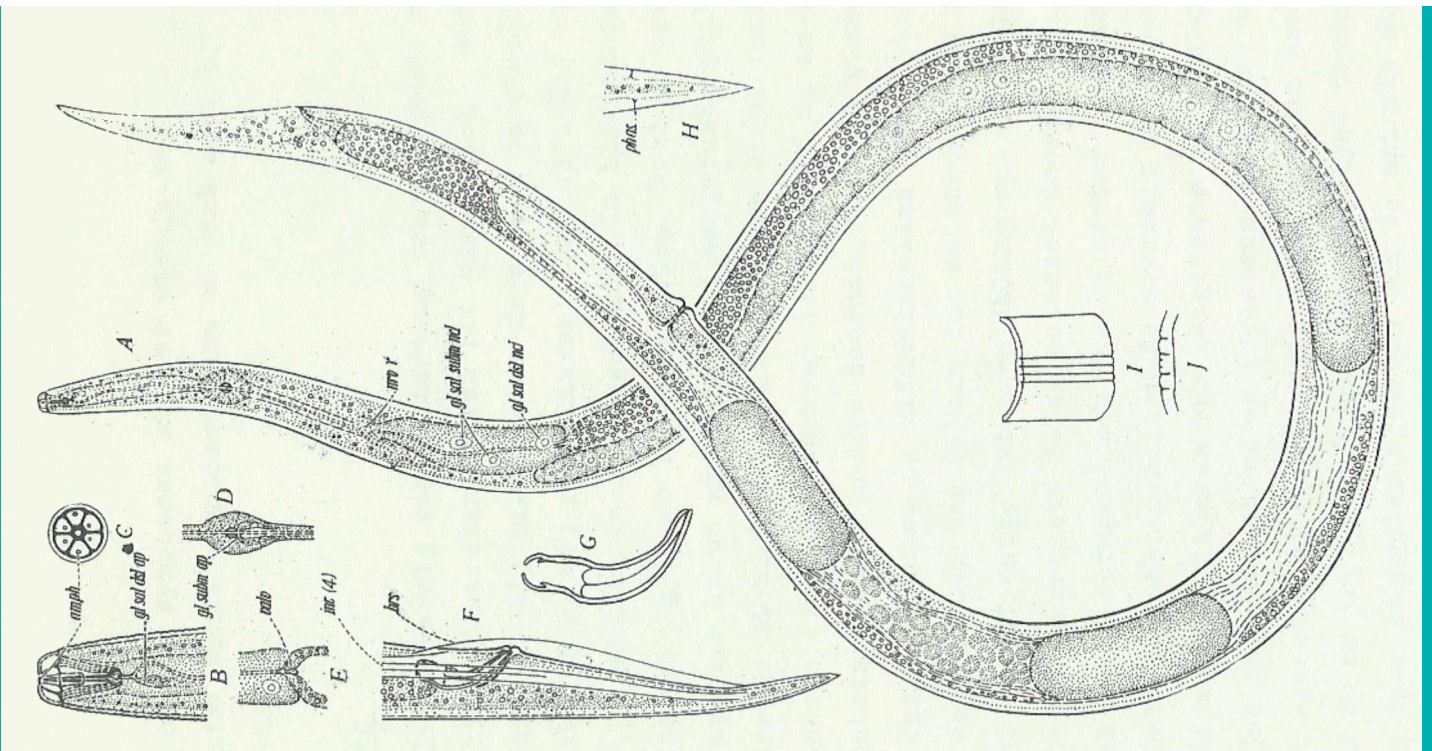


Onderzoek Oude Literatuur Stengelaaltjes

Dr. C.H. Schomaker





Onderzoek Oude Literatuur Stengelaaltjes

Dr. C.H. Schomaker

© 2008 Wageningen, Plant Research International B.V.

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 Plant Research International B.V.

Exemplaren van dit rapport kunnen bij de (eerste) auteur worden besteld. Bij toezending wordt een factuur toegevoegd; de kosten (incl. verzend- en administratiekosten) bedragen € 50 per exemplaar.

Plant Research International B.V.

