



# Studienamiddag – Wortelknobbelaaltjes in de bioteelt

Woensdag, 26 oktober 2022

AGENTSCHAP  
INNOVEREN & ONDERNEMEN

[www.vlaio.be](http://www.vlaio.be)



## Programma

- Korte voorstelling PCG en ILVO—wat doen zij voor de biosector
- Wat zijn nematoden?
- Welke nematoden zijn schadelijk met focus op wortelknobbelnematoden?
- Hoe kunnen we nematoden beheersen?
- Afsluitend drankje

# IPM en nematoden

Wim M.L. Wesemael

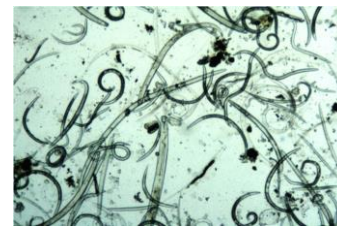


# Principes van geïntegreerde nematodenbeheersing

- Preventie
- Probleem herkenning
- Teelttechnische en fysische maatregelen
- Biologische controle
- (Chemische controle)

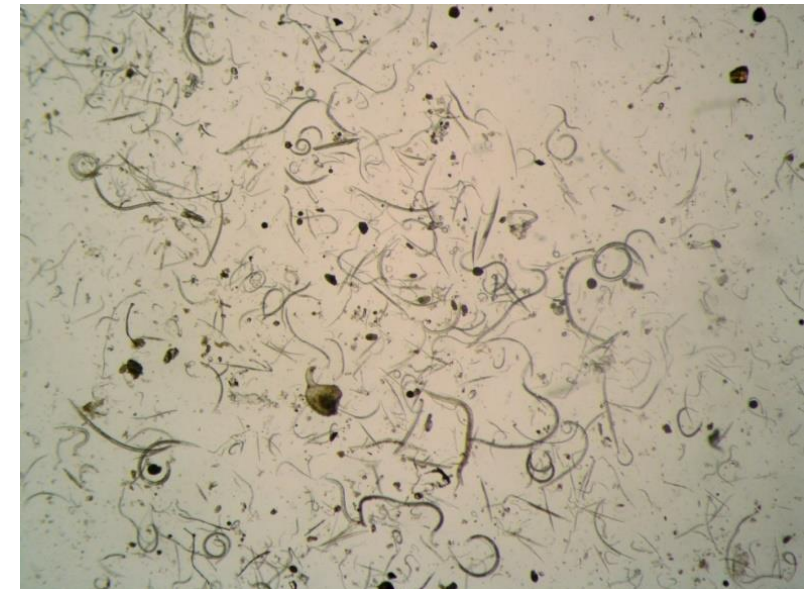


**Bewustwording**



# Wat zijn nematoden?

- Meestal draadvormige worm (aaltje; nema = Grieks voor draad)
- Minder dan 1 mm lang (meestal)
- Veel soorten (>500000) en verblijfplaatsen
  - Mens
  - Dier
  - Plant
  - Bodem
  - Water
  - Zee
  - ... **➔** altijd in vochtig milieu
- Nuttig en schadelijk
- Zeer talrijk (4-10 miljard/m<sup>3</sup> in de bouwvoor)



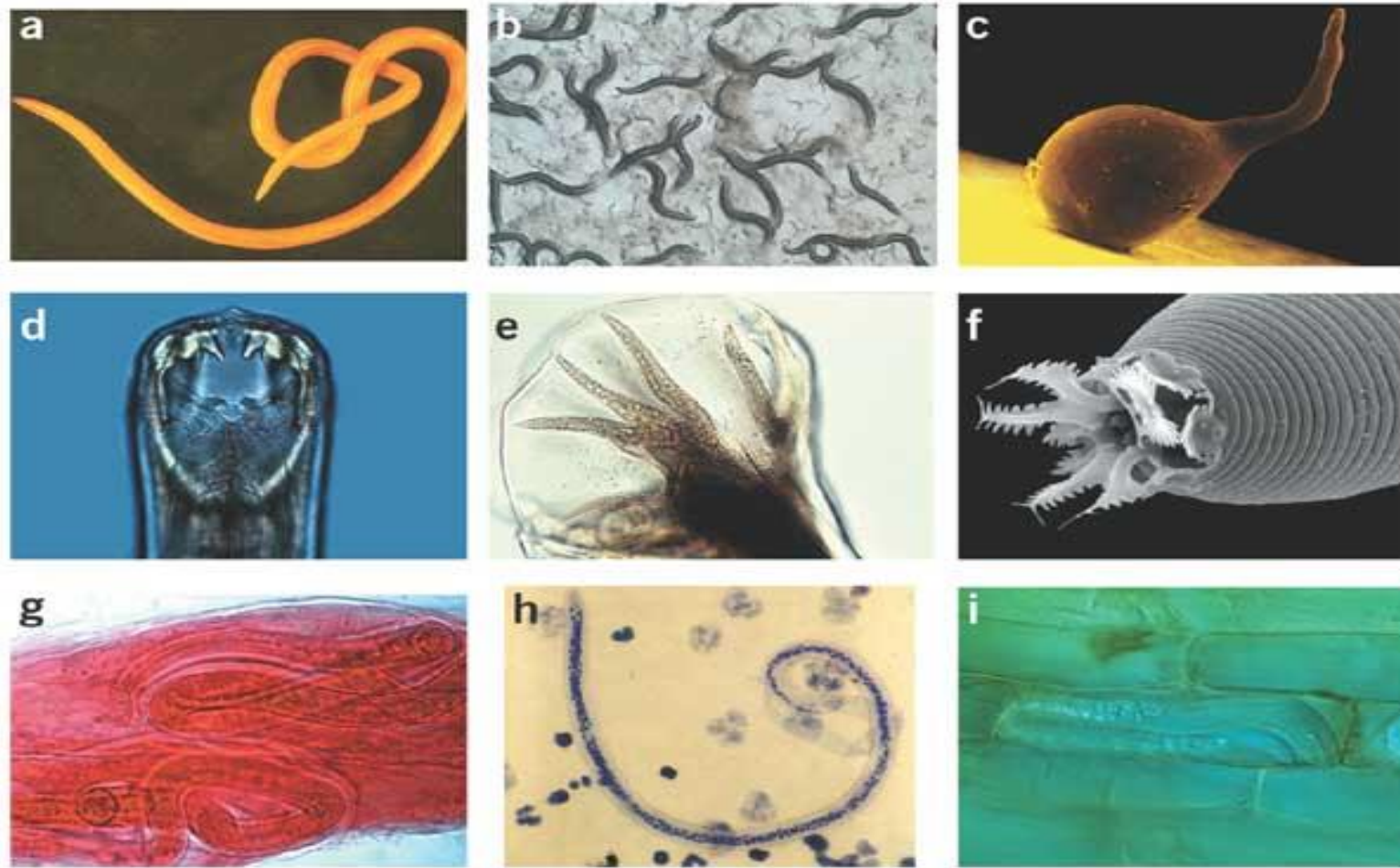


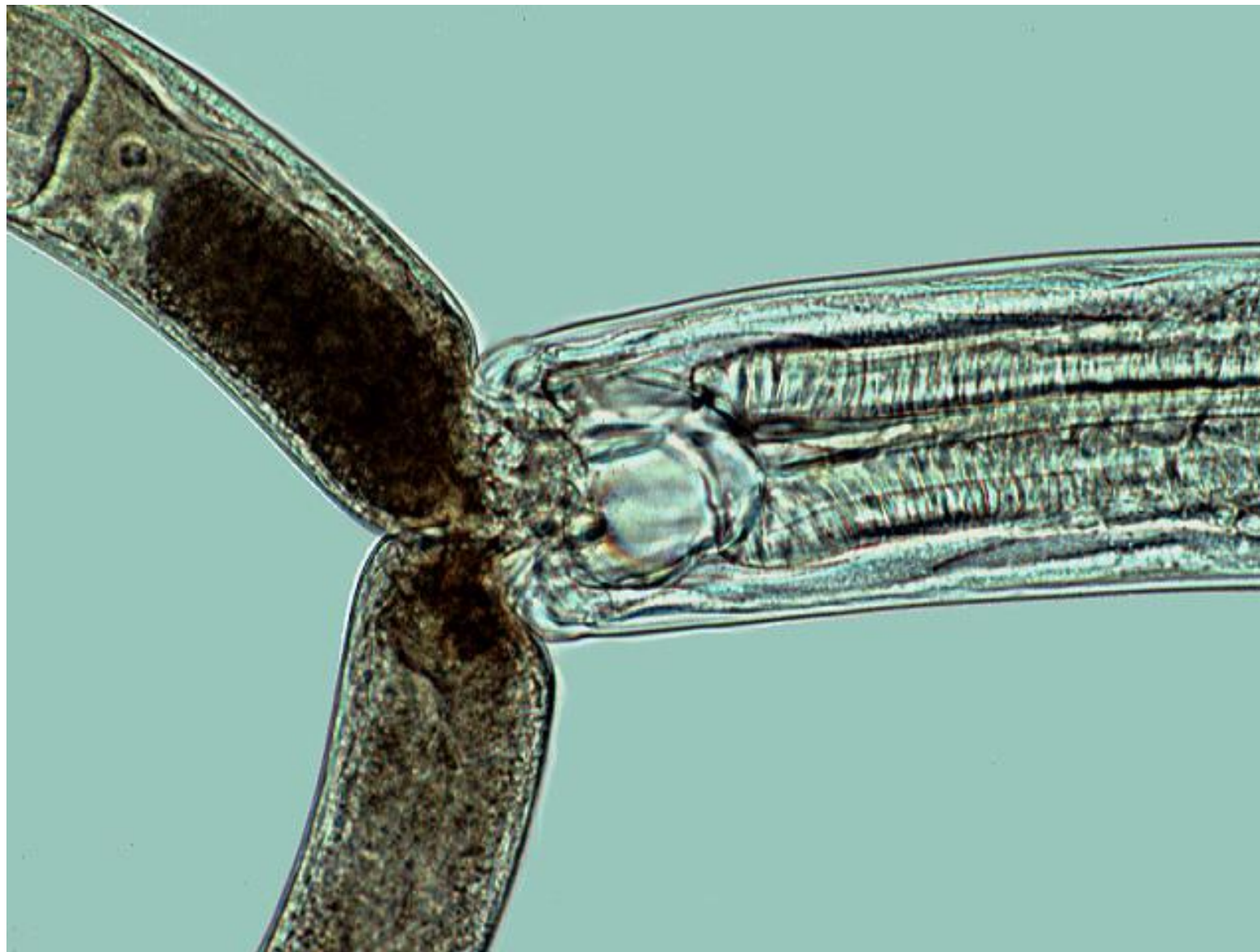
Figure 1. Diversity of nematode morphology and lifestyle.

