

## Effecten van *Crotalaria juncea* (Bengaalse hennep) op wortelknobbelaaltjes

Auteurs:

Tim Thoden & Gerard Korthals

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving (PPO-AGV)

Projectnummer: [3250201100](#)

Dit project maakt deel uit van het Actieplan Aaltjesbeheersing, een initiatief van het Productschap Akkerbouw, Productschap Tuinbouw en LTO Nederland. Binnen het Actieplan voeren diverse partijen gezamenlijk onderzoeks- en voorlichtingsprojecten uit op het gebied van aaltjesbeheersing om de continuïteit van teelten voor de Nederlandse land- en tuinbouw te waarborgen.

### **Informatie over het Actieplan Aaltjesbeheersing**

Tjitse Bouwkamp

Postbus 29739

2502 LS Den Haag

Telefoon: 070 - 370 84 26

Fax : 070 - 370 83 10

E-mail : [aaltjesbeheersing@hpa.agro.nl](mailto:aaltjesbeheersing@hpa.agro.nl)

Internet : [www.kennisakker.nl](http://www.kennisakker.nl)

Een initiatief van: Productschap Akkerbouw, Productschap Tuinbouw en LTO Nederland

Dit rapport is een uitgave van **Praktijkonderzoek Plant en Omgeving Business unit Akkerbouw, Groene ruimte en Vollegrondsgroenten**  
Edelhertweg 1, 8219 PH Lelystad  
Postbus 430, 8200 AK Lelystad  
Telefoon: **0320 29 11 11**  
Fax : **0320 23 04 79**  
E-mail : [tim.thoden@wur.nl](mailto:tim.thoden@wur.nl)  
Internet: [www.ppo.wur.nl](http://www.ppo.wur.nl)

© 2011, **Juli Lelystad, PPO - AGV.**

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van **PPO – AGV.**

*Hoewel de inhoud van deze uitgave met zorg is samengesteld, kunnen hieraan op geen enkele wijze rechten worden ontleend.*

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.  
PPO-agv  
Adres: Edelhertweg 1, Lelystad  
Postbus 430, 8200 AK Lelystad  
Tel. 0320 - 29 11 11  
Fax 0320 - 23 04 79  
E-mail: [tim.thoden@wur.nl](mailto:tim.thoden@wur.nl)  
Internet : [www.ppo.wur.nl](http://www.ppo.wur.nl)

Een initiatief van: Productschap Akkerbouw, Productschap Tuinbouw en LTO Nederland

## Inhoudsopgave

### SAMENVATTING

1	Achtergrond .....	5
2	Methodiek .....	5
3	Bengaalse hennep .....	6
3.1	<i>Crotalaria juncea</i> (Bengaalse hennep).....	6
3.2	Bengaalse hennep en parasitaire aaltjes .....	7
3.3	Effecten op niet parasitaire aaltjes .....	8
3.4	Bengaalse hennep in Nederland? .....	9
3.5	Zijn er andere soorten planten die pyrrolizidine alkaloiden bevatten?.....	9
3.6	Mogelijke risico's .....	11
4	Discussie en conclusie.....	12
5	Literatuur.....	13
6	Bijlage .....	16

## SAMENVATTING

Bengaalse hennep (*Crotalaria juncea*) is een vlinderbloemachtige “multipurpose” plant die in de tropen en subtropen vaak gebruikt wordt om wortelknobbelaaltjes te bestrijden. Naast Bengaalse hennep zijn er ook andere soorten *Crotalaria* die in de genoemde regio's o.a. als groenbemesters geteeld worden.

Deze deskstudie laat zien dat er veel onderzoek is gedaan waaruit blijkt, dat de juveniele van wortelknobbelaaltjes en andere sedentaire aaltjes vaak het wortelstelsel van desbetreffende planten infecteren, maar zich vervolgens niet tot volwassenen kunnen doorontwikkelen. Dit leidde vaak tot een directe afname van aaltjes die sterker was dan de afname bij een zwarte braak.

Daarnaast werd gevonden dat dit soort onderzoek tot nu toe alleen met tropische soorten van wortelknobbelaaltjes is uitgevoerd zoals *Meloidogyne incognita*, *M. arenaria* of *M. javanica* en dat er geen systematisch onderzoek naar de effecten van Bengaalse hennep op het Noordelijk wortelknobbelaaltje (*M. hapla*) of het maïswortelknobbelaaltje (*M. chitwoodi*) is uitgevoerd.

Verder zijn er tot nu toe geen proeven te vinden waarin Bengaalse hennep onder het Midden-Europees klimaat geteeld is. Qua temperatuur zal dit wel mogelijk zijn omdat er een gemiddelde temperatuur van 8,4 graden Celsius nodig is om dit gewas te kunnen laten groeien. Daarnaast heeft Bengaalse hennep een bijzonder bodembacterie nodig om rhizobien te kunnen vormen. De desbetreffende bacterie is, zo ver bekend, niet in de Nederlandse bodem te vinden, maar kan eventueel in de vorm van bv. een zaadcoating toegevoegd worden.

Omdat de nematicide werking van *Crotalaria* soorten vermoedelijk met een soort planteninhoudstof (pyrrolizidine alkaloiden, PA) te maken heeft zal ook de mogelijkheid bestaan om andere planten, die dezelfde stof bevatten, voor de bestrijding van wortelknobbelaaltjes in te zetten. Dit kan verschillende voordelen opleveren. Zo zijn een heleboel PA-bevattende planten bekend die qua oorsprong uit Midden Europa komen. Deze zullen qua klimaat en bodem makkelijker ingezet kunnen worden als *Crotalaria* soorten.

### De conclusies uit dit onderzoek

- **Crotalaria soorten laten nematicide effecten op wortelknobbelaaltjes zien!**
- **Er zijn geen studies te vinden met de voor Nederland belangrijke aaltjes soorten (*M. hapla*, *M. chitwoodi*, *M. fallax*) en Bengaalse hennep.**
- **Bengaalse hennep zou in principe onder Nederlandse klimaatomstandigheden geteeld kunnen worden.**
- **Er zijn andere planten (bv. *Senecio* of *Ageratum*) die mogelijk hetzelfde effect hebben maar makkelijker hier geteeld zouden kunnen worden.**
- **Een aanvullende screening in potproeven en in een later stadium ook veldproeven lijkt wenselijk.**

# 1 Achtergrond

**Wortelknobbelaaltjes** (*Meloidogyne* spp.) behoren tot de meest schadelijke aaltjes voor de akkerbouw. Binnen Nederland zijn het Noordelijke en het maïswortelknobbelaaltje (*Meloidogyne hapla* en *Meloidogyne chitwoodi*) het meest belangrijk. Verder zijn er nog andere *Meloidogyne* soorten zoals *M. fallax* of *M. minor* die schadelijk zijn voor veel gewassen. Daarnaast is het maïswortelknobbelaaltje een “quarantaine” organisme en mag daarom niet voorkomen op percelen voor vermeerderingsmateriaal (bv. pootgoed).