Adres : Droevendaalsesteeg 1, Wageningen
: Postbus 16, 6700 AA Wageningen
Tel. : 0317 – 48 60 01
Fax : 0317 – 41 80 94
E-mail : info.pri@wur.nl
Internet : www.pri.wur.nl

Inhoudsopgave

	pagina
1. Levenscyclus	1
2. Populatiodynamica	3
2.1 Modellen	3
2.2 Waardplanten	4
2.3 Bepaling waardplantgeschiktheid.	5
2.4 Symptomen	5
2.4.1 Normale symptomen	5
2.4.2 Afwijkende symptomen	6
2.5 Daling van de bevolkingsdichtheid bij afwezigheid van waardplanten.	6
2.5.1 Besmettingen met zaai/pootgoed	6
2.5.2 Natuurlijke besmettingen	7
2.6 Resistente cultivars	7
2.7 Grondsoort	8
3. Verspreiding	11
3.1 Geïnfecteerd plantmateriaal	11
3.2 Besmette grond	11
4. Aaltjesdichtheid en opbrengst	13
4.1 Model voor stengelaaltjes in uien	13
4.2 Verband tussen bemonsteringsuitslagen en schade.	13
5. Beheersmaatregelen	15
5.1 Nematiciden	15
5.2 Thermisch behandelen	15
5.3 Inundatie	15
5.4 Magnetron	16
6. Distributiepatronen	17
6.1 Horizontaal	17
6.1.1 Uniforme besmettingen	17
6.1.2 Haarden	17
6.2 Verticale verdeling	17
6.3 Partijen	18
6.4 Vragen bij grondbemonstering <i>Ditylenchus dipsaci</i>	19
6.4.1 Pleksgewijze besmettingen	19
7. Aanbevelingen	21
8. Literatuur	23
Bijlage I.	1 p.

1. Levenscyclus

De levenscyclus van *Ditylenchus dipsaci* kan worden voltooid in 15-25 dagen. Alle stadia, behalve de 1e juveniele, zijn infectueus. De nematoden dringen de bovengrondse delen van de waardplant binnen (stengels en bollen). De mannetjes en vrouwtjes zijn morfologisch gelijk aan elkaar en beide volwassen dieren zijn ongeveer 1 mm lang. Reproductie is amphimictisch, d.w.z. sexueel. De levenscyclus komt overeen met die van andere tylenchide aaltjessoorten; de eerste vervelling vindt plaats in het ei.

Als stengelaaltjes worden blootgesteld aan uitdroging, treedt anhydrobiose op: de aaltjes verliezen een groot deel van hun lichaamsvocht en raken in een rusttoestand. Een voorbeeld: in opgeslagen knoflookbollen kunnen grote aantallen van aaltjes in deze toestand, voornamelijk J4's, worden gevonden in het beschermende buitenste blad. Als deze bollen in water worden ondergedompeld komen deze aaltjes binnen een paar uur tot leven. Aggregatie van grote aantallen aaltjes in gedroogde toestand resulteert in zgn. 'nematodewol'. Dit fenomeen kan worden waargenomen in gedroogd, geïnfecteerd weefsel, zoals de basale schijf in bollen. Anhydrobiose wordt beschouwd als een overlevingsmechanisme van bepaalde organismen onder ongunstige omstandigheden. (Seinhorst, 1964b)

2. Populatiodynamica

2.1 Modellen

Het leven van stengelaaltjes kan worden onderverdeeld in twee perioden:

- i. De actieve periode of het leven van het aaltje in een waardplant. Hierbij horen: vermeerdering of reductie van aaltjes op waardplanten tot het evenwichtsniveau, maar ook verminderde vermeerdering o.i.v. verminderde wortelgroei (=voedselbron) in kleine potten, verminderde vermeerdering op slechte of niet waardplanten en het effect van planten die zijn behandeld met nematiciden (meestal systemische nematiciden).
- ii. De passieve periode of het leven van het aaltje in de grond, nadat de aangetaste waardplanten zijn geoogst of gestorven.

Veranderingen in actieve en passieve perioden van aaltjes bij aanwezigheid van planten en afwezigheid van voedsel bepalen de populatiodynamica van stengelaaltjes (Seinhorst, 1964a). In de meeste onderzoeken worden aaltjespopulaties tijdens het planten en vlak na de oogst vergeleken bij planten die maar 1 jaar groeien. Voor de toename van aantallen plantenparasitaire aaltjes die zich voortdurend vermeerderen en hervedelen over planten (bijvoorbeeld *Pratylenchus* en *Ditylenchus*) geldt het volgende model:

$$\frac{dP}{dt} = r \cdot P \left(\frac{1 - P}{E} \right) \quad (1)$$

waarbij P = aaltjesdichtheid, E = de evenwichtsdichtheid waarbij $P_i = P_f$; t = een willekeurige tijdseenheid. Als we vergelijking (1) oplossen krijgen we een de populatiedichtheid als functie van tijd:

$$P_t = \left(\frac{P_0 \cdot E_0}{P_0 + (E_0 - P_0) \cdot e^{(b_0 \cdot t)}} \right) \quad (2)$$

Waarbij P_0 de populatiedichtheid op de willekeurig tijdstip $t=0$ is en b_0 de maximale populatietoename als t zeer klein is.