(a) Adult *Ascaris* worm, an intestinal parasite of vertebrates. The human form is 30 cm long and 0.5 cm wide. (b) Culture of *Caenorhabditis*, a free-living nematode, illustrating life-cycle stages. Adults are 1.5 mm long and 80  $\mu$ m wide. Photo by A. L. Diogo (University of Evora, Evora, Portugal). (c) Scanning electron micrograph of a female root-knot nematode (plant parasite), *Meloidogyne arenaria*. Photo by J. D. Eisenback (Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg, Virginia, USA) (d) Anterior end of hookworm *Ancylostoma*. Photo by J. D. Eisenback (Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg, Virginia, USA) (e) Posterior end (bursa) of hookworm *Ancylostoma*. Photo by J. D. Eisenback (Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg, Virginia, USA) (f) Scanning electron micrograph of anterior of *Acrobeles* sp., a bacterial feeder. Photo by P. Vieira (University of Evora, Evora, Portugal). (g) *Trichinella* larvae encysted in vertebrate muscle cells. Photo by J. D. Eisenback (Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg, Virginia, USA) (h) *Microfilaria* (larval stage) of filarial worm *Wuchereria* in blood smear. (i) Plant parasite *Pratylenchus* feeding inside cortical cell of root. Photo by U. Zunke (University of Hamburg, Hamburg, Germany).



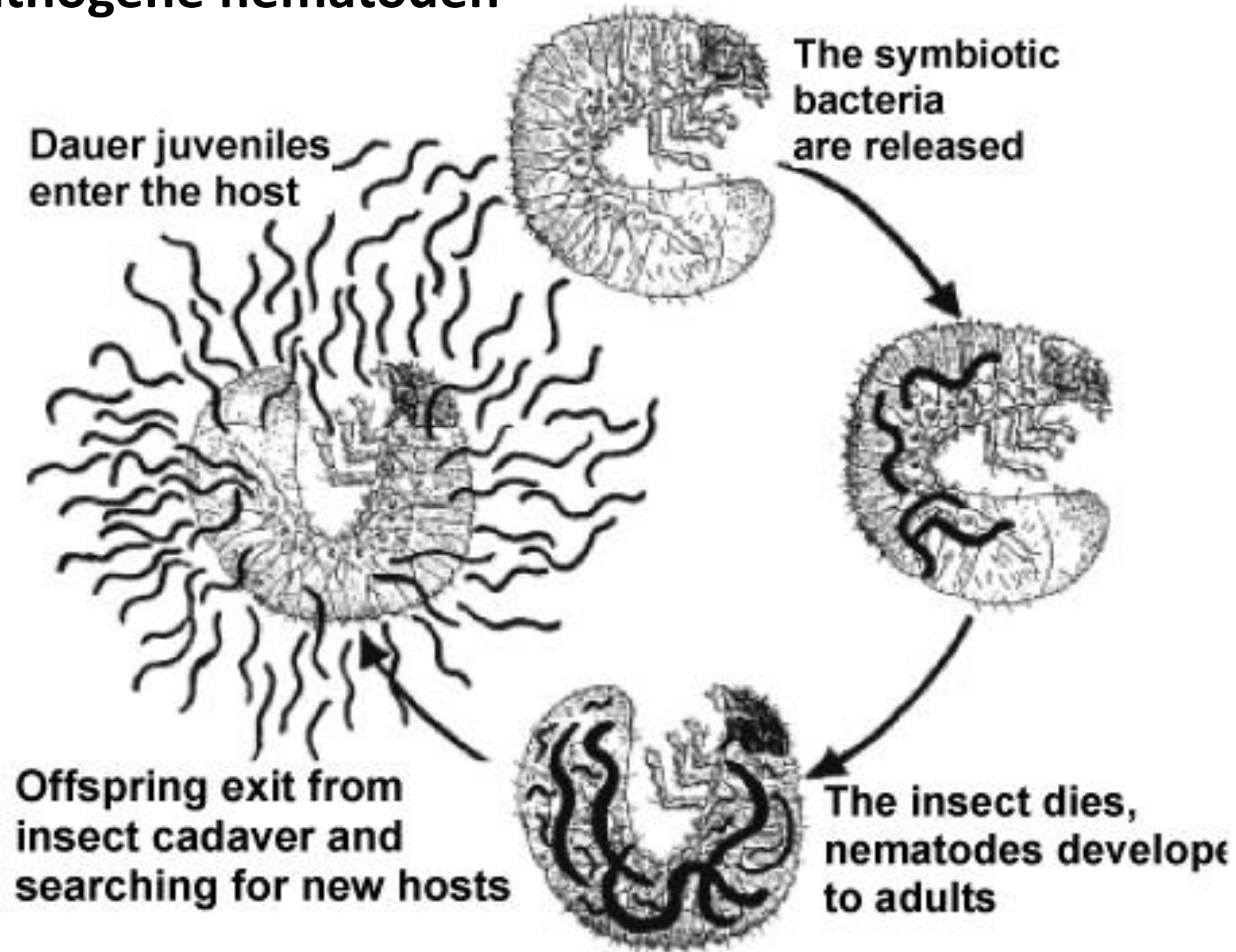
Filariasis (elefantiasis) veroorzaakt door *Wuchereria bancroftii*