Het is verder een groot probleem dat beide aaltjes zich op veel gewassen kunnen vermeerderen (veel waardplanten hebben) en daardoor via vruchtwisseling moeilijk beheersbaar zijn. Ook zijn er tot nu toe geen “nematicide” gewassen beschikbaar die deze aaltjes direct bestrijden en dus een betere werking hebben dan zwarte braak of een pure niet waardplant (net zo als Afrikaantjes die directe toxische effecten op wortelknobbelaaltjes hebben). Het is echter bekend dat in de tropen en subtropen een gewas gebruikt wordt dat leidt tot een directe afname van wortelknobbelaaltjes. Dit is **Bengaalse hennep** (*Crotalaria juncea*), een vlinderbloemig gewas (Figuur 1).

Binnen dit rapport is het doel te achterhalen of deze plant mogelijk ook binnen Nederland geteeld zou kunnen worden om wortelknobbelaaltjes te bestrijden.



Figuur 1: Bengaalse hennep (*Crotalaria juncea*).

## 2 Methodiek

Om de desbetreffende vakliteratuur te verzamelen is gebruik gemaakt van verschillende bronnen zoals de digitale databases **Isi Web of Knowledge**, de **Nematology Journal collection** of de op internet gebaseerde zoekmachine **scholar.google**. Verder zijn verschillende experts benaderd, die al lang in het onderwerp bengaalse hennep – aaltjes gewerkt hebben.

### 3 Bengaalse hennep

#### 3.1 *Crotalaria juncea* (Bengaalse hennep)

Bengaalse hennep (*Crotalaria juncea*, Fabaceae), ook bekend onder de naam sun hemp, is een plant die tot het geslacht *Crotalaria* behoort en oorspronkelijk uit India (Zuid Azië) komt (Rotar & Joy 1983). Daar wordt de plant al honderden jaren als vezel-, voederplant en groenbemester gebruikt. Binnen de afgelopen eeuw heeft het gebruik van Bengaalse hennep zich echter behoorlijk uitgebreid en wordt de plant nu door de hele tropen en subtropen ingezet. Naast India, Pakistan en Bangladesh wordt *Crotalaria juncea* met name ook vaak in Brazilië en in delen van Afrika geteeld (Figuur 2). Rotar & Joy (1983) noemen Bengaalse hennep de meest gebruikelijke groenbemester binnen de tropen (Indonesië, China, Thailand, Malaysia, Rhodesië).



Figuur 2: De verspreiding van Bengaalse hennep (Azië, Africa, Zuid America) (Bron FAO).

Het geslacht *Crotalaria* bestaat trouwens uit meer dan 550 soorten (Polhill 1982). De meeste soorten komen uit Afrika. Er zijn geen *Crotalaria* soorten bekend die qua oorsprong uit Europa komen. Naast Bengaalse hennep zijn het met name *Crotalaria striata*, *Crotalaria spectabilis*, *Crotalaria retusa* en *Crotalaria intermedia* die een economische rol spelen. Zaden van deze soorten zijn makkelijk te bestellen (b.v. Wolfseeds).

Omdat *Crotalaria* soorten tot de vlinderbloemachtige gewassen behoren zijn ze in staat om stikstof vast te leggen. In het geval van Bengaalse hennep wordt onder goede groeiomstandigheden tussen de 150-160 kg N/ha vastgelegd (Rotar & Joy 1983). Verder levert een geslaagde teelt van *Crotalaria juncea* bij een teeltperiode van 60-90 dagen bijna 7 t/ha aan droge organische stof. Deze heeft een gemiddelde C/N verhouding van 19:1 (11,3 bladeren, 48,0 stam). Door de verschillende C/N-verhoudingen levert Bengaalse hennep zowel een stabiele fractie aan organische stof (effectieve organische stof) als ook makkelijk afbreekbare bestanddelen die al snel na het inwerken het bodemleven bevorderen.

De zaden van Bengaalse hennep kiemen binnen 3 dagen en vervolgens wordt de grond al snel volledig afgedekt (onderdrukking van onkruiden). Uiteindelijk worden de planten tussen 1-4 m hoog. Ze vormen een krachtige penwortel en goed ontwikkelde zijwortels (FAO 2011). Bengaalse hennep kan zowel op lichte zavel als ook op kleigrond met een pH tussen de 5-8,4 geteeld worden. Echter moet die grond goed gedraineerd zijn. De plant kan goed tegen droog klimaat en kan zelfs bij neerslaghoeveelheden onder de 200 mm geteeld worden. Qua temperatuur prefereert Bengaalse hennep een jaarlijkse gemiddelde temperatuur tussen de 15-27,5 graden Celsius maar kan ook bij een



gemiddelde temperatuur van 8,4 graden Celsius geteeld worden. Lichte vorst tot  $-2^{\circ}\text{C}$  wordt getolereerd (FAO 2011).

De zaaizaad hoeveelheid ligt tussen de 25-40 kg (3,50 \$/kg). Om een optimale knobbelvorming voor de stikstof vastlegging te bereiken kan het van voordeel zijn om de zaden met de bodembacterie *Bradyrhizobium* te inoculeren (Tropical Forages 2011).

De plant heeft last van enige ziekten zoals de schimmels *Fusarium udum*, *Collectotrichum curvaticum* en *Ceratocystes fimbriata*, verder zijn sommige insecten als plagen bekend (*Utetheisa pulchella*, *Laspeyresia pseudonectis*).

### 3.2 Bengaalse hennep en parasitaire aaltjes

Er is een grote hoeveelheid onderzoek m.b.t. de effecten van *Crotalaria* soorten op aaltjes te vinden. Desbetreffende studies zijn door Wang *et al.* (2002) samengevat. De auteurs komen tot de conclusie dat vele *Crotalaria* soorten, waaronder ook Bengaalse hennep, nematocide effecten kunnen veroorzaken. Met name de aantallen aan **sedentair endoparasitaire aaltjes** – d.w.z. aaltjes die hun hele leven op een plek binnen de wortel leven – kunnen door een teelt van *Crotalaria* soorten behoorlijk verlaagd worden; dus ook de aantallen aan wortelknobbelaaltjes (*Meloidogyne*). Daartegenover lijken *Crotalaria* soorten minder negatieve effecten op andere soorten van plantenparasitaire aaltjes te hebben (ectoparasitaire aaltjes).