Vergelijking (2) beschrijft drie situaties:

- (i) $P_0 < E_0$: de populatie neemt toe totdat evenwichtsdichtheid E_0 is bereikt,
- (ii) $P_0 > E_0$: de populatie daalt totdat de evenwichtsdichtheid E_0 is bereikt en
- (iii) $P_0 = E_0$ of $P_0 = 0$ waarbij de populatie stabiel blijft.

Veranderende omstandigheden (b.v. klimaat, gewas) leiden tot verschillende parameterwaarden. Uit data van Pudasaini (2006) werd afgeleid dat de evenwichtsdichtheid E gedurende het groeiseizoen ook daalt volgens een logistisch model, waardoor het verloop van aaltjesaantallen gedurende het groeiseizoen kon worden beschreven door een dubbel logistisch model.

Dit model verklaart waarom meteen na grondontsmetting of na de teelt van een niet-waardgewas de aaltjespopulaties weer stijgen tot de evenwichtsdichtheid die horen bij de geldende omstandigheden (grondsoort, klimaat, gewas) en waarom ze na de teelt van een goede waard weer dalen.

Om de relatie tussen P_i en P_f te beschrijven wordt vergelijking (2) vaak als volgt geformuleerd (Seinhorst, 1967).

$$P_f = \left(\frac{a \cdot P_i \cdot E}{P_i \cdot (a - 1) + E} \right) \quad (3)$$

Hierbij is a = de maximale vermeerdering als P_i zeer klein is. Of: de hoeveelheid voedsel die aaltjes onder de gegeven omstandigheden kunnen bemachtigen, zonder dat ze elkaar beconcurreren, en gebruiken voor hun nakomelingschap. $M = a E / (a-1)$ = de maximale populatiedichtheid. Of: de maximale hoeveelheid voedsel die planten ter beschikking kunnen stellen aan aaltjes onder de gegeven omstandigheden.

De maximale populatiedichtheid hangt af van:

- De geschiktheid en omvang van plantendelen die dienen als voedselbron
- De aaltjesdichtheid die een plant maximaal kan verdragen zonder ernstig te worden beschadigd.
- De parameter E , en dus ook M , wordt bij vele inheemse aaltjessoorten (waaronder ook stengelaaltjes) waarschijnlijk in belangrijke mate bepaald door de activiteit, die de aaltjes tengevolge van een meer of minder gunstig milieu kunnen ontwikkelen.

Het bestaan van de evenwichtsdichtheid E beperkt de mogelijkheden van vruchtwisseling als beheersmaatregel. Seinhorst (1995) beschouwt als inheems de hier voorkomende wortelaaltjessoorten in de genera *Tylenchorhynchus* (s. l.), *Rotylenchus*, *Helicotylenchus*, *Pratylenchus* (zonder *P. penetrans* en *P. vulnus*), *Trichodorus*, *Paratrichodorus*, *Longidorus* en *Xiphinema* en verder *Ditylenchus dipsaci* (stengelaaltjes) en een aantal minder algemeen voorkomende soorten. Vermoedelijk zijn ook de cystenaaltjessoorten *Heterodera avenae* en *H. trifolii* en de wortelknobbelaaltjessoorten *Meloidogyne hapla* en *M. naasi* inheems. Ze hebben, behalve de cystenaaltjes, allen grote reeksen waardplanten in uiteenlopende plantenfamilies. Een dichtheden van deze aaltjespopulaties kunnen fluctueren tussen verschillende niveau's. Ligt de bovengrens die bereikt kan worden beneden het niveau, waarop merkbare schade optreedt, dan levert het aaltje geen gevaar op. Treedt bij het niveau, dat door de onkruiden wordt gehandhaafd al schade op bij een of meer gewassen dan is met vruchtwisseling geen bestrijding van het aaltje te bereiken (b.v. stengelaaltjes op zware kleigronden). Bepaalde vruchtwisselingmaatregelen hebben alleen zin als bij dit niveau geen schade optreedt, b.v. stengelaaltjes op lichte zavelgronden (Seinhorst, 1959).

Het populatiedynamische model kan worden gebruikt om verschillen in waardplantgeschiktheid van gewassen en virulentie van stengelaaltjes te evalueren – door a en M van verschillende waardplanten te vergelijken - of om teeltsenario's te vergelijken. Omdat a en M mede worden bepaald door uitwendige omstandigheden moeten deze vergelijkingen plaats vinden onder dezelfde omstandigheden (Seinhorst, 1981). Als het model wordt gebruikt om populatiedynamica van aaltjes te voorspellen moeten de kansverdelingen van a en M (en E) bekend zijn.