***Mononchoides* spp. (predatore nematoden)**

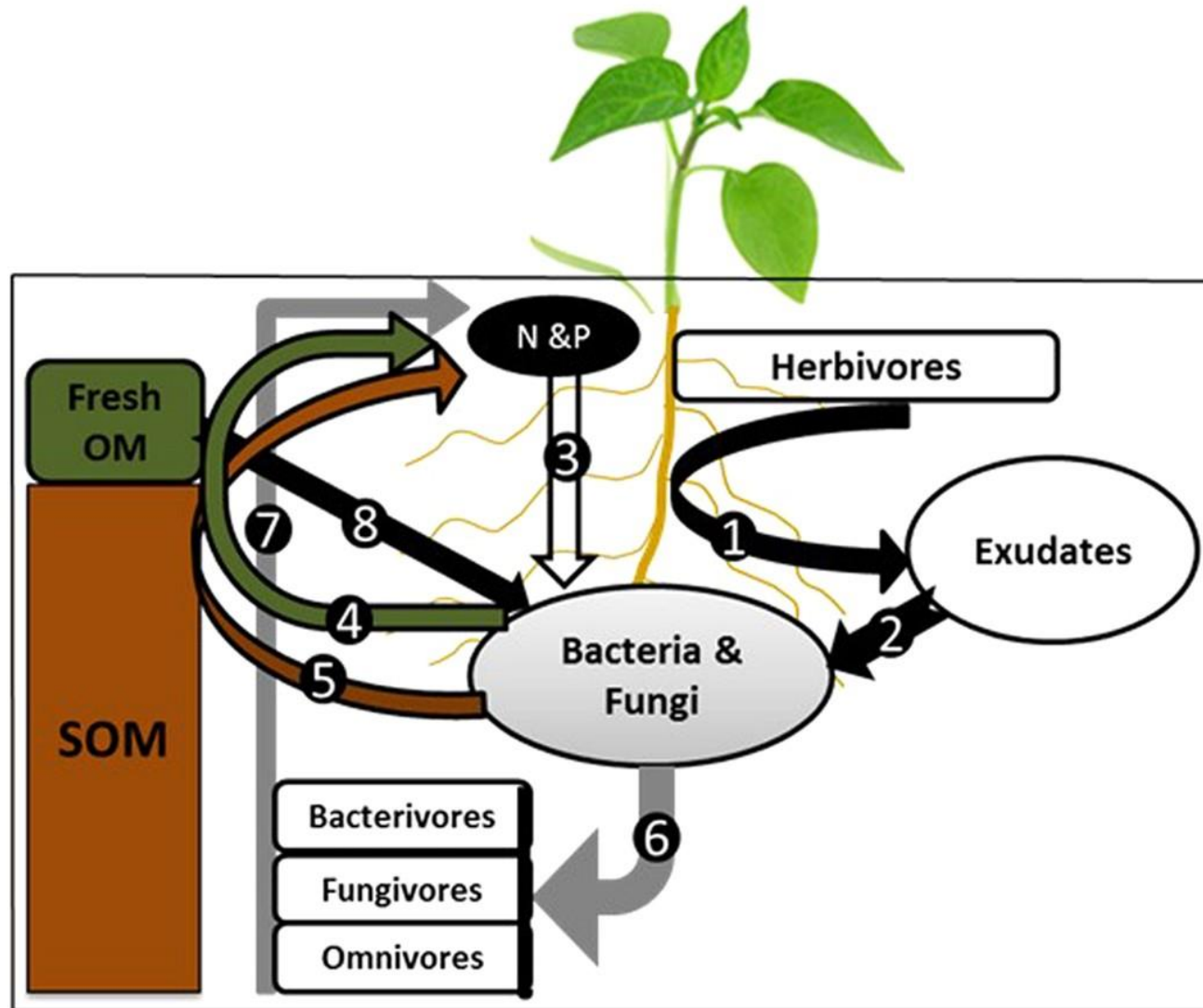




# Entomopathogene nematoden



# Nematoden en nutriëntencyclus

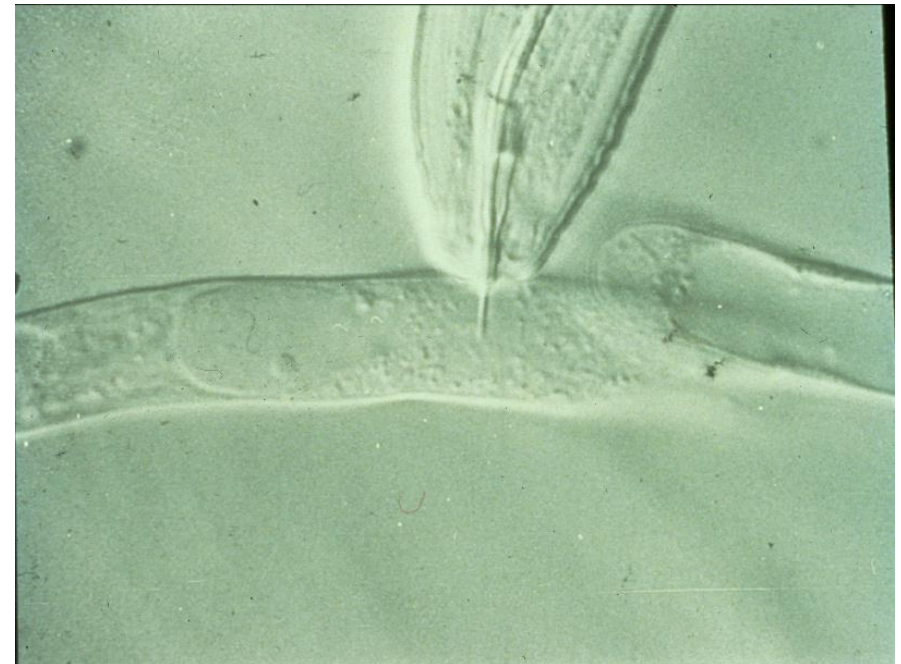


The main mechanisms by which nematode functional groups link below- and above-ground processes under resource-rich conditions.

Root herbivory (1) increases root exudation stimulating bacterial and fungal growth (2). Microbial communities then immobilize (3) N and P from the bio-available pool and N and P acquired from that of the externally added fresh OM (4) and the native SOM (5) through a mechanism known as root priming effect. Bacterivores and fungivores feed on the microbial communities (6) and excrete N and P in excess of their metabolic needs through a mechanism known as microbial loop (7) which otherwise would have been locked up in the microbial biomass. By increasing available nutrients, nematodes enhance plant nutrient availability and uptake. Depending on the chemical composition, the fresh OM would stimulate the microbial biomass and activity (8) in a way similar to that of exudates.

# Plantenparasitaire nematoden

- Voeden zich op planten
- Vermenigvuldigen zich op planten
- Veroorzaken schade aan planten  
(niet noodzakelijk!)



# Voornaamste nematodenproblemen in de akkerbouw/groenteteelt

- Vectoren van plant virussen (Longidoridae, Trichodoridae)
- Stengelnematoden (*Ditylenchus* spp.)
- Wortellesienematoden (*Pratylenchus* spp.)
- Bietencysten (*Heterodera schachtii*)
- Aardappelcysten (*Globodera* spp.)
- **Wortelknobbelnematoden (*Meloidogyne* spp.)**

# *Trichodoridae/Longidoridae*



## Virusoverdracht

*Xiphinema-Longidorus:*  
nepovirussen

*Trichodorus-Paratrichodorus:*  
tobravirussen



*Longidorus* spp. (needle nematode)



Foto PCS

# *Ditylenchus dipsaci* (stengelaaltje)

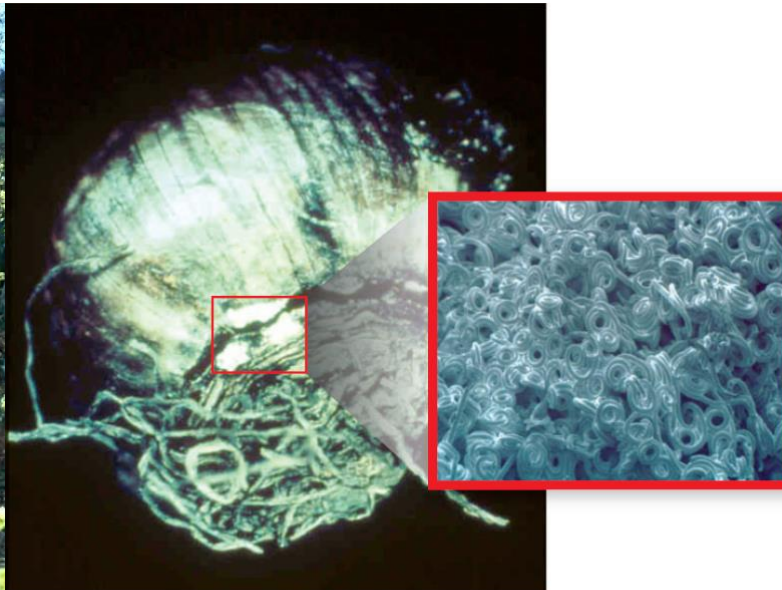
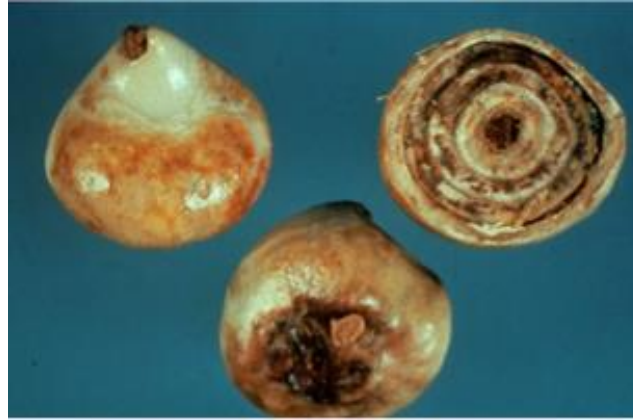
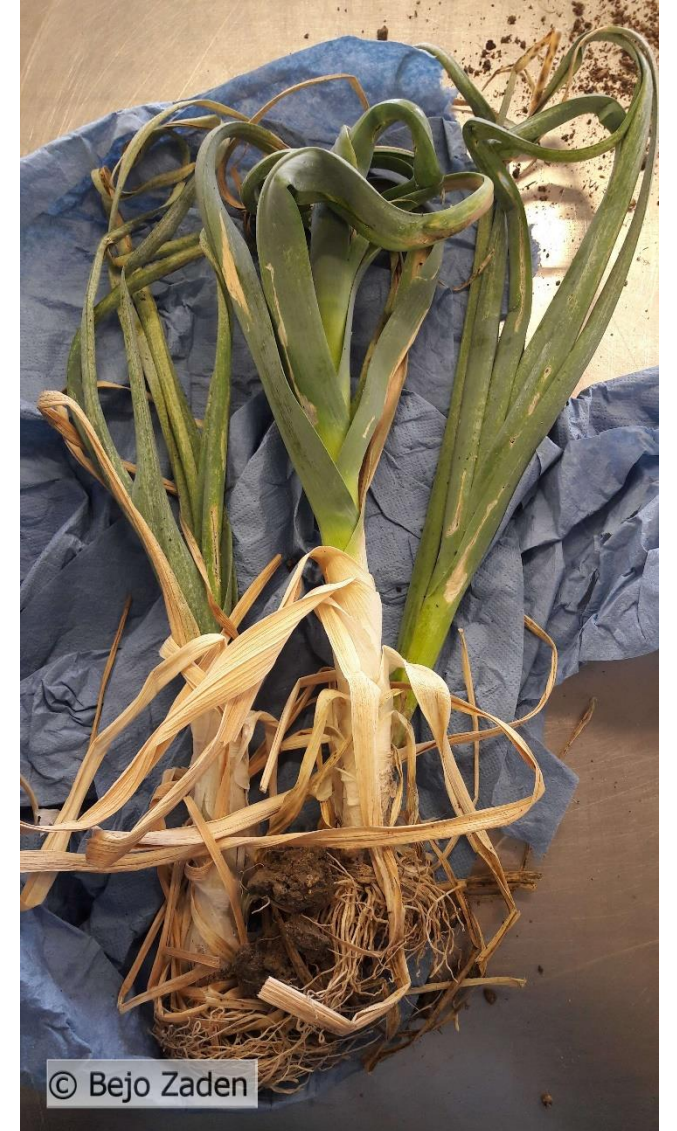
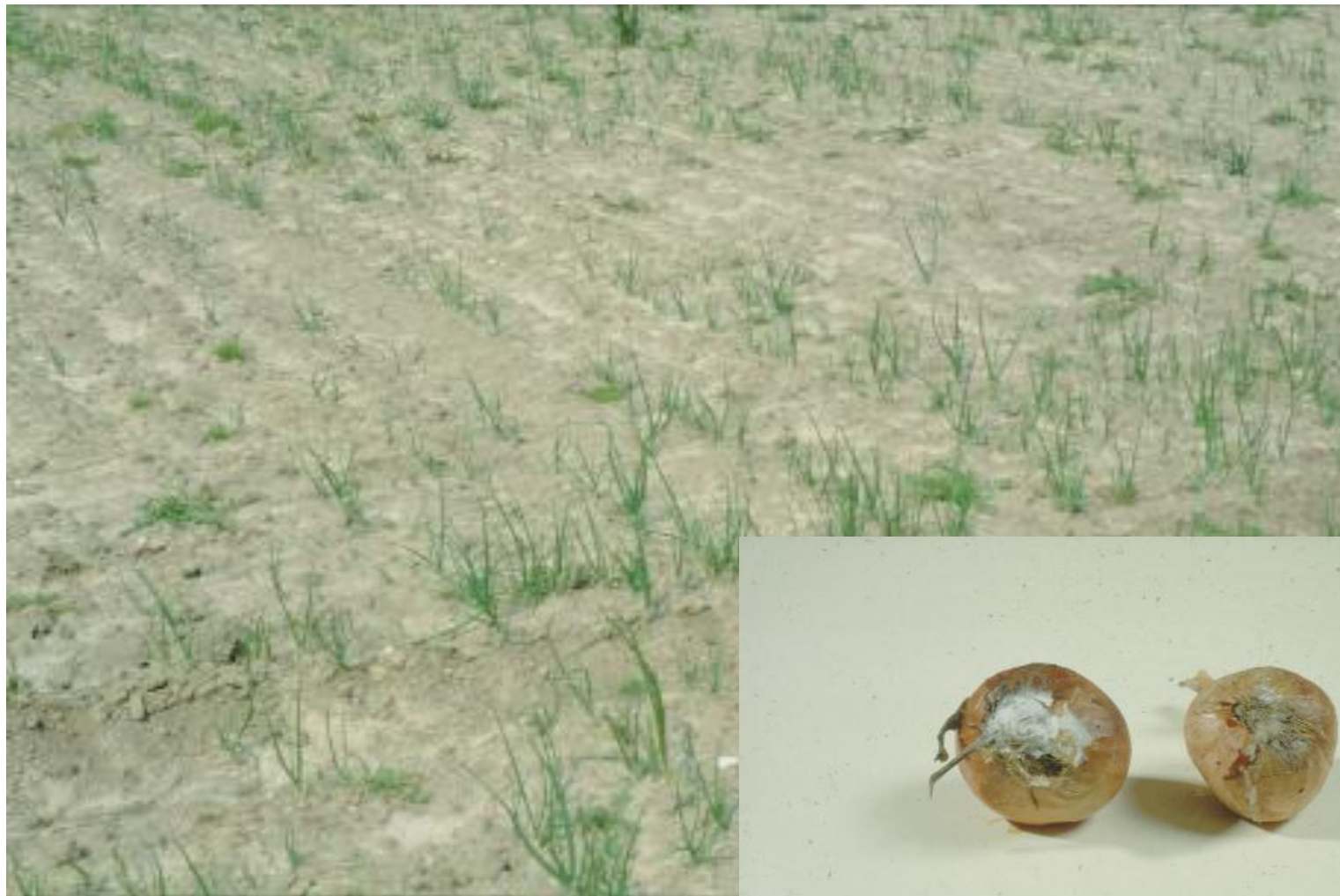


Figure 2  
Narcissus bulb with accumulation of *Ditylenchus dipsaci* fourth-stage juveniles as dry eelworm wool, and an inset showing a transmission electron microscope image of the eelworm wool with coiled, clumped individuals (courtesy of Roland N. Perry).



© Bejo Zaden

# *Ditylenchus dipsaci* (stengelaaltje)



# *Ditylenchus dipsaci* (stengelaaltje)





# *Aphelenchoides* spp. (bladaaltjes)



Foto's PCS

# *Pratylenchus spp.* (wortellessieaaltje)



0 1 2 4 8 16 32 64 128 256



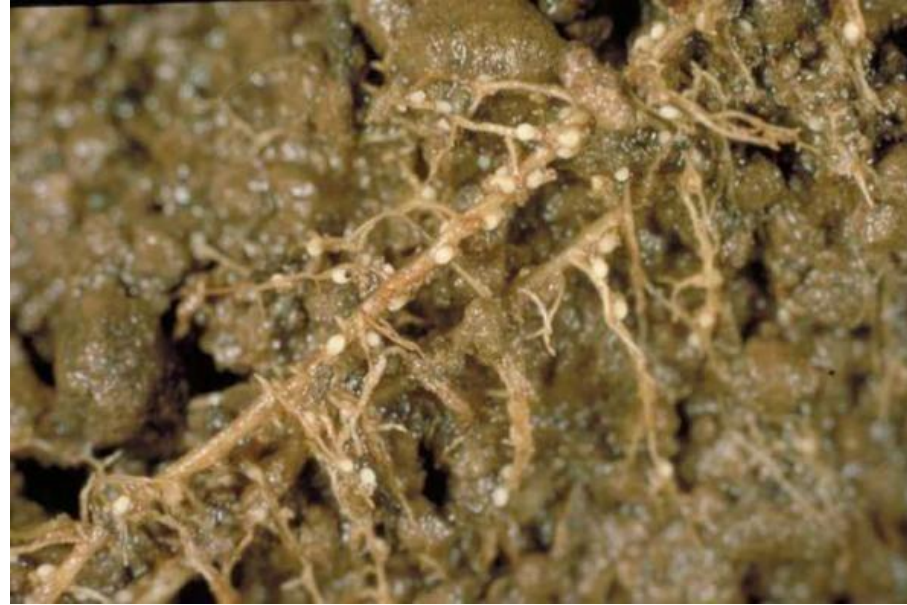
# *Pratylenchus spp.* (wortellessieaaltje)



Valplekken



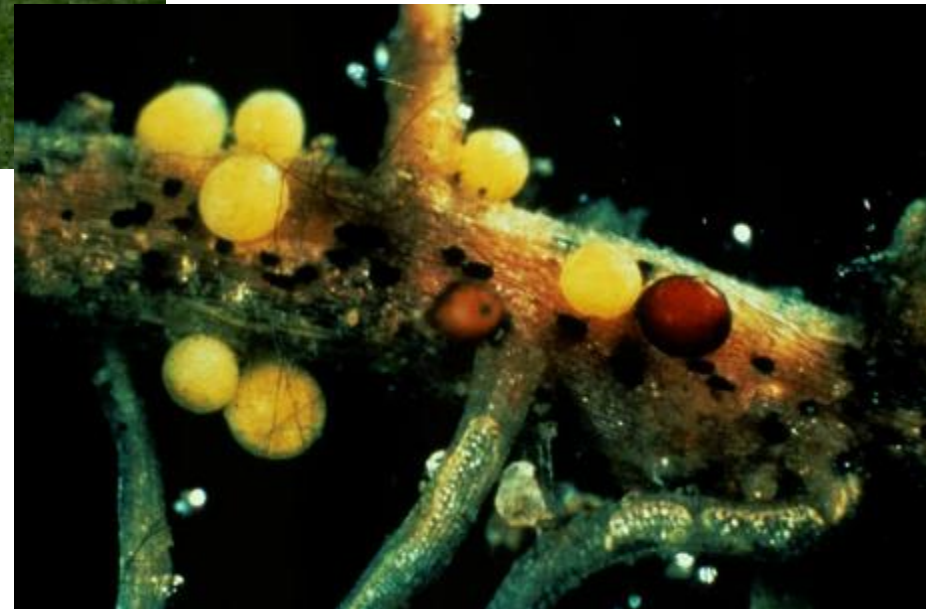
# *Heterodera schachtii* (bietencysten)



# *Globodera* spp. (aardappelcysten)



Valplekken



# *Meloidogyne* spp. (wortelknobbelnematoden)



# *Meloidogyne* spp. (wortelknobbelnematoden)



## *Meloidogyne* spp. (wortelknobbelnematoden)



Wortelstelsel van tomaat (links) en komkommer (rechts) aangetast door *Meloidogyne* spp.