Wang *et al.* (2002) citeren in totaal meer dan twintig studies waarin onderzoek aan Bengaalse hennep en wortelknobbelaaltjes plaats vond (zie bijlage). Dit zijn echter alleen studies met tropische en/of subtropische soorten van wortelknobbelaaltjes zoals *Meloidogyne incognita* of *M. javanica*. Daarentegen zijn geen serieuze veldstudies gevonden waarin de effecten van Bengaalse hennep op het noordelijke (*M. hapla*) of het maïswortelknobbelaaltje (*M. chitwoodi*) onderzocht zijn. De enige informatie met betrekking tot *M. hapla* is een veldstudie van Martin (1958) waarin hij de natuurlijke *M. hapla* besmetting van planten in centraal Afrika onderzoekt. Hieronder waren ook planten zoals Bengaalse hennep en andere *Crotalaria* soorten (b.v. *C. ochroleuca*). In beide gevallen vond Martin wel wortelknobbels die een besmetting door *M. hapla* aantoonde. Er waren echter geen of bijna geen eierenmassa's te vinden die op een vermeerdering van *M. hapla* zouden kunnen wijzen. Verder is er nog een vergelijkbare kasstudie van Good *et al.* (1965) waarin de wortels van *Crotalaria spectabilis* geïnfecteerd waren (knobbels op de wortelen) maar vervolgens geen reproductie van *M. hapla* plaats vond. Ertegenover rapporteren Faulkner & McElroy (1964) dat *M. hapla* in staat was om zich aan *Crotalaria spectabilis* te vermeerderen.

Waar komt de **aaltjes onderdrukkende werking** van *Crotalaria* soorten vandaan? Het zijn met name drie mechanismen die ervoor kunnen genoemd worden (Wang *et al.* 2002):

- a) *Crotalaria* soorten zijn **slechte of geen waardplanten** voor *Meloidogyne* soorten.
- b) *Crotalaria* soorten veroorzaken **allelopathische effecten**.
- c) *Crotalaria* soorten bevorderen **antagonisten** van aaltjes.

**Ad a)** Verschillende studies tonen aan dat *Crotalaria* soorten slechte of geen waardplanten voor *Meloidogyne* soorten zijn (Wang *et al.* 2002). Daarbij valt op dat *Crotalaria* soorten wel door de juvenielen van wortelknobbelaaltjes geïnfecteerd worden maar de juvenielen zich vervolgens niet of nauwelijks doorontwikkelen tot volwassenen (Silva *et al.* 1989, Silva *et al.* 1990, Germani & Plenchette 2004). De meerkernige voedingscellen (syncytia) die door de juveniele gevormd worden zagen er granulair uit, hadden weinig celkernen en waren duidelijk kleiner dan in een goede waardplant zoals tomaat (Silva *et*

al. 1990). Als het toch tot reproductie kwam dan produceerden de vrouwtjes minder eieren dan bij een goede waardplant (Rich & Rahi 1995, McSorley 1999).

**Ad b)** Allelopathie is de biochemische interactie tussen organismen (planten – dieren). Daarbij spelen de door planten geproduceerde plantenhoudstoffen een cruciale rol. Vaak worden deze door planten gefabriceerd om een bescherming tegen vijanden (bv. pathogene, parasieten, herbivoren) op te bouwen. Ook *Crotalaria* soorten kunnen een bepaalde groep van plantenhoudstoffen produceren. Dit zijn **pyrrolizidine alkaloiden (PA)**, op stikstof gebaseerde moleculen (Rizk, 1991).

Uit verschillende studies blijkt dat planten die PA's bevatten afschrikkende werking tegen herbivoren (vertebraten en invertebraten) aantonen (Speiser et al. 1992, van Dam et al. 1995, Macel et al. 2005). Verder veroorzaakten pure PA's nematostatische (verlamrende) en nematicide effecten (Fassuliotis & Skucas 1969, Thoden et al. 2009a). Daarnaast zijn veel studies uitgevoerd waarin plantenextracten van *Crotalaria* soorten tot nematicide effecten aan verschillende aaltjes soorten geleid hebben (voor een samenvatting zie Thoden & Boppré 2010). Ondanks het feit dat zulke extracten naast PA's ook andere stoffen bevatten is het, gezien de grote hoeveelheden aan aantoonbare studies, toch erg waarschijnlijk dat de nematicide werking van desbetreffende extracten door PA's veroorzaakt zijn.

**Ad c)** Door *Crotalaria* als groenbemester te telen wordt veel organische stof aangeleverd. Dit leidt tot een milieu dat antagonisten van aaltjes bevorderen kan (Linford et al. 1938). Meestal zijn dit nematophage schimmels zoals *Hirsutella rhossiliensis* of *Arthrobotrys* spp. Wang (2000) toonde in zijn studie aan dat het inwerken van Bengaalse hennep zowel tot een significante verhoging van aaltjes-vangende schimmels als ook tot een verhoging van schimmels leidde die eieren van aaltjes parasiteerden. Daarnaast toonden Quiroga et al. (1999) aan dat er in de wortelruimte van Bengaalse hennep veel micro-organismen zijn die de weerbaarheid tegen plantenziekten verhogen (verhoogde enzymatische activiteit).

### 3.3 Effecten op niet parasitaire aaltjes

Plantenparasitaire aaltjes zijn maar een klein deel van de totale aaltjes populatie die in de grond zit. Daarnaast komen een heleboel nuttige, b.v. bacterie- of schimmel etende aaltjes voor, die een belangrijke rol binnen het bodemvoedselnet en de mineralisatie spelen. Verder zijn sommige aaltjes in staat om andere aaltjes te prederen (omnivoren en carnivoren) wat de weerbaarheid van de grond tegen schadelijke aaltjes kan verhogen. Verschillende studies tonen aan dat een teelt of het inwerken van *Crotalaria*-stro tot een toename van juist deze nuttige aaltjes leidt (Wang et al. 2004, Wang et al. 2006, McSorley et al. 2009). Het lijkt erop dat Bengaalse hennep een selectieve werking tegen wortelknobbelaaltjes heeft en desondanks de populatie aan nuttige aaltjes bevordert. Dit is een verdere reden om *Crotalaria* als groenbemester te gebruiken. Verder konden McSorley et al. (2009) laten zien dat naast niet-parasitaire aaltjes ook andere nuttige bodembewoners zoals potwormen of mijten door een teelt van Bengaalse hennep bevorderd worden.



### 3.4 Bengaalse hennep in Nederland?

Bengaalse hennep lijkt een veelbelovende groenbemester te zijn die niet alleen schadelijke aaltjes bestrijdt maar juist nuttige bodemorganismen bevordert. Daarom zal dit gewas ook een optie voor de Nederlandse landbouw kunnen zijn. Deze plant is echter nog nooit succesvol in Nederland geteeld (en PPO lukte het afgelopen jaar niet deze plant buiten te telen), dus blijft de vraag of dit zou kunnen. Er zijn met name twee vragen:

- a) Zou het Nederlandse klimaat goed genoeg zijn om Bengaalse hennep te kunnen telen?
- b) Zou de Nederlandse grond geschikt zijn om *Crotalaria* te kunnen telen?

**Ad a)** Zoals eerder beschreven is Bengaalse hennep een tropische of subtropische plant die de sterkste groei heeft in het desbetreffende klimaat. Echter zal Bengaalse hennep ook al bij een gemiddeld **temperatuur van 8.4** graden Celsius kunnen groeien. Dit wordt in Nederland net bereikt (gemiddelde temperatuur van Amsterdam is 10.1 graad). Helaas zijn er tot nu toe in Midden Europa geen studies bekend waar Bengaalse hennep buiten geteeld was. Alleen onder kasomstandigheden konden *Crotalaria* soorten ook in Midden Europa succesvol geteeld worden (bv. Bunte & Müller, 1996 → Duitsland).

**Ad b)** Naast het klimaat is er ook de vraag of Bengaalse hennep in de Nederlandse bodem kan groeien. Net als andere vlinderbloemigen zijn planten van het geslacht *Crotalaria* alleen in staat om stikstofknobbels te vormen als er bepaalde bacteriën (rhizobia) in de grond zijn (Samba et al. 1999). Voor *Crotalaria* soorten zijn dit vaak bacteriën uit de geslachten *Methylobacterium* of *Bradyrhizobium* (Jourand et al. 2004). Volgens deskundigen komen deze tropische en subtropische bacteriën niet in de Nederlandse bodem voor (pers. mededeling Joeke Postma, PRI). Dit blijkt ook uit een onderzoek dat al in de jaren twintig in Groot-Brittannië is uitgevoerd (Rothamsted, Harpenden) (Gangulee, 1926a). Hierin laat de auteur binnen een kasproef zien dat Bengaalse hennep wel groeit maar geen stikstofknobbeltjes vormt als de plant in gewone grond uit Rothamsted gezet wordt. Wordt er echter een beetje van de oorspronkelijke grond uit India aan toegevoegd dan vormt de plant meteen weer stikstofknobbels. Ook door het toevoegen van rhizobia die van klaver of erwten gewonnen werd lukte het niet om stikstofknobbeltjes aan *Crotalaria* wortels te induceren. Dezelfde auteur toonde in een andere studie aan dat zowel de grondsoort als het bodemvocht invloed hebben op de knobbelvorming (Gangulee, 1926b). Volgens deze studie leiden een hoger bodemvocht, een ruwere korrelgrootte (meer zand), en een hogere pH tot een versterkte knobbelvorming aan Bengaalse hennep.

Het feit dat er geen studies te vinden waren waarin Bengaalse hennep onder Midden Europese omstandigheden geteeld zijn laat zien dat het moeilijk zal zijn om deze plant hier te laten groeien. Maar kunnen wij misschien toch gebruik maken van deze kennis en op zoek gaan naar **alternatieven** zoals andere planten die hetzelfde type **inhoudstof** bevatten?

### 3.5 Zijn er andere soorten planten die pyrrolizidine alkaloiden bevatten?

*Crotalaria* soorten bevatten pyrrolizidine alkaloiden (PA's) (Rizk 1991) welke de plant tegen vijanden beschermen. Naast *Crotalaria* soorten zijn er echter ook een hele reeks andere planten bekend die eveneens PA's bevatten. Dit zijn zelfs honderden planten (voor een uitgebreide lijst zie Rizk 1991). Zo schatten Smith & Culvenor (1981) in dat 3% van de bloemplanten PA's bevatten. De meeste behoren tot de plantenfamilies

Asteraceae, Boraginaceae of Fabaceae (Leguminosae). In tegenstelling tot *Crotalaria* soorten zijn leden vanuit deze families door de hele wereld verspreid, ook in Midden Europa. Het is nu de vraag of deze vergelijkbare nematicide effecten op wortelknobbelaaltjes laten zien zoals *Crotalaria* soorten. Dan zouden deze planten binnen Midden Europa *Crotalaria* soorten kunnen vervangen en mogelijk als nematicide groenbemers geteeld worden. Daarmee zou men al de besproken problemen (klimaat, bodem, rhizobia) die met het telen van Bengaalse hennep zouden kunnen ontstaan, makkelijk omzeilen.

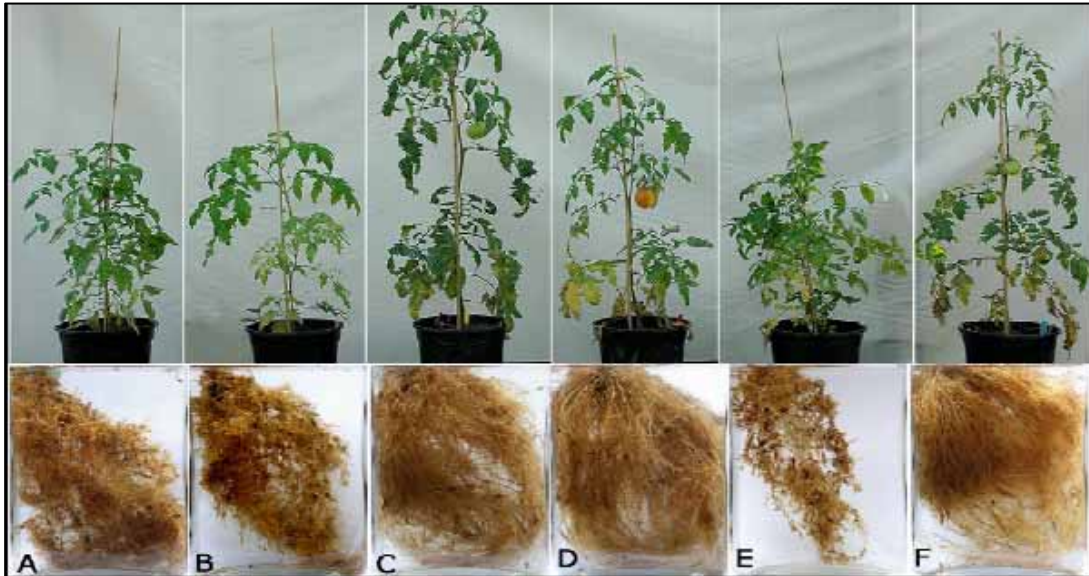
Welke planten zouden hiervoor geschikt zijn? Er zijn op dit moment al verschillende PA-bevattende planten die in Noord Europa geteeld worden. Echter niet als akkerbouwgewassen maar meer als tuinplanten. Deze behoren tot de geslachten:

- *Senecio* (kruiskruid, Asteraceae)
- *Ageratum* (ageratum, Asteraceae)
- *Heliotropium* (heliotroop, Boraginaceae)
- *Borago* (bernagie, Boraginaceae)
- *Symphytum* (smeerwortel, Boraginaceae)

In een deskstudie onderzochten Thoden & Boppré (2010) wat de effecten van deze planten op aaltjes zijn. Daarbij kwam naar voren dat enige van de desbetreffende planten gezien hun **waardplantenstatus** hetzelfde effect zoals *Crotalaria* soorten vertoonden: namelijk, dat ondanks de infectie door wortelknobbelaaltjes er geen vermeerdering plaats vond. Hieronder waren ook enkele studies met *Meloidogyne hapla*, *M. chitwoodi*, *M. fallax* en *M. ardenensis*, dus soorten die in Nederland aanwezig zijn. Zo toonden Thoden et al. (2009b) in een kasproef met bernagie (*Borago officinalis*), smeerwortel (*Symphytum officinalis*), *Ageratum houstonianum* en *Senecio bicolor* aan dat het Noordelijk wortelknobbelaaltje (*M. hapla*) wel in de wortels kon indringen maar er vervolgens geen (bij *Senecio* en *Ageratum*) of alleen een sterk verlaagde reproductie (*Borago* en *Symphytum*) plaats vond. PA's waren in alle wortels aantoonbaar. In een vergelijkbare kasstudie met *M. hapla* en *Senecio vulgaris* namen Bélair & Benoit (1996) wel wortelknobbels maar geen ei-massa's waar. Geen of alleen lichte vermeerdering van *M. chitwoodi* en *M. fallax* aan *Senecio vulgaris* zijn door Kutywayo & Been (1996) en Zoon & de Heij (2004) waargenomen. Daarnaast waren er ook publicaties te vinden die negatieve effecten op andere endoparasieten zoals *Heterodera zea* (maïscysten aaltjes) of *Globodera pallida* (aardappelcysten aaltjes) aantoonde (Zorilla & Davide 1983, Ringer et al. 1987).

Verder viel op dat meerdere studies nematicide effecten rapporteerden als de juveniele van *Meloidogyne* soorten aan desbetreffende **plantenextracten** blootgesteld waren. Dit leidde ook tot een verminderde uitkomst van eieren. Het uitbrengen van desbetreffende extracten leidde vervolgens tot een vermindering aan de infectie door wortelknobbelaaltjes (Thoden et al. 2007).

Daarnaast toonden meerdere studies aan dat er negatieve effecten op wortelknobbelaaltjes waren als PA-bevattende planten of als pure **bodemverbeteraar** werden toegediend (mulch) of als deze planten tevoren geteeld en vervolgens ingewerkt werden (Thoden et al. 2010). Dit was ook het geval voor de al genoemde planten *Senecio bicolor* en *Ageratum houstonianum* wiens teelt en inwerking tot een sterkere afname van het Noordelijk Wortelknobbelaaltje leidde dan een drie maanden durende zwarte braak (zie Figuur 3, Thoden et al. 2009b).



**Figuur 3:** De effecten van verschillende PA-bevattende (A = *Borago officinalis*; B = *Symphytum officinalis*; C = *Senecio bicolor* & D = *Ageratum houstonianum*) en niet PA-bevattende (E = tomaat & F = braak) voorvruchten op de *M. hapla*-infectie van tomaat (uit Thoden et al. 2009b).

### 3.6 Mogelijke risico's

Aan het gebruik van "nieuwe" planten zijn vaak ook risico's gekoppeld die we willen uitleggen. De mogelijke inzet van zowel *Crotalaria* soorten als ook van andere PA-bevattende planten zouden de volgende risico's kunnen opleveren:

- a) **Pyrrolizidine alkaloiden** zijn toxisch voor zuigdieren.
- b) ***Crotalaria*** en enkele van de genoemde planten (b.v. *Ageratum*) zijn geen endemische soorten (neofyten).

**Ad a)** Pyrrolizidine alkaloiden zijn hepatotoxisch. Er is bekend dat de directe consumptie van desbetreffende planten een risico voor dieren en mensen kan vormen (Wiedenfeld 2010). Daarbij zijn het niet de acute gevolgen die problemen vormen (geen hoge acute toxiciteit) maar wel de gevolgen die door langdurige consumptie van desbetreffende planten ontstaan. Er bestaat echter geen risico dat PA's door een navolgend geteeld gewas (b.v. na de teelt van *Crotalaria*) opgenomen worden omdat de stoffen erg snel door bodembacteriën afgebroken worden.

Verder worden PA's bij het inkuilen van plantmateriaal voor een groot deel enzymatisch afgebroken (Berendonk et al. 2010). Desondanks mogen PA-bevattende planten niet of maar alleen beperkt als veevoer worden gebruikt.

**Ad b)** Het introduceren van nieuwe soorten kan een groot gevaar voor de endemische flora en fauna vormen. Omdat deze soorten hier vaak geen natuurlijke vijanden hebben kunnen ze zich ongehinderd uitbreiden en vervolgens inheemse soorten verdringen ("enemy release hypothesis"). Voorbeelden zijn planten zoals de bospest (*Prunus serotina*), groot springzaad (*Impatiens noli-tangere*) of nachtschaduwachtige gewassen. Om dit soort risico's te minimaliseren kunnen enkele criteria opgesteld worden waaraan potentiële nieuwe groenbemester moeten voldoen:

- Alleen planten gebruiken die al in het gebied voorkomen (endemisch of geïntroduceerd).
- Als het "nieuwe" planten zijn dan bij voorkeur planten die zich niet makkelijk kunnen verspreiden! (niet winterhard, voor de bloei afmaaien).

## 4 Discussie en conclusie

**Bengaalse hennep** Deze deskstudie is bedoeld om een inschatting te kunnen geven of Bengaalse hennep een nieuw “wapen” ter bestrijding van wortelknobbelaaltjes zou kunnen zijn. Uit de literatuur blijkt wel dat dit in de tropen en subtropen het geval is. Daarbij valt op dat veel *Crotalaria* soorten door wortelknobbelaaltjes geïnfecteerd worden maar dat de juveniele larven zich vervolgens niet kunnen doorontwikkelen tot volwassenen. Dit leidt tot een actieve afname aan aaltjes (sterker dan bij braak).

Helaas zijn nog geen studies uitgevoerd waarin Bengaalse hennep in Midden Europa geteeld is. Verder zijn er bijna geen studies gevonden die de effecten van Bengaalse hennep op in Nederland voorkomende soorten van wortelknobbelaaltjes onderzocht hebben. Heeft dit te maken met de groeiomstandigheden? In principe zou Bengaalse hennep hier kunnen groeien omdat een gemiddelde temperatuur van 8.4 graden Celsius al voldoende is voor deze plant. Vermoedelijk zal de groei minder dan in de tropen zijn en vermoedelijk zullen er ook geen stikstofknobbels gevormd worden omdat bepaalde rhizobia ontbreken. Dit zal door het toevoegen van bepaalde bacteriën opgelost kunnen worden (bv. als een zaadcoating). De auteurs stellen voor deze plant in het kader van kasproeven binnen het “nieuwe groenbemestersproject” mee te nemen (najaar 2011).

**Alternatieven** Naast *Crotalaria* zijn er honderden andere planten die dezelfde groep van planteninhoudstoffen produceren. Gezien het feit dat deze stoffen nematocide effecten teweegbrengen ligt het voor de hand naar PA-bevattende planten te zoeken die al in Nederland voorkomen. Eerste positieve resultaten konden met planten zoals *Senecio bicolor* of *Ageratum conyzoides* bereikt worden, die na een 7-8 weken durende teelt (onder kasomstandigheden) de aantallen *M. hapla* sterker reduceerden dan zwarte braak. Het zal nu de moeite waard zijn binnen nieuwe proeven deze resultaten te herhalen en tegelijkertijd te meten wat de effecten op andere plantenparasitaire aaltjes, zoals met name *M. chitwoodi*, zijn. Vervolgens moeten veldstudies laten zien of deze planten geschikt zijn voor een teelt in de akkerbouw. Uit onderstaande tabel is te zien welke voor- en nadelen desbetreffende mogelijke kandidaten hebben.

Een verdere mogelijkheid zou kunnen zijn om de inhoud van PA-bevattende planten te extraheren en deze extracten te onderzoeken m.b.t. hun aaltjesbestrijding. PA's zijn voor een groot deel water oplosbaar wat tot een extractie van deze stoffen in water leidt. Eigen proeven met extracten van PA-bevattende planten lieten zien dat deze de infectie door het Noordelijke wortelknobbelaaltje sterk verlaagden (Thoden et al. 2007).

Er zijn dus verschillende mogelijkheden om *Crotalaria* soorten of vergelijkbare planten voor nematodenbestrijding in te zetten. Het voorbeeld “Afrikaantjes en Pratylenchidae” laat zien dat een op planteninhoudstoffen gebaseerd aaltjesmanagement vaak betere en duurzamere resultaten levert dan synthetische middelen. Dit zou als motivatie kunnen dienen om verdere nematocide planten te vinden en bijvoorbeeld als groenbemester te gebruiken (HPA groenbemesters project 2011).

**Tabel 1: Voor en nadelen (eigenschappen) van verschillende PA-bevattende planten.**

	PA-toxiciteit	biomassa	bewortelings type	uitzaaien, kieming	opmerkingen
<i>Senecio</i> spp.	hoog	laag	gewoon	moeilijk	endemisch
<i>Ageratum</i> spp.	middel	laag	gewoon	moeilijk	neofyt
<i>Crotalaria</i>	middel	hoog	rhizobia	moeilijk	neofyt
<i>Borago</i>	laag	hoog	penwortel	makkelijk	endemisch
<i>Symphytum</i>	laag	middel	rhizoom	makkelijk	onkruid



## 5 Literatuur

- Bélaïr & Benoit (1996) Host suitability of 32 common weeds to *Meloidogyne hapla* in organic soils of Southwestern Quebec. *Journal of Nematology* 28, 643-647.
- Berendonk C, Cerff D, Hünting K, Wiedenfeld H, Becerra J, Kuschak M (2010). Pyrrolizidine alkaloid level in *Senecio jacobaea* and *Senecio erraticus* - the effect of plant organ and forage conservation. Grassland in a changing world. *Proceedings of the 23rd Meeting of the European Grassland Federation*, Kiel, 669-671.
- Bünthe B, Müller J (1996). Influence of resistant oil radish genotypes on the population dynamics of *Meloidogyne hapla* and *M. incognita*. *Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz* 103, 527-534.
- FAO (2011). *Crotalaria juncea*.  
<http://www.fao.org/ag/AGP/AGPC/doc/Gbase/DATA/PF000475.HTM>
- Fassuliotis G, Skucas GP (1969) The effect of pyrrolizidine alkaloid ester and plants containing pyrrolizidine on *Meloidogyne incognita acrita*. *Journal of Nematology* 1, 287-288
- Faulkner LR, McElroy FD (1964). Host range of the northern root-knot nematode on irrigated crop plants and weeds in Washington. *Plant Disease Reporter* 48, 190-193.
- Gangulee N (1926a). The organisms forming nodules on *Crotalaria juncea* (L.). *Annals of Applied Biology* 13, 256-259.
- Gangulee N (1926b). The effect of some soil conditions on nodule formation on *Crotalaria juncea* (L.). *Annals of Applied Biology* 13, 244-252.
- Germani G, Plenchette C (2004). Potential of *Crotalaria* species as green manures crops for the management of pathogenic nematodes and beneficial mycorrhizal fungi. *Plant and Soil* 266, 333-342.
- Good JM, Minton NA, Jaworski CA (1965). Relative susceptibility of selected cover crops and coastal bermudagrass to plant nematodes. *Phytopathology* 55, 1026-1030.
- Jourand P, Giraud E, Béna G, Sy A, Willems A, Gillis M, Dreyfus B, de Lajudie P (2004). *Methylobacterium nodulans*, a group of aerobic, facultatively methylotrophic, legume root-nodule-forming and nitrogen-fixing bacteria. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology* 54, 2269-2273.
- Kutywayo V, Been T (2006) Host status of six major weeds to *Meloidogyne chitwoodi* and *Pratylenchus penetrans*, including a preliminary field survey concerning other weeds. *Nematology* 8, 647-657.
- Linford MB, Yap F, Oliveira JM (1938). Reduction of soil populations of the root-knot nematode during decomposition of organic matter. *Soil Science* 45, 127-142.
- Macel M, Bruinsma M, Dijkstra SM, Ooijendijk T, Niemeyer HM, Klinkhamer PGL (2005). Differences in effects of pyrrolizidine alkaloids on five generalist insect herbivore species. *Journal of Chemical Ecology* 31, 1493-1508.
- Martin GC (1958). Root knot nematodes (*Meloidogyne* spp.) in the federation of Rhodesia and Nyasaland. *Nematologica* 3, 332-349.
- Mc Sorley R (1999). Host suitability of potential cover crops for root-knot nematodes. Supplement to the *Journal of Nematology* 31, 619-623.

- McSorley R, Seal DR, Klassen W, Wang, Hooks CRR (2009). Non target effects of sunn hemp and marigold cover crops on the soil invertebrate community. *Nematropica* 39, 235-245.
- Polhill RM(1982). *Crotalaria* in Africa and Madagascar (Monograph). Balkema
- Quiroga-Madrigal, Rodriguez-Kabana R, Robertson DG, Weaver CF, King, PS (1999). Nematode populations and enzymatic activity in rhizospheres of tropical legumes in Auburn, Alabama. *Nematropica* 29,129 (abstract).
- Rich JR, Rahi GS (1995). Suppression of *Meloidogyne javanica* and *M. incognita* on tomato with ground seed of castor, crotalaria, hairy indigo, and wheat. *Nematropica* 25, 159-164.
- Ringer CE, Sardanelli S, Krusberg LR (1987). Investigations of the host range of the corn cyst nematode, *Heterodera zea*, from Maryland. *Journal of Nematology* 1, 97-106.
- Rizk AM (1991). Naturally Occurring Pyrrolizidine Alkaloids. CRC Press Inc., USA.
- Rotar PP, Joy RJ (1983). "Tropic Sun" *Crotalaria juncea*. Research Extensions Series 036. University of Hawaii.
- Samba RT, de Lajudie P, Gillis M, Neyra M, Spencer MM, Dreyfus B (1999). Diversity of rhizobia nodulating *Crotalaria* spp. from Senegal. *Symbiosis* 27, 259-268.
- Silva GS, Ferraz S, Santos JM (1989). Atração, penetração e desenvolvimento de larvas de *Meloidogyne javanica* em raízes de *Crotalaria* spp. *Fitopatologia Brasileira* 13:151-163.
- Silva GS, Ferraz S, Santos JM (1990). Effect of *Crotalaria* spp. on *Meloidogyne javanica*, *Meloidogyne incognita* race 3 and *Meloidogyne exigua*. *Fitopatologia Brasileira* 15, 94-95.
- Speiser B, Harmatha J, Rowell-Rahier M (1992) Effects of pyrrolizidine alkaloids and sesquiterpenes on snail feeding. *Oecologia* 92, 257-265
- Smith LW, Culvenor CCJ (1981). Plant sources of hepatotoxic pyrrolizidine alkaloids. *Journal of Natural Products* 44, 129-152.
- Thoden TC, Boppré M, Hallmann J. (2007). Pyrrolizidine alkaloids of *Chromolaena odorata* act as nematocidal agents and reduce infection of lettuce by *Meloidogyne incognita*. *Nematology* 9, 343-349.
- Thoden TC, Boppré M, Hallmann J. (2009a). Effects of pyrrolizidine alkaloids on plant-parasitic and free-living nematodes. *Pest Management Science* 65, 823-830.
- Thoden TC, Hallmann J, Boppré M (2009b). Effects of plants containing pyrrolizidine alkaloids on the northern root-knot nematode *Meloidogyne hapla*. *European Journal of Plant Pathology* 123, 27-36.
- Thoden TC, Boppré M (2010). Plants producing pyrrolizidine alkaloids: sustainable tools for nematode management. *Nematology* 12, 1-24.
- Tropical Forages (2011). *Crotalaria juncea*.  
[http://www.tropicalforages.info/key/Forages/Media/Html/Crotalaria\\_juncea.htm](http://www.tropicalforages.info/key/Forages/Media/Html/Crotalaria_juncea.htm)
- Van Dam NM, Vuister LWM, Bergshoeff C, De Vos H, Van der Meijden E (1995b) The „raison d'être“ of pyrrolizidine alkaloids in *Cynoglossum officinale*: deterrent effects against generalist herbivores. *Journal Chemical Ecology* 21, 507-523
- Wang KH, Sipes BS, Schmitt DP (2002). *Crotalaria* as a cover crop for nematode management: a review. *Nematropica* 32, 35-57.



- Wang KH, McSorley R, Marshall AJ, Gallaher RN (2006). Nematode community changes associated with decomposition of *Crotalaria juncea* amendment in litterbags. *Applied Soil Ecology* 27, 31-45.
- Wang KH, McSorley R, Marshall A, Gallaher RN (2006). Influence of organic *Crotalaria juncea* hay and ammonium nitrate fertilizers on soil nematode communities. *Applied Soil Ecology* 31, 186-198.
- Wiedenfeld H (2011). Plants containing pyrrolizidine alkaloids: toxicity and problems. *Food Additives and Contaminations* 28, 282-292.
- Zoon F, De Heij A (2004). Onkruiden als waardplanten van *Meloidogyne chitwoodi* en *M. fallax*. *Gewasbescherming* 35, 293-294.
- Zorilla RA, Davide RG (1983). Host range, development and survival of the potato cyst nematode, *Globodera rostochiensis*, on potato in the Philippines. *Philippine Agricultural Scientist* 66, 439-447.

## 6 Bijlagen

Crotalaria for nematode management: Wang *et al.*

39

Table 1. Examples of positive effects of *Crotalaria* spp. on plant-parasitic nematodes management.