2.2 Waardplanten

Op een goede waardplant is zowel de parameter a als M groot. Als beide parameters klein zijn is er sprake van een slechte waard. Omdat de parameters a en M onafhankelijk zijn kan ook a klein zijn en M groot of omgekeerd. Daarom worden in de nematologie kansverdelingen van parameters gehanteerd en kansen berekend op het voorkomen van bepaalde waarden van beiden. Stengelaaltjes worden vaak direct in de plant geïnoculeerd (om in 100% van de vatbare planten symptomen op te wekken, zie paragraaf 4.3), waardoor de relatie met de P_i niet kan worden gelegd en a en M niet kunnen worden geschat. Seinhorst (1956c) definieert daarom waardplanten voor stengelaaltjes als planten die op aantasting door stengelaaltjes reageren met het oplossen van de middenlamellen in het aangetaste deel van de plant. Het oplossen van de middenlamellen is volgens Seinhorst van doorslaggevend belang voor het leven van het aaltje, alle andere symptomen niet. Stengelaaltjes kunnen zich op een goede waardplant zoals ui in een seizoen tot het 2000-voudige vermeerderen (Seinhorst, 1981).

In de literatuur worden vele plantensoorten genoemd waarin stengelaaltjes zijn gevonden. Ik heb binnen het bestek van dit literatuuronderzoek niet kunnen nagaan of en in hoeverre de reacties van deze plantensoorten op aantasting door stengelaaltjes (bijvoorbeeld van Doorn, 2006) voldoen aan de bovenomschreven definities van goede waardplanten. Daarom volsta ik met het overzicht dat Seinhorst (1964b) geeft van enkele rassen van het stengelaaltje *Ditylenchus dipsaci* en hun voornaamste waardplanten. Deze tabel is aan dit rapport toegevoegd in Bijlage I. Voor zover bekend worden tarwe en gerst niet aangetast, tenminste niet in Nederland.

2.3 Bepaling waardplantgeschiktheid.

Seinhorst (1945) noemt drie manieren waarop te onderzoeken planten kunnen worden blootgesteld aan infectie:

1. Uitplanten op een met aaltjes besmet perceel.
2. Planten potten in potten met geïnfecteerde grond

De twee eerstgenoemde methoden geven geen 100% kans op symptomen in vatbare gewassen, al verdient de tweede methode verre de voorkeur boven de eerste. De tweede methode geeft eveneens een hoge kans op symptomen op vatbare gewassen (maar geen 100% kans) en geeft de mogelijkheid de relatie te leggen tussen Pi en Pf met behulp van vergelijking (1) en a en M te schatten.

3. Stengelaaltjes (larven in het 4e stadium) direct aanbrengen op te onderzoeken planten.

Dit kan worden gedaan door de aaltjes tussen nauwaansluitende delen van planten te brengen met behulp van een injectienaald en te zorgen voor voldoende vochtige omstandigheden. Op deze wijze kon Seinhorst (1945) in praktisch alle vatbare roggeplanten symptomen worden opwekken. Met aangepaste methoden slaagde hij erin hetzelfde te doen in rode klaver, witte klaver, incarnaatklaver, lucerne hopperupsklaver, kroontjeskruid, vlas, gele lupine, erwten, aardappelen. Aardappelen, bijvoorbeeld, werden geïnoculeerd door met een buisje een gaatje van \varnothing 2 x 4 mm diep in de knol te prikken, hierin een druppel van een aaltjessuspensie aan te brengen en het gaatje met paraffine af te sluiten. Alle methoden worden uitgebreid beschreven door Seinhorst (1956a).

Oostrom (1978) ontwikkelde een nieuwe methode om de vatbaarheid van uienkiemplanten voor aantasting door stengelaaltjes te onderzoeken. Met deze nieuwe methode werden vroegere problemen (te hoge temperatuur en onvoldoende regeling van het vochtgehalte van het filtreerpapier, waarop de planten werden gekweekt) overwonnen. Uienkiemplanten van ongeveer 2 cm worden op een strook filtreerpapier gelegd en bedekt met een dun laagje glaszand. Bij elke kiemplant wordt een druppel water met ongeveer 20 stengelaaltjes gebracht. Daarna wordt een tweede strook filtreerpapier op de eerste gelegd en het geheel opgerold en in een bekersglas of vlak tussen twee dunne lagen oasis gezet bij 10°C. Ongeveer vijf weken later kunnen aangetaste en niet aangetaste planten worden onderscheiden. Niet aangetaste planten (4 tot 20 per 200) worden uitgeplant in grond bedekt met een laagje glaszand en opnieuw geïnoculeerd met stengelaaltjes. De vroeger bij hogere temperaturen gevonden verschillen in aantasting tussen twee stengelaaltjes herkomsten traden nu niet op.

2.4 Symptomen

Seinhorst (1972) onderscheidt normale en afