Heijbroek et al. 1998).

Resistensförädling

Det finns ytterst lite variation hos de odlade sorterna av *Beta vulgaris* vad gäller resistens mot betcystnematoden. Däremot har man funnit fullständig resistens hos tre vildarter (*B. procumbens*, *B. patellaris*, *B. webbiana*) som är avlägset släkt med *B. vulgaris*. Tyvärr har det visat sig vara mycket svårt att korsa vildarterna med kulturbetan (Jung 1998). Efter mycket arbete lyckades dock tre forskargrupper få fram en beta som på kromosom IX har fått ett extra kromosomavsnitt från *B. procumbens* (en sk translokation). På detta kromosomavsnitt finns förutom resistensgenen (*Hs1*) också flera icke-önskvärda gener, bl a ökad tendens till tumörbildning. Då det inte finns några möjligheter för det translokerade kromosomavsnittet att rekombinera är det inte möjligt att genom återkorsningar förädla bort de negativa egenskaperna (pers. inf. B. Jeppsson). De sorter som finns på marknaden idag har alla detta extra kromosomavsnitt på kromosom IX.

För närvarande överförs nematodresistensen till hansterila produktionslinjer med hjälp av en homozygot pollinator dvs en pollinator som har den aktuella genen i dubbel upplaga (Heijbroek 1991). På grund av störningar under meiosen (den celldelning som sker vid bildning av äggceller och pollenkorn och där antalet kromosomer halveras) är överföringen av resistensen till avkomman inte fullständig. Detta innebär att inte alla individer i en nematodresistent sort bär på resistensgenen. För närvarande ligger siffran på 90 – 95% (Heijbroek 1991) men målet är att komma upp till 95% resistenta individer i sorten. Vidare kan resistensen lätt förörloras vid uppförökning av pollinatorn. Kloning av pollinatorn används därför för att få tillräckligt av pollinatorn redan i första uppförökningsgenerationen (pers. inf. B. Jeppsson).

Nematodresistenta sorter

Sedan ett par år tillbaka finns nematodresistent sortmaterial att tillgå på den europeiska frömarknaden. I Sverige godkändes sorten Nemakill från Hilleshög för odling år 2000. Under 2001 odlades Nemakill på uppskattningsvis 600 – 700 ha. Även i Danmark är Nemakill godkänd för praktisk odling och odlades där på ca 400 ha under 2001 (pers. inf. I. Christensson). I Tyskland finns redan sorter på marknaden som är resistenta mot både *Rhizomania* och nematoder. Specialsorter med resistens mot *Rhizomania* eller nematoder är dyrare för odlaren än normala betsorter. År 2001 var merpriset 245 kr/enhet (pers. inf. I. Christensson).

Den allvarligaste negativa egenskapen hos en nematodresistent sort är en lägre avkastningspotential under nematodfria förhållanden jämfört med normala sorter (Heinicke och Warnecke 2001a). I tyska och svenska försök ligger denna ca 10% lägre än för normala sorter (tabell 6). Sorten Nemakill är betydligt mer mottaglig för mjöldagg än normala sorter. Flera provade

nematodresistenta sorter har också visat sig vara känsliga för stocklöpning. Vad gäller dessa båda sista egenskaper, känslighet för mjöldagg och stocklöpningsfrekvens, finns goda utsikter till förbättringar.

Det är inte entydigt klarlagt om en nematodresistent sort ger lägre skörd vid nematodangrepp jämfört med utan angrepp. De plantor som bär på resistensen påverkas mindre av nematodangrepp än normala sorter, främst beroende på att resistensen medför att ingen andra generation nematoder kan bildas. Larverna tillåts nämligen tränga in i den resistenta plantans rot, väl där kan utvecklingen inte fullföljas. Larverna dör redan efter några dagar, innan de hunnit utvecklas till honor och hanar. De plantor i en nematodresistent sort som inte bär på resistensen påverkas i samma utsträckning som normala sorter av nematodangrepp och ger därmed lägre skörd. Sammantaget får man räkna med uppskattningsvis 0 – 5% lägre skörd vid angrepp beroende på antalet ägg och larver samt hur hög andel av plantorna som verkligen bär på resistensen (pers. inf. M. Nihlgård).

Hur stor är då risken för att resistensen ska brytas ner? I tyska försök i växthus påvisades resistensbrytare efter 5 generationer. Så här långt har ingen resistensbrytare påvisats under fältförhållanden i Sverige (pers. inf. M. Nihlgård). I Tyskland har man däremot nyligen fått bekräftat att det i tyska jordar finns stammar av betcystnematoden som redan är virulenta dvs har utvecklat gener som förmår bryta ner resistensen (Heinicke och Warnecke 2001b). För att undvika att betcystnematoden utvecklar virulens rekommenderar man i praktiska odlingar växling mellan resistenta och icke resistenta sorter (Andersson 1998).

Odling av en nematodresistent sort på infekterad jord innebär två fördelar. Dels en högre sockerskörd, dels en reduktion av nematodpopulationen. Sexton försök utförda av Socker­näringens Samarbetskommitté (SSK) 1997 – 2000 med initiala nematodförekomster på mellan 5 – 15 ägg och larver/g jord gav i genomsnitt 1,3 ton/ha mer utvinnbart socker vid odling av Nema­kill jämfört med sorten Loke (tabell 7) (Sperlingsson 1997, Persson 1998, Andersson 1999, 2000). Vid skörd hade antalet ägg och larver reducerats med 53% vid odling av Nema­kill. Sorten Loke däremot ökade nematodförekomsten till 32,7 ägg och larver/g jord eller med 363% (tabell 7). Utländska källor anger 30 – 80% reduktion av nematodförekomsten vid odling av en nematodresistent sort (Heinrichs 2000, Wauters och Keleman 1998).

I Holland rekommenderas användning av nematodresistenta sorter vid mer än 5 ägg och larver/g jord. Vid nematodförekomster över 20 ägg och larver/g jord avråds från resistenta sorter med hänvisning till att reduktionen av nematodpopulationen på dessa nivåer blir lägre. På dessa höga nivåer är odling av nematodsanerande senap eller oljerättika ett bättre alternativ (Heijbroek 2001). Enligt svenska rekommendationer bör man vid initiala nematodförekomster på mellan 2 – 5 ägg och larver/g jord odla en nematodresistent sort (pers. inf. S. Andersson).

Är då nya bättre nematodresistenta sorter på gång? Ja, möjligen på några års sikt. Sortprovningen är i Sverige treårig och under 2001 provas några sorter i förstaårsprovningen. Tidigare provade sorter har inte visat sig vara bra nog utan har tagits ur vidare provning av beställaren efter första eller andra årets provning. Nya nematodresistenta sorter, eventuellt även med resistens mot *Rhizomania*, kan därför förväntas tidigast år 2004 på den svenska marknaden.

Tabell 6. Sockerskörd och kvalitet för sorten Nemakill i jämförelse med den normala sorten Loke på jordar utan nematoder. Resultat från 20 försök utförda av SSK och SLU under perioden 1998 – 2000 (Källa: Persson 1998, Andersson 1999, 2000).

Sort	Sockerskörd ton/ha	Rotskörd ton/ha	Sockershalt %	Blåtal mg/100g	K+ Na mekv/100g	Renhet %	Stocklöpare antal/ha	Mjöldagg %	Plantor/ha
SLU 1998 (4 försök)									
Loke	8,82	56,4	17,4	13	4,43	80,2	0	0	90,9
Nemakill	8,36	57,8	16,4	14	4,95	74,2	0	0	97,8
SSK 1998 (5 försök)									
Loke	8,42	53,1	17,59	12	4,21	81,9	200	5	106,8
Nemakill	7,97	53,4	16,71	12	4,45	77,9	0	29	107,0
SLU 1999 (4 försök)									
Loke	9,43	60,4	17,5	14	4,25	85,0	0	0	102,1
Nemakill	8,13	57,0	16,3	15	4,75	80,3	0	0	99,2
SSK 1999 (4 försök)									
Loke	9,63	59,5	18,01	15	4,44	92,9	0	0	106,8
Nemakill	8,24	55,9	16,74	18	5,18	91,7	0	0	110,9
SSK 2000 (3 försök)									
Loke	9,96	62,2	17,81	12	4,12	88,4	0	0	95,9
Nemakill	9,12	60,0	17,02	12	4,13	85,8	0	0	93,4
Medelvärde över 20 försök									
Loke	9,25	58,3	17,7	13	4,29	85,7	0	0	100,5
Nemakill	8,36	56,8	16,6	14	4,69	82,0	0	0	101,7

Tabell 7. Sockerskörd och nematodförekomst vid odling av Nemakill i jämförelse med den normala sorten Loke på platser med nematoder. Resultat från 16 försök utförda av SSK under perioden 1997 – 2000 (Källa: Sperlingsson 1997, Persson 1998, Andersson 1999, 2000).