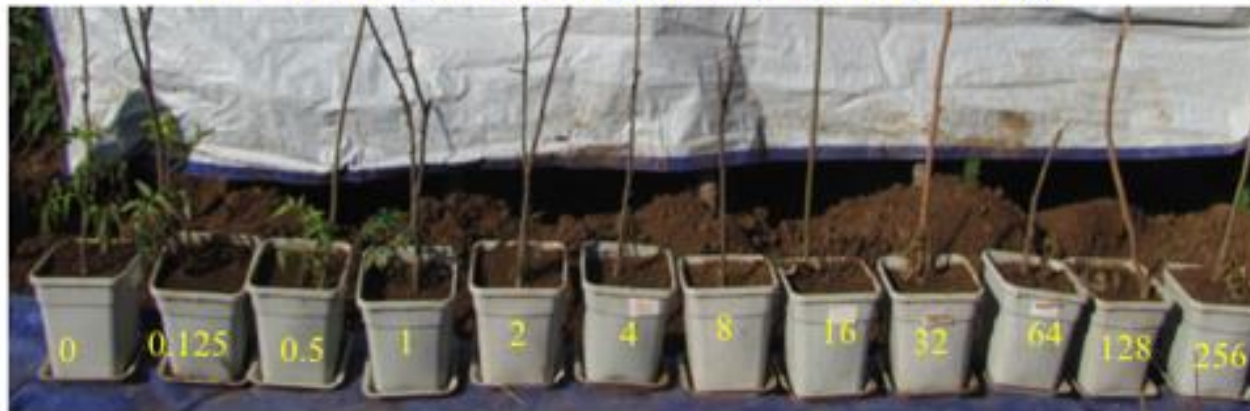


# *Meloidogyne* spp. (wortelknobbelnematoden)

*Meloidogyne incognita* (Jittu)-Tisey

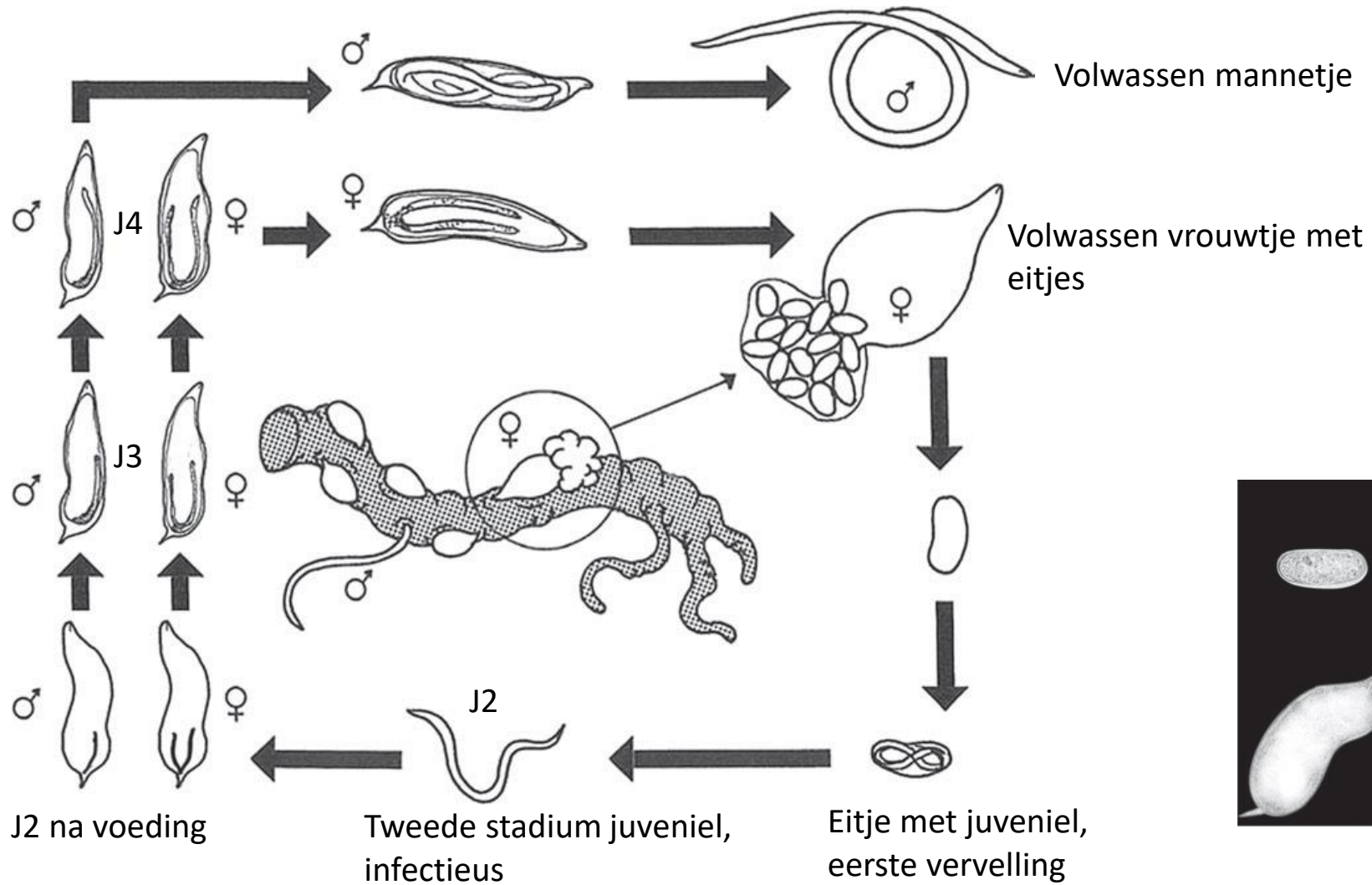


*Meloidogyne incognita* (Babile)-Tisey



Schade bij tomaat (cv. Tisey) bij toenemende dichtheden (aantal per 100 cm<sup>3</sup> grond) van *M. incognita* (populatie Jittu en Babile)

# Meloidogyne spp. levenscyclus



Adapted from Karssen *et al.*, 2013

## ***Meloidogyne* spp. (wortelknobbelnematoden)**

- ***M. incognita, M. javanica, M. arenaria***  
warmteminnende soorten, voornaamste wortelknobbelnematoden in warmere klimaten, zijn aanwezig in kassen in Vlaanderen
- ***M. enterolobii***  
warmteminnende soort, zeer aggressief (doorbreekt resistentie)  
Quarantainestatus, nog niet aangetroffen in Vlaanderen
- ***M. chitwoodi/M. fallax***  
quarantainestatus, aanwezig in Vlaanderen
- ***M. hapla***  
noordelijk wortelknobbelaaltje, aanwezig in Vlaanderen
- ***M. luci/M. ethiopica***  
warmteminnende soorten, EPP0 waarschuwingslijst

## Hoe herkennen?



Wortelknobbels van *M. luci* op tomaat  
Bron: EPPO/Sasa Širka <https://gd.eppo.int>



Wortelknobbels van *M. ethiopica* op druivelaar  
Bron: EPPO/Cameiro <https://gd.eppo.int>

Wortelknobbelnematoden zijn microscopisch klein en niet met het blote oog zichtbaar. Volwassen vrouwtjes kunnen zichtbaar zijn als kleine peervormige bolletjes in wortels of knollen. Afhankelijk van de waardplant kunnen knobbels zichtbaar zijn op het wortelstelsel van aangetaste planten. De knobbelvorming is afhankelijk van de waardplant (cultivar) en van de teeltduur.

## Maatregelen



Yacon aangetast door *M. ethiopica*  
Bron: EPPO/Cameiro, <https://gd.eppo.int>

### Fytosanitaire maatregelen

- **Preventie:** werk met gecertificeerd uitgangsmateriaal en pootgoed, kweek plantmateriaal op in substraat vrij van plantenparasitaire nematoden
- **Bedrijfshygiëne:** machines en schoenen goed reinigen na gebruik op verdacht besmette percelen.
- **Aangetaste wortels** laten uitdrogen en vernietigen
- **Onkruidbeheersing**
- **Ruime teeltrotatie** met korte teelten en niet waardplanten
- **Zwarte braak** (1 jaar) bij zware besmetting

Wim Wesemael

ILVO – Eenheid Plant

Burg. Van Gansberghelaan 96

9820 Merelbeke

[wim.wesemael@ilvo.vlaanderen.be](mailto:wim.wesemael@ilvo.vlaanderen.be)

Tel. 09 272 24 45



project RT 20/2 HARMSTAT 1  
gefinancierd door FOD

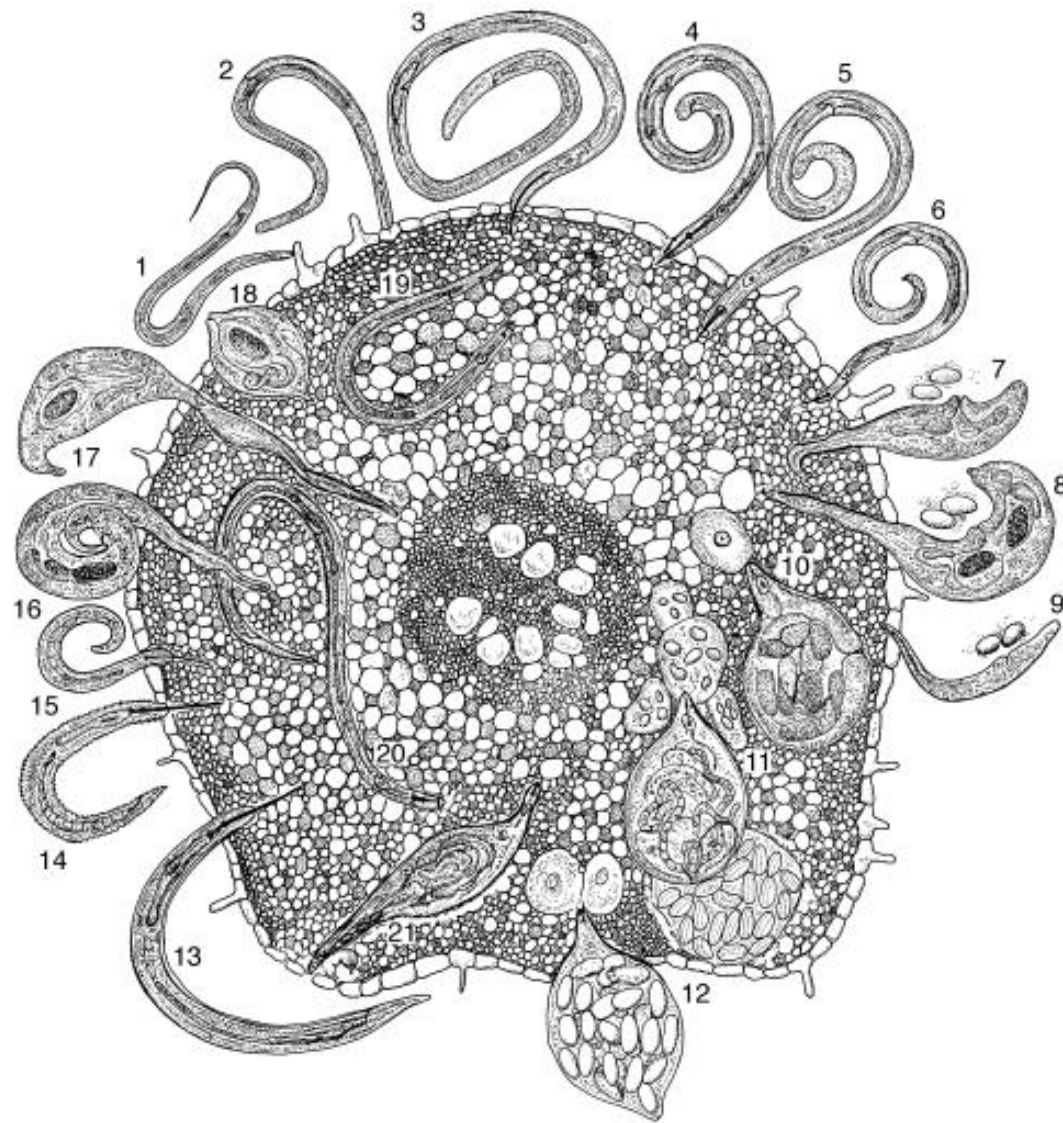


## SURVEY ACTIE

Wortelknobbelnematoden  
(*Meloidogyne* spp.)

*Meloidogyne ethiopica*  
*Meloidogyne luci*





**Fig. 2.** Diagrammatic presentation of various types of tylenchid nematode feeding on root tissues. 1. *Cephalenchus*. 2. *Tylenchorhynchus*. 3. *Belonolaimus*. 4. *Rotylenchus*. 5. *Hoplolaimus*. 6. *Helicotylenchus*. 7. *Verutus*. 8. *Rotylenchulus*. 9. *Acontylus*. 10. *Meloidodera*. 11. *Meloidogyne*. 12. *Heterodera*. 13. *Hemicycliophora*. 14. *Macroposthonia*. 15. *Paratylenchus*. 16. *Trophotylenchulus*. 17. *Tylenchulus*. 18. *Sphaeronema*. 19. *Pratylenchus*. 20. *Hirschmanniella*. 21. *Nacobbus*.

## Rechtstreeks

Schade (kwantitatief en kwalitatief)



## Onrechtstreeks

Kosten bestrijding

Resistentie

Bestrijdingsmiddelen

Wetgeving en controle

# Preventie

- van introductie en verdere verspreiding



Schone machines en materiaal



Schone schoenen

# Preventie

- van introductie en verdere verspreiding

## Schoon uitgangsmateriaal

(zaad + vegetatief vermeerderingsmateriaal)



Paring + heetwaterbad

Productie van uitgangsmateriaal in 'nematoden vrije' gebieden  
of omstandigheden (zaaibedden, *in vitro* weefselcultuur, ...)

Quarantaine

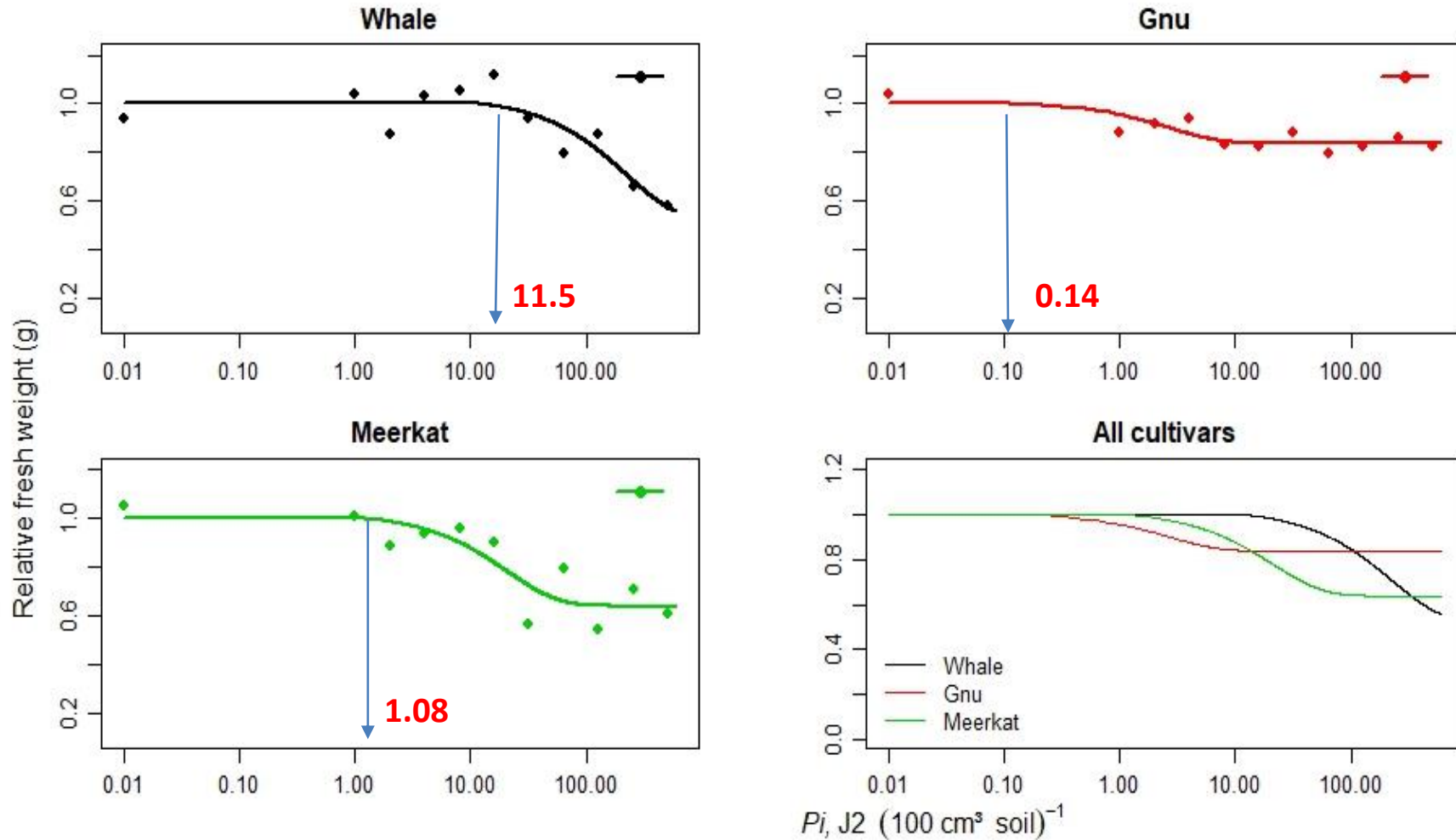


# Preventie

- van schade



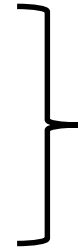
# Seinhorst schademodel voor *M. chitwoodi* op spinazie



Taning *et al.*, 2022

# Probleem herkenning

- Species **identificatie**
- Populatie **dichtheid?**  
- > schadedrempel



Staalname



Extractie (OF + MF)

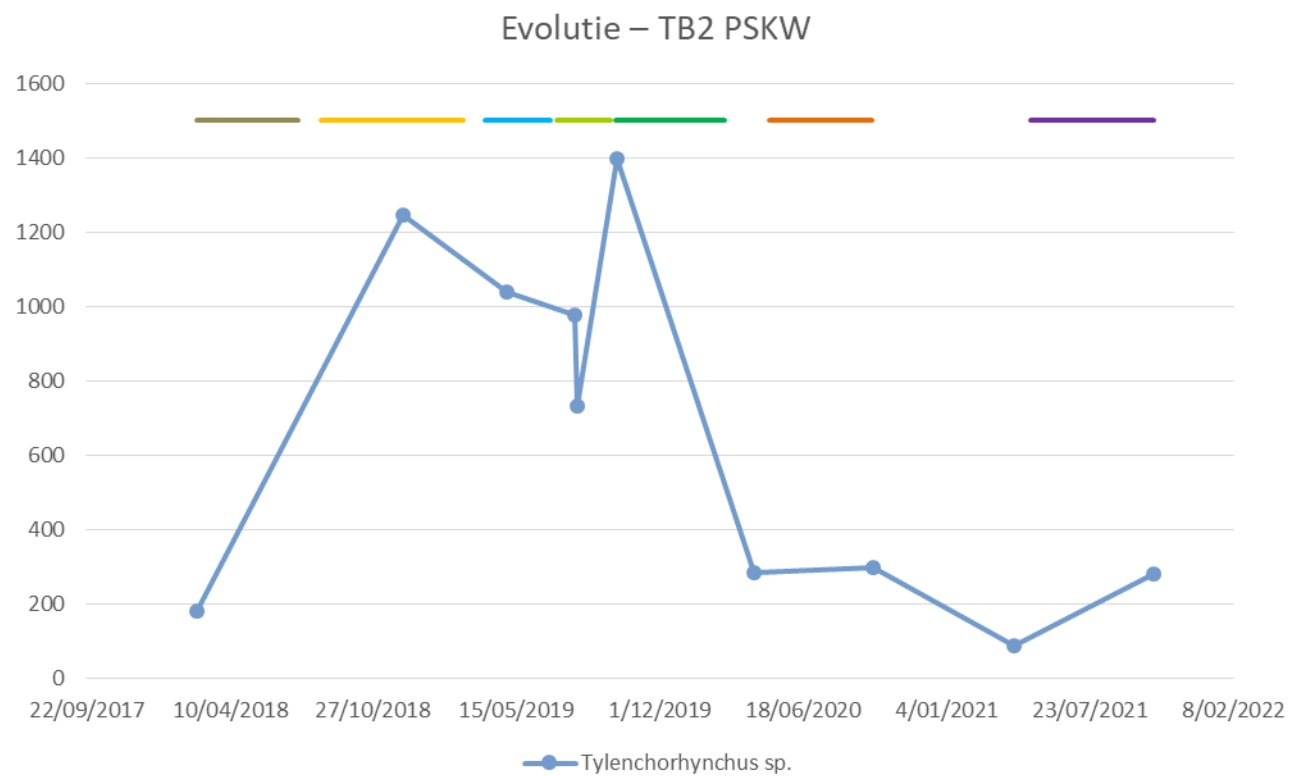
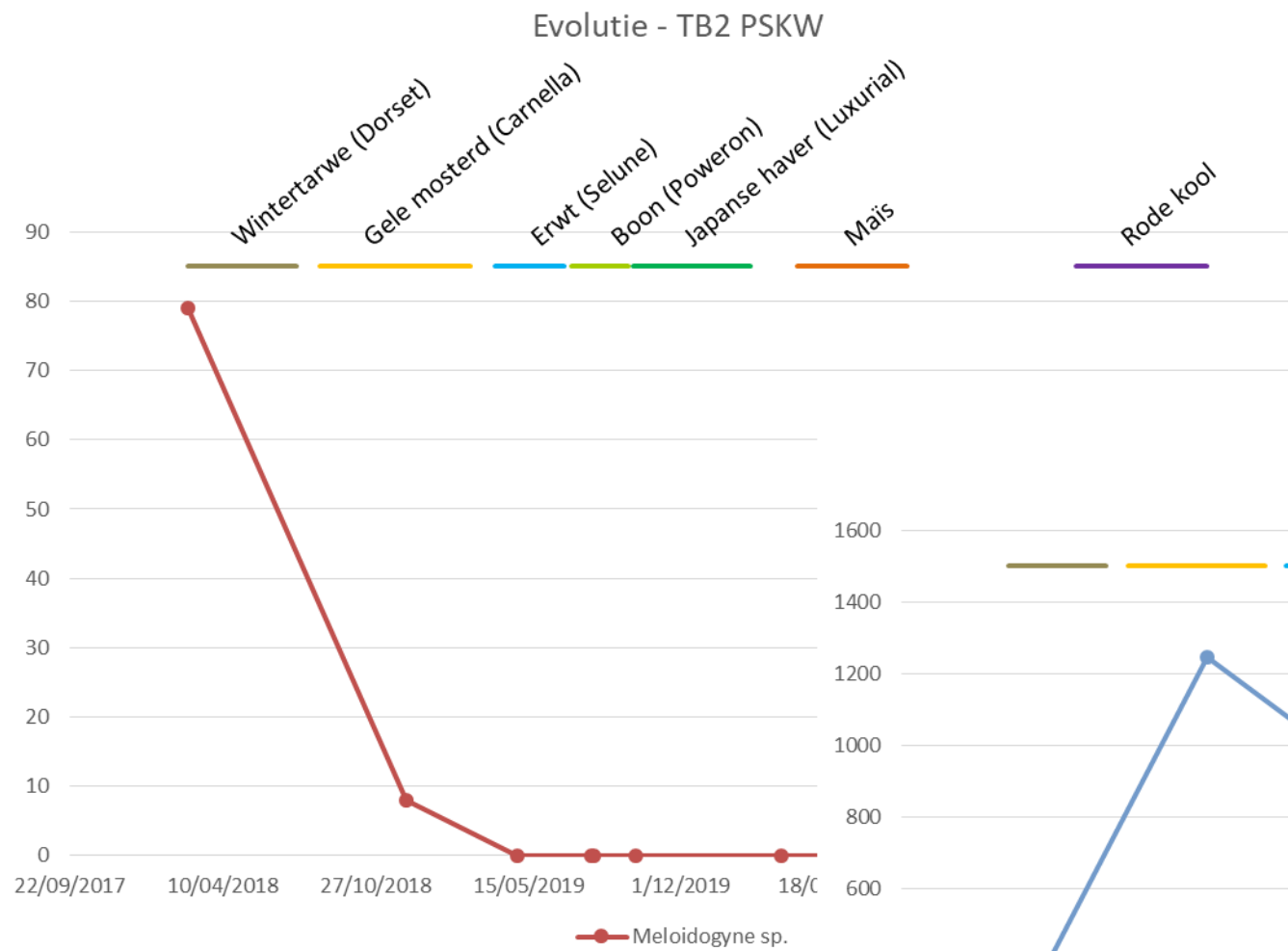


Identificatie + telling  
(microscopisch, moleculair)

- **Agressiviteit** van de populatie (biotoets)

# Teelttechnische en fysische maatregelen

- Rotatie:
  - *Pi* moet op laagste niveau zijn op het ogenblik dat het hoofdgewas of economisch meest rendabele gewas wordt geteeld
  - Roteer met niet-waardplanten, **resistente cultivars**, tolerante cultivars
  - Vanggewassen: aantrekking van PPN en vernietiging voor de levenscyclus is voltrokken
  - Vaak moeilijk door specialisatie teler en wijde waardplantenreeks van verschillende PPN
  - Braak: moeilijk toepasbaar door economisch verlies, wind en water erosie, onkruidcontrole is noodzakelijk
  - ‘nieuwe’ nematoden problemen



# Teelttechnische en fysieke maatregelen

- Veldperiode:
  - vroeg (gewas kan zich ontwikkelen voor PPN actief zijn) of laat zaaien/planten (infectieuze stadia gebruiken energiereserves)
  - kortere veldperiode (schade vaak bij 2<sup>e</sup> of latere generaties)
- Inundatie:
  - snijdt O<sub>2</sub> af, toxische substanties worden geproduceerd door anaerobische microbiologische activiteit (ammonia, organische zuren, methaan, waterstofsulfide, ...)
- Bodem toevoegingen:
  - verbeteren bodemstructuur, afbraak van OM stelt stoffen vrij met nematicide werking (BGO), toename van antagonisten
  - veel producten komen in aanmerking (mest, slib, gewasresten, groenbedekkers, organisch afval, chitine (stimuleert schimmels/bacteriën met chitine afbrekende enzymen),...

# Teelttechnische en fysische maatregelen

mulch



geen mulch



# Groenbedekkers en nematoden

- Veel soorten plantenparasitaire nematoden
- Verschillende groenbedekkers (en cultivars)

**Start:** welke nematodensoorten zijn aanwezig?  
vormen zij een bedreiging?



# Groenbedekkers en nematoden

## Stap 1: Keuze van de groenbedekker

Hangt af van:

- nematodensoort(en)
- tijdstip (voorjaar - zomer - najaar)
- inwerken of niet?
- andere effecten (andere ziekten, bodemstructuur, N, ...)



Courtesy of Bruno Ngala, Harper Adams

# Groenbedekkers en nematoden

## Stap 1: Keuze van de groenbedekker

- is de groenbedekker een waardplant?

Aantallen plantenparasitaire nematoden daalt zonder waardplant = **natuurlijke afname**

**Groenbedekker: afname  $\geq$  natuurlijke afname**

Waardplantstatus is vaak cultivar afhankelijk! → **resistentie**

**Opgelet!**

**Verschuiving van nematodenprobleem**

# Groenbedekkers en nematoden

## Stap 1: Keuze van de groenbedekker



Aaltjesschema 2014

Datum: woensdag 3 december 2014  
Perceel: 1  
Grondsoort: Zand

	Cysteleestjes			Wortelknobbelleestjes				Wortelleestjes		Stengelstijfjes		Vrijlevende wortelleestjes				Virusen		
	Heterodera avenae Harercysteleestjes	Heterodera betulae Geel bietencysteleestjes	Heterodera infolii / sp. infolium Klarenecysteleestjes	Meloidogyne chitwoodi Mistlaw wortelknobbelleestjes	Meloidogyne fallax Biedrijgk mistlaw wortelknobbelleestjes	Meloidogyne hapla Noodstijg wortelknobbelleestjes	Meloidogyne nasti Gruas wortelknobbelleestjes	Polytylenchus crenatus Gruaswortelleestjes	Polytylenchus penetrans Wortelleestjes	Ditylenchus destructor Stengelstijfjes	Ditylenchus dipsaci Stengelstijfjes	Paratylenchus pachydermus Paratylenchus pachydermus	Paratylenchus teres Paratylenchus teres	Polytylenchus uniformis	Trichodorus primihus Trichodorus primihus	Trichodorus similis Trichodorus similis	Tylenchodorus dubius	Tabakarakelvirus Tabakarakelvirus
	Z D ZV K	Z D	Z D ZV K	Z D	Z	Z D	Z D ZV	Z D ZV	Z D ZV	Z D ZV K	Z D ZV K	Z D ZV	Z	Z D ZV	Z D ZV	Z	Z D ZV	
Bladkool vs	-	***	-	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?
Bladrammenas vs	-	-R	-	-R	**R	**	-	?	***	-	?	**	*	?	***	**	?	?
Engels raalgras vs	***	-	-	-	***	-	***	**	*	-	*	***	***	**	***	***	***	**
Facella vs	-	-	-	*	*	**	-	?	***	?	?	**	?	*	?	?	***	?
Gele mosterd vs	-	-R	-	**	**	*	-	?	***	-	?	***	*	?	***	***	?	***
Italiaans raalgras vs	***	-	-	***	***	-	***	**	***	-	?	***	***	**	***	***	***	***
Perzische klaver vs	?	***	?	***	?	?	?	?	***	?	?	**R	?	?	?	?	?	***
Rode klaver vs	-	?	**	?	?	?	?	?	***	***	***	?	?	?	?	?	?	?
Soedangras vs	?	?	?	?	*	?	?	?	***	?	?	?	?	?	?	?	?	?
Spurrie vs	?	?	?	?	?	?	**	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?
Voederwikke vs	?	**	?	-R	**	***	?	?	***	?	?	?	*	?	***	?	?	?
Westerwolds raalgras vs	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?
Witte klaver vs	-	?	**	**R	**R	**R	?	**	***	***	***	?	***R	?	?	?	?	***

©2014. Dit aaltjesschema is een product van Praktijkonderzoek Plant & Omgeving (PPO)

Legenda Schade	
onbekend	?
geen	-
weinig 0-15%	*
matig 16-35%	**
sterk 36-100%	***

Legenda Vermeerdering	
onbekend	?
actieve afname	-
natuurlijke afname	-
weinig	*
matig	**
sterk	***
Rasaafhankelijk	R
Serotypesafhankelijk	S
? enige informatie	? i

Legenda Grondsoort	
Zand	Z
Dalgrond	D
Zavel	ZV
Klei	K

[Best4Soil - Nematode scheme > Nematode scheme \(soilhealthtool.eu\)](http://Best4Soil - Nematode scheme > Nematode scheme (soilhealthtool.eu))

# Groenbedekkers en nematoden

## Stap 2: Teelt van de groenbedekker

- tijdstip (voorjaar - zomer - najaar)

Gebruik als biologische grondontsmetting:

- doden van nematoden door chemische processen, onttrekken van O<sub>2</sub>
- enkel effectief tijdens warmere periode van het jaar

Afrikaantjes (*Tagetes patula*)

- moeten 3 maand op het veld staan
- vorstgevoelig!

Gebruik als vanggewas

- vernietigen alvorens levenscyclus is voltooid (temperatuurafhankelijk)

**Opgelet!**

**Onkruidbeheersing** (veel onkruiden zijn waardplanten)

# Groenbedekkers en nematoden

## Stap 2: Teelt van de groenbedekker

- inwerken of niet?

Vaak noodzakelijk bij gebruik als vanggewas

Enkel nuttig bij groenbedekkers met hoge glucosinolaatgehaltes en bij voldoende hoge bodemtemperatuur

Effect versterkt wanneer bodem wordt afgedekt



# Groenbedekkers en nematoden

Belangrijk

- Ken uw nematoden
- Ken uw groenbedekker (opgelet voor foute informatie)
- Onkruidbeheersing

# Teelttechnische en fysische maatregelen

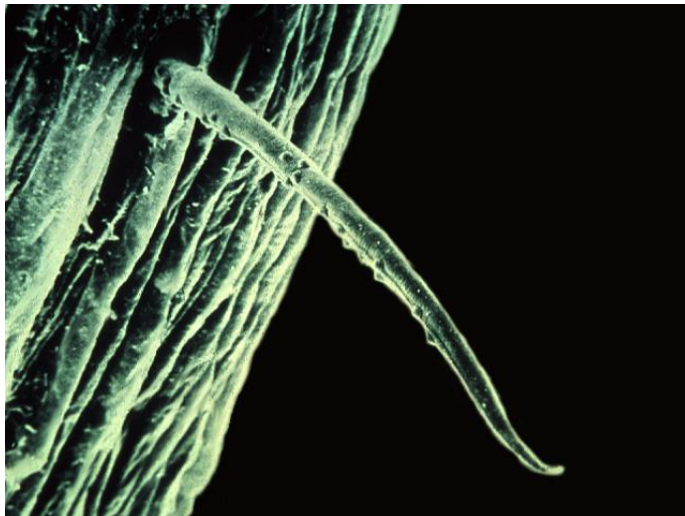
- Hitte:
  - weinig nematoden overleven > 60°C
  - stoom
  - solarisatie: veld bedekken met aangedrukte plastic, 2-9 weken, hoog vochtgehalte van de bodem versterkt het effect (thermische geleidbaarheid), onkruidbeheersing en andere ziekten en plagen
  - ‘branden’ van het veld (beperkte diepte)
  - heetwaterbad voor plantmateriaal: voorweken om lucht te verwijderen



# Biologische controle

Daling van de populatie of behoud onder de schadedrempel

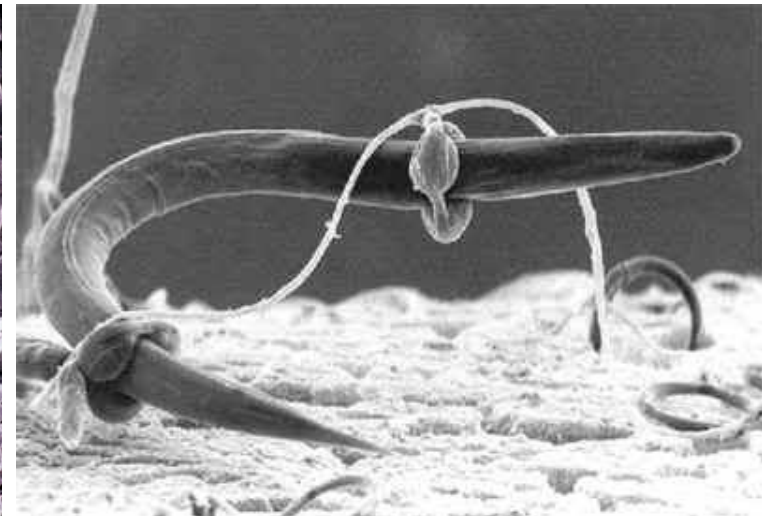
- Geïnduceerd: biologische controleorganisme aangebracht door de mens
- Natuurlijk: controleorganisme laten toenemen om PPN te onderdrukken, niet geïntroduceerd



*Pasteuria penetrans*



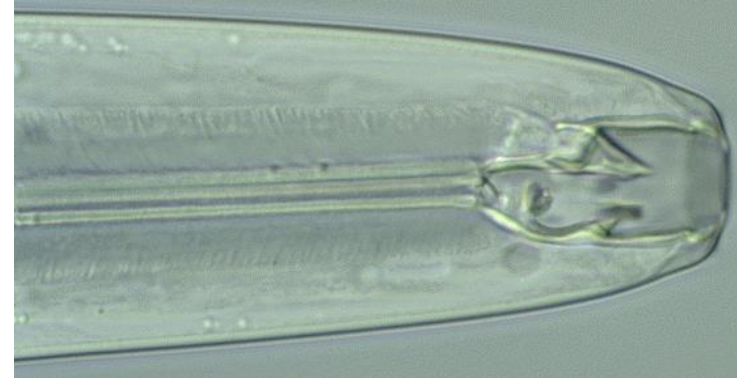
*Purpureocillium spp.*



*Arthrobotrys spp.*



# Biologische controle



# (Chemische controle)

- wanneer andere methoden onvoldoende zijn
- wanneer gewas economische kost kan dragen of indien andere opties te duur zijn
- wanneer gewasbescherming maximaal moet zijn
- wanneer andere ziekten en plagen ook worden aangepakt

# (Chemische controle)

Handelsmiddel	Toelatingsnr.	Samenstelling	Teelten
AVALIUS	11033P/B	•1287 g/l knoflookextract	• teelten onder bescherming, o.a. tomaat, paprika, aubergine, komkommer, ..
BASAMID	5675P/B	•95 % DAZOMET	• aardbeien, houtige gewassen (fruitbomen en -struiken), notelaars
CEDROZ	10968P/B	•121 g/l GERANIOL •41 g/l THYMOL	• teelten onder bescherming, o.a. tomaat, paprika, aubergine, komkommer, ...
DAZOCLEAN	1141P/P	•95% DAZOMET	• aardbeien, houtige gewassen (fruitbomen en -struiken), notelaars, sla, kolen, sierplanten, aardappelpootgoed, ...
NEMASOL	11081P/B	•510 g/l METAMNATRIUM	• aardbeien, houtige gewassen (fruitbomen en -struiken), wortelen, sla, kolen, sierplanten, aardappelpootgoed, aardappelen, kruiden,...
NEMATHORIN 10G	9209P/B	•10% FOSTHIAZAAT	•Sierplanten (open lucht)
NEMGUARD GR	10885P/B	•45% KNOFLOOKEXTRACT	•Fruit, groenten, kruiden, ...
SOLASAN	6412P/B	•510 g/l METAMNATRIUM	•Houtige gewassen (fruitbomen en -struiken), kruiden, groenten, sla, ...
TAMIFUME 690SL	9517P/B	•690 g/l METAM-KALIUM	•Houtige gewassen (fruitbomen en -struiken), kruiden, groenten, aardappelen, ...
TERRASAN	7762P/B	•510 g/l METAM-NATRIUM	•Houtige gewassen (fruitbomen en -struiken), kruiden, groenten, aardappelen, ...
VELUM PRIME	10893P/B	•400 g/l FLUOPYRAM(NE)	•groenten
VOTIVO	10936P/B	•240 g/l BACILLUS FIRMUS I-1582	•Zaaizaden van bieten
VYDATE 10G	6591P/B	•10% OXAMYL	•Wortel, schorseneer, aardappelen, sierplanten, spruitkool, pastinaak, suikerbiet

[Toelatingen van gewasbeschermingsmiddelen raadplegen | Fytoweb](#)

# (Chemische controle)

**Table 16.3.** Examples of commercially available 'natural' nematicides.

Tradename	Manufacturer	Source	Active substance(s) and mode of action (if known)	Comments
Dragonfire-CPP Ontrol	Poulenger USA Inc., <a href="http://www.poulengerusa.com">www.poulengerusa.com</a>	Sesame seed oil Sesame seed meal	Aldehydes, ketones, linolenic acids	Marketed for control of pathogenic nematodes in turf, horticultural and agricultural situations
Neo-trol	Barmac Industries, Australia, <a href="http://www.barmac.com.au">http://www.barmac.com.au</a>	Sesame stalk	Aldehydes, ketones, linolenic acids	A pelletized product for use on golf greens
CropGuard	Illovo Sugar Ltd, South Africa, <a href="http://www.cropguard.co.za">www.cropguard.co.za</a>	Woody biomass	2-Furfuraldehyde, a pentose sugar derivative	A solvent produced by acid hydrolysis of the pentosan contained in woody biomass such as maize cobs
Clandosan 618	Igene Biotechnology Inc., USA, <a href="http://www.igene.com">www.igene.com</a>	Crab and shrimp shells	Chitin and urea increase soil microorganisms that feed on chitin	Recovered as by-products of seafood processing. The ground shells, along with urea, are formed into granules
DTera	Valent BioSciences Corporation, USA, <a href="http://www.valentbiosciences.com">www.valentbiosciences.com</a>	<i>Myrothecium verrucaria</i>	Fermentation extracts from bacteria	Approved for commercial use in USA in 1997 by EPA
Neem Nemate 10G (or liquid formulations)	<a href="http://www.agriinfotech.com">www.agriinfotech.com</a> Many suppliers, particularly in India	Neem plant extract or cake	Azadirachtin	Residue from neem oil extraction process

# Aanbevelingen

- Wees alert!
  - Introductie vermijden
  - Verspreiding vermijden
- Ken uw nematoden
- Gebruik resistente en/of tolerante cultivars
- Hou rekening met nematoden bij het opstellen van rotaties
- Overweeg een 'booster'jaar

**Instituut voor Landbouw-  
en Visserijonderzoek**

Burg. Van Gansberghelaan 96

9820 Merelbeke – België

T + 32 (0)9 272 24 00

F +32 (0)9 272 24 29

wim.wesemael@ilvo.vlaanderen.be

**[www.ilvo.vlaanderen.be](http://www.ilvo.vlaanderen.be)**