Species	Experimental conditions	Target nematode	Results	References
<i>Crotalaria</i> sp.	Host testing	<i>Meloidogyne</i> spp.	Poor host in tobacco fields of Florida.	Bratley, 1942
	Host testing	<i>Meloidogyne javanica</i> , <i>Pratylenchus coffeae</i>	Reduced nematodes on tea more efficiently than fallow.	Visser and Vythilingam, 1959
	Host testing Trap crop	<i>R. reniformis</i> <i>Meloidogyne</i> spp. on citrus (Asiatic pyroid citrus nematode)	Reduced nematode population densities. Nematode invaded roots but no nematode reproduction.	Román, 1964 Chitwood and Young, 1960
<i>C. agatiflora</i>	Host testing in field soil	Majority of <i>M. javanica</i> mixed with <i>M. incognita</i>	No nematodes were recovered from soil or roots.	Desseger and Rao, 1999
	Preplant cover crop for maize	<i>M. incognita</i> , <i>M. javanica</i>	Decreased nematode populations before and after maize planting compared to weed fallow.	Desseger and Rao, 2000
<i>C. breviflora</i>	Field test	Ectoparasitic nematodes	Effectively reduced nematode numbers.	Ochse and Brewton, 1954
	Host testing	<i>M. incognita</i> race S, <i>M. javanica</i>	No nematodes detected.	Santos and Ruano, 1987
	Host testing	<i>R. reniformis</i> <i>P. zea</i>	No nematodes detected. Low numbers compared to those in sorghum.	Silva <i>et al.</i> , 1989b Silva <i>et al.</i> , 1989a
<i>C. endecaphylla</i> <i>C. fukua</i>	Host testing	<i>M. incognita</i> , <i>M. javanica</i>	No nematodes recovered after 4 months	Desseger and Rao, 1999
	Host testing	<i>M. incognita</i> , <i>M. javanica</i>	Non-host of these nematodes.	Neicher and Sikora, 1990
	Preplant cover crop for tobacco	<i>M. javanica</i>	Suppressed damage of <i>M. javanica</i> on tobacco.	Shepherd and Barker, 1998
<i>C. grahamiana</i>	Host testing	<i>M. incognita</i> , <i>M. javanica</i>	Non-host of these nematodes.	Neicher and Sikora, 1990; Desseger and Rao, 1999
	Preplant cover crop for tobacco	<i>M. javanica</i>	Suppressed damage of <i>M. javanica</i> on tobacco.	Shepherd and Barker, 1998
<i>C. guineuse</i> <i>C. granitiana</i>	Host testing	<i>M. incognita</i> , <i>M. javanica</i>	No nematodes recovered after 4 months	Desseger and Rao, 1999
	Host testing	<i>M. incognita</i> race S, <i>M. javanica</i>	Resistant.	Santos and Ruano, 1987
	Host testing	<i>F. brachyurus</i> , <i>P. zea</i>	No nematodes were detected.	Silva <i>et al.</i> , 1989a
<i>C. granitiana</i> <i>C. incana</i> <i>C. intermedia</i>	Host testing	<i>R. reniformis</i>	Poor host.	Silva <i>et al.</i> , 1989b
	Host testing	<i>M. incognita</i> , <i>M. javanica</i>	No nematodes recovered after 4 months	Desseger and Rao, 1999
	Preplant cover crop for tobacco	<i>M. javanica</i>	Suppressed damage of <i>M. javanica</i> on tobacco.	Shepherd and Barker, 1998
<i>C. juncea</i>	Host testing	<i>Meloidogyne</i> spp.	Low root gall index.	Godfrey, 1928
	Host testing	<i>M. incognita</i> race S, <i>M. javanica</i>	Resistant.	Santos and Ruano, 1987

Table 1. (Continued) Examples of positive effects of *Crotalaria* spp. on plant-parasitic nematodes management.

Species	Experimental conditions	Target nematode	Results	References
<i>C. javanica</i>	Host testing	<i>M. arenaria</i> , <i>M. incognita</i> , <i>M. javanica</i>	Only occasional egg masses observed on <i>M. incognita</i> infected plants.	McSorley, 1999
	Host testing	<i>M. exigua</i>	Highly efficient in suppressing the nematode.	Silva <i>et al.</i> , 1990a
	Host testing	<i>M. javanica</i>	Smaller giant cells; fewer giant cells per female; giant cells showed granular, dense cytoplasm, with small number of nuclei; large vacuoles frequently absent. Some <i>M. javanica</i> reproduction but no galls observed and no juveniles found in soil. <i>M. javanica</i> extracted by mist chamber were significantly lower than that from the tomato.	Silva <i>et al.</i> , 1990b
	Host testing	<i>M. javanica</i>	Penetrate the roots but cannot develop into adult 45 days after inoculation.	Silva <i>et al.</i> , 1989c
	Host testing	<i>F. brachyurus</i>	Survived but failed to multiply.	Charchar and Huang, 1981
	Host testing	<i>F. brachyurus</i> , <i>F. zea</i>	Low numbers compared to those in sorghum.	Silva <i>et al.</i> , 1989
	Host testing	<i>Rotylenchulus reniformis</i>	Poor host, limited penetration, reduced <i>R. reniformis</i> at least as well as fallow.	Caswell <i>et al.</i> , 1991; Robinson <i>et al.</i> , 1998; Silva <i>et al.</i> , 1989b
	Leaf extract	<i>Radopholus similis</i>	Lethal at dilution of 1:5 at 24 hours after incubating the nematodes in the extract.	Jassy and Koshy, 1994
	Preplant cover crop for cotton	<i>M. incognita</i>	Suppressed population densities on cotton.	Robinson <i>et al.</i> , 1988
	Preplant cover crop for taro	<i>M. javanica</i>	Reduced nematode numbers on taro and increased taro corn weight better than continuous taro planting.	Sipes and Arakaki, 1997
	Preplant cover crop for tobacco	<i>M. javanica</i>	Suppressed damage by <i>M. javanica</i> to tobacco.	Shepherd and Barker, 1998
	Preplant cover crop for pineapple	<i>R. reniformis</i>	Reduced nematode population density compared to fallow.	Wang, 2000
	Intercropping with banana	<i>Helicotylenchus multicaucus</i> , <i>Hoplolaimus indicus</i> , <i>R. similis</i> , <i>R. reniformis</i>	Reduced the nematode population densities better than carbofuran treatment and increased banana yield.	Charles, 1995

Bron: Wang et al. (2002)