Sort	Sockerskörd ton/ha	Rotskörd ton/ha	Socketthalt %	Utv. socker	Renhet %	Stocklöpare antal/ha	Mjöldagg %	Plantor/ha	Pi ägg, larver/g jord	Pf
SSK 1997 (4 försök)										
Loke	4,29	26,8	17,57	90,7	87,2	133	54	85,4	9,4	41,2
Nemakill	5,45	36,9	16,72	88,2	87,6	7	81	87,1	9,4	5,0
SSK 1998 (6 försök)										
Loke	6,76	43,1	17,21	90,6	87,7	2	10	83,3	8,9	25,2
Nemakill	7,42	49,7	16,72	89,3	86,5	0	86	88,8	8,9	3,5
SSK 1999 (3 försök)										
Loke	4,41	29,9	16,31	90,1	90,6	2	3	87,6	11,3	23,0
Nemakill	6,74	44,1	17,0	89,5	92,2	8	33	90,7	11,3	3,3
SSK 2000 (3 försök)										
Loke	6,85	46,5	16,20	90,1	86,5	10	6	80,5	6,3	46,0
Nemakill	8,56	60,0	16,0	89,3	83,2	10	26	78,0	6,3	5,5
Medelvärde över 16 försök										
Loke	5,72	37,2	16,94	90,4	87,9	48	19	84,1	9	32,7
Nemakill	7,02	47,4	16,64	89,1	87,2	6	64	86,7	9,0	4,3

Förbättrad resistens med hjälp av genteknik

Nyligen har man lyckats klona *Hs1*-genen och nästa steg blir att gentekniskt med hjälp av *Agrobacterium tumefaciens* föra över genen till *B. vulgaris*. Fördelarna med detta överföringssätt är att man inte får med de negativa egenskaperna samt att man får en maternell nedärvning av resistensen (Jung 1998). På detta sätt hoppas man också kunna förbättra avkastningspotentialen (pers. inf. B. Jeppsson). Det kan dock dröja ända till 2005 innan de första resistenta sorterna lämnas till sortprovning och därefter kan börja odlas kommersiellt (Jung 1998). Förhoppningsvis kommer denna resistens då fortfarande att vara effektiv (dvs virulenta stammar av betcystnematoden får inte hinna utvecklas).

Sammanfattning

Angrepp av betcystnematoden förefaller bli ett allt vanligare problem för många lantbrukare i Sverige såväl som i övriga Europa. Det är framförallt i Tyskland som man bedrivit ett intensivt forsknings- och utvecklingsarbete kring betcystnematoden och dess kontroll. Utifrån detta arbete samt resultat från försök i Sverige kan den viktigaste kunskapen om betcystnematoden sammanfattas i åtta punkter:

1. Nematodpopulationen uppförökas vid odling av sockerbetor och raps och reduceras vid odling av spannmål, ärtor eller vall. Hur stor populationsförändringen (Pf/Pi) blir är mycket varierande bl a beroende på platsen, årsmånen och den ursprungliga nematodtätheten (Pi) (tabell 8). Nematoder uppförökas även av många ogräs, t ex åkerbinda, åkerpilört samt svinmålla.
2. Uppförökningen styrs främst av temperaturen – det krävs 465 daggrader räknat från +8°C för att fullborda en generation. Sannolikt uppnås två eller partiellt tre generationer per år i Sverige.
3. Symptom på angrepp är avstannad tillväxt och kraftigt slokande plantor trots hög markfuktighet. Huvudroten får en mängd smårötter. På dessa kan man också se de vita honorna som efterhand dör och övergår i ljusbruna cystor.
4. Skördeförlost börjar uppträda vid 2 ägg och larver/g jord. Italienska och tyska undersökningar har visat att skördeförlusten vid en nematodförekomst på <5 ägg och larver/g jord blir ca 5%, 5 – 10 ägg och larver/g jord ger en skördeförlost på ca 15%, 11– 15 ägg och larver/g jord ger en skördeförlost på upptill 30%. Vid >16 ägg och larver/g jord blir skördeförlusten över 30%.
5. Betor i treårig växtföljd utan speciella nematodbekämpande åtgärder leder med stor sannolikhet på kort eller medellång sikt till sänkt skördepotential på flertalet svenska betjordar.
6. Odling av nematodresistent vitsenap eller oljerättika
 - a. Ger en större nersättning av nematodpopulationen än spannmål eller svartträda (tabell 9). Odling av nematodresistent senap eller oljerättika rekommenderas för sådd på våren, vanligen på trädesareal men rekommenderas normalt inte efter skörd av spannmål då grödans utvecklingstid blir för kort med reducerad sanerande verkan som följd.
 - b. Det samlade ekonomiska utbytet vid användning av nematodsanerande grödor i Sverige är än så länge ofullständigt undersökt.
 - c. Ur saneringssynpunkt spelar det troligen ingen roll när i växtföljden den sanerande grödan odlas. Odling efter sockerbetor kan dock ha vissa fördelar.
7. Det finns inför år 2002 endast en nematodresistent sort (Nemakill) att tillgå. Nya sorter kan påräknas tidigast 2004.

8. NemaKill

- a. Har en avkastningspotential som ligger ca 10% under de normala betsorterna
- b. Har i 16 svenska försök 1997 – 2000 i medeltal reducerat nematodförekomsten under betåret med 53% (från 9,0 till 4,3 ägg och larver/g jord) medan normala betsorter på samma platser ökat nematodförekomsten med 363% (från 9,0 till 32,7 ägg och larver/g jord).
- c. Har i 16 svenska försök på jordar med i medeltal 9,0 ägg och larver/g jord vintern före betgrödan gett 1,3 ton/ha högre sockerskörd än en normal sort. Sockerhalten låg 0,3 procentenheter lägre än sorten Loke. Utvinningsprocenten var 89,1% mot 90,4% för Loke
- d. Kostar 245 kr mer per enhet jämfört med de normala sorterna.

Tabell 8. Populationsförändring av nematoder vid odling av olika mottagliga respektive resistenta grödor. NR = nematodresistent.

Gröda	Pi	Pf/Pi
Mottaglig bet- eller rapsgröda	0,1 - 2	10 - 15
Mottaglig bet- eller rapsgröda	5 - 30	1,2 - 7
NR betsort	0,1 - 2	0,8 - 1,6
NR betsort	5 - 30	0,1 - 0,9
Spannmål eller svartträda efter betor/raps	0,1 - 2	0,6 - 1,2
Spannmål eller svartträda efter betor/raps	5 - 10	0,4 - 0,8
Spannmål eller svartträda efter betor/raps	20 - 40	0,2 - 0,5
Spannmål efter spannmål/träda	0,1 - 2	-
Spannmål efter spannmål/träda	5 - 30	-

Tabell 9. Populationsförändring av nematoder vid odling av olika nematodsanerande grödor.

Gröda	Pi	Pf/Pi
NR oljerättika efter betor/raps	0,1 - 2	0,4 - 1,0
NR oljerättika efter betor/raps	5 - 10	0,2 - 0,6
NR oljerättika efter betor/raps	5 - 30	0,1 - 0,4
NR oljerättika efter spannmål	0,1 - 2	-
NR oljerättika efter spannmål	5 - 30	-

Underlag för odlingsanvisningar

Provtagning

Vilka kontrollåtgärder som bör utföras hänger samman med den nematodförekomst som finns. Därför bör jordprov tas regelbundet. Prov tas lämpligen på hösten efter plöjning och på ett djup av 25 cm. Varje prov bör bestå av ca 40 instick jämnt fördelade över fältet (total jordvolymin ca 1,5 kg). Vanligen brukar proven fördelas över fältet i ett mönster som liknar ett "W". Proven skickas till SLU, Kompetensgrupp nematologi, Box 44, 230 53 Alnarp. Beroende på nematodförekomst kostar ett prov mellan 250 – 400 kr.

Jordbearbetning

Jordbearbetningen har större betydelse vid odling av oljerättika än senap. Oljerättikan är djuprotad och kräver djupare såbädd.

Gödsling

För att få en bra tillväxt bör grödorna ha 40 – 50 kg N/ha i löslig form (Heinicke och Warnecke 2001b). I Tyskland räknar man med att efterföljande sockerbetsgröda kan tillgodoräkna sig 50 – 70% av detta kväve. Om den sanerande grödan sås efter sockerbetor kan de nerplöjda betbladen ge en bra startgiva av kväve motsvarande ca 30 – 40 kg N/ha.

Såtidpunkt

Både tyska och svenska försök tyder på att en senare såtidpunkt är att föredra (slutet av april).

Planttäthet och frömängd

För en god sanering är det viktigt att jorden är genomvävd av rötter. I Tyskland är lämplig utsädesmängd för oljerättika 22 – 25 kg/ha och för vitsenap 20 kg/ha (Heinicke och Warnecke 2001b). Plantbeståndet bör vara ca 160 plantor/m² (Heinrichs 1998).

Tack

Vi vill tacka Stig Andersson för mycket värdefulla diskussioner om nematoder samt för kommentarer och förslag på förbättringar på tidigare versioner av denna rapport.

Referenser

- Agrios, G. N. 1988. Plant Pathology. Academic Press, Inc. California.
- Andersson, B. 1998. Praktiska försök med nematodsanerande grödor 1998. Rapport, Socker­näringens Samarbetskommitté.
- Andersson, B. 1999. Praktiska försök med nematodsanerande grödor 1999. Rapport, Socker­näringens Samarbetskommitté.
- Andersson, B., R. Olsson. 2000. Praktiska försök med nematodsanerande grödor 2000. Rapport, Sockernäringens Samarbetskommitté.
- Andersson, B. 2000. Praktiska sortförsök med nematodresistenta sorter 2000. Rapport, Sockernäringens Samarbetskommitté.
- Andersson, S. 1985. Sanerande mellangrödor mot betcystnematoden – är det någonting för oss? Betodlaren 3: 205 – 207.
- Andersson, S. 1988. Försök med nematodsanerande oljeväxter som täckgrödor. Betodlaren 1: 48 – 54.
- Andersson, S. 1998. Bekämpning av betcystnematoden. Betodlaren 4: 49 – 51.
- Andersson, S., B. Månsson. 1985. Betcystnematoden (*Heterodera schachtii*), jordarterna och växtföljderna i en inventering i sockerbetsfält 1981. Betodlaren 3: 136 – 144.
- Andersson, S., B. Månsson. 1987. Inventering av betcystnematoder och växtföljder i socker­betsfält 1986. Betodlaren 116 – 120.
- Andersson, S., B. Landquist. 1997. Inventering av betcystnematoder. Betodlaren 1: 54 – 56.
- Bettini, G. 1998. Growing biocide crops under set-aside conditions. Proceedings of the 61st IIRB Congress, Brussels: 305 – 314.
- Blumenberg, E., H. Uphoff. 1996. Nematodenresistente Zuckerrüben. Zuckerrübe 45(3): 142 – 143.
- Crump, D. H., B. R. Kerry. 1987. Studies on the population dynamics and fungal parasitism of *Heterodera schachtii* in soil from a sugarbeet monoculture. Crop Protection 6: 49 – 55.
- Enderlein, H., B. Holtschulte. 1996. Nematoden-Bekämpfung im Rahmen der Grünbrache. Zuckerrübe 45(4): 200 – 202.
- Greco, N., A. Brandonisio, G. De Marinis. 1982. Tolerance limit of the Sugarbeet to *Heterodera schachtii*. Journal of nematology, 14: 199 – 202.
- Heijbroek, W. 1991. The production capacity of nematode resistant hybrids and their effect on population development of *Heterodera schachtii*. Proceedings of the 54th wintercongress, IIRB, Brussels: 167 – 178.
- Heijbroek, W. 2001. Advice for application of beet cyst nematode resistant varieties in the Netherlands. IRS report.
- Heijbroek, W., R. G. Munning, L. P. J. C. Swinkels. 1998. The effects of trap crops, flower mixtures and bare fallow, grown as a rotational set-aside on nematodes and fungal pathogens in soil. Proceedings of the 61st IIRB Congress, Brussels: 71 – 85.
- Heinicke, D. H. Warnecke. 2001a. Einsatz nematoden-resistenter Zuckerrübensorten. Zuckerrübe 50 (2): 92 – 93.
- Heinicke, D. H. Warnecke. 2001b. Trotz resistenter Zuckerrüben Ölrettich und Senf nicht vernachlässigen. Zuckerrübe 50 (4): 246 – 249.
- Heinrichs, C. 1998. Zwischenfruchtbau. Zuckerrübe 47: 204 – 205.
- Heinrichs, C. 2000. Problemlösungen bei der Bekämpfung des Rübennematoden. Gesunde Pflanzen 52: 67 – 70.

- Jakobsen, J., L. M. Hansen. 2000. Roecystnematoder. Grön viden, markbrug 226.
- Jung, C. 1998. Die Klonierung und züchterische Nutzung des HS1-gens für nematodenresistenz aus *Beta procumbens*. Proceedings of the 61st IIRB Congress, Brussels: 221 – 227.
- Kerry, B. R. 1987. Biological Control, in *Principles and Practice of Nematode Control in Crops*, R. H. Brown, B. R. Kerry (Eds.), pp. 233-263. Academic Press, Australia.
- Landquist, B., S. Andersson. 1997. För mycket nematoder i 10% av betfälten. Betodlaren 1: 58 – 59.
- Lehrke, U. 2000. Frühe Ernte schafft optimale Voraussetzungen für den Zwischenfruchtanbau. Zuckerrübe 49(4): 204 – 207.
- Müller, J. 1991. Catch cropping for population control of *Heterodera schachtii*. Proceedings of the 54th wintercongress, IIRB, Brussels: 179 – 196.
- Nyholm Thomsen, J. 1998. Sorter med resistens mot nematoder. Dyrkningsforsøg og undersøgelser i Sukkerroer, verksamhetsberättelse; 16 – 17.
- Nyholm Thomsen, J. 1999. Sorter med resistens mot nematoder. Dyrkningsforsøg og undersøgelser i Sukkerroer, verksamhetsberättelse; 16 – 17.
- Nyholm Thomsen, J. 2000. Sorter med resistens mot nematoder. Dyrkningsforsøg og undersøgelser i Sukkerroer, verksamhetsberättelse; 14 – 15.
- Pandey, R., R. A. Sikora. 2000. Influence of aqueous extracts of organic matter on the sensitivity of *Heterodera schachtii* Schmidt and *Meloidigyne incognita* (Kofoid and White) Chitwood eggs to *Verticillium chlamydosporium* Goddard infection. Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz (Journal of Plant diseases and Protection) 107: 494 – 497.
- Persson, P-O. 1998. Praktiska sortförsök med nematodresistent sorter 1998. Rapport, Sockernäringsens Samarbetskommitté.
- Sperlingsson, C. 1997. Praktiska sortförsök med nematodresistent sorter 1997. Rapport, Sockernäringsens Samarbetskommitté.
- Thomas, E. 1997. Resistente Ölrettich- und Senfsorten gegen Nematoden. Zuckerrübe 2: 104 – 108.
- Wauters, A., J. Keleman. 1998. Economic and agronomic interest in nematode resistant sugar beet varieties: Belgian experiences from 1995 to 1998. Parasitica 54: 63 – 75.
- Westphal, A., J. O. Becker. 1999. Biological suppression and natural population decline of *Heterodera schachtii* in a California field. Phytopathology 89: 434 – 440.
- Westphal, A., J. O. Becker. 2000. Transfer of biological soil suppressiveness against *Heterodera schachtii*. Phytopathology 90: 401 – 406.
- Westphal, A., J. O. Becker. 2001. Components of soil suppressiveness against *Heterodera schachtii*. Soil Biology & Biochemistry 33: 9 – 16.
- Windt, A., H-J Koch. 1998. Nematodenresistente Zwischenfrüchte, Anbau unter Berücksichtigung der Bodentemperatur. Zuckerrübe 47(5): 278 – 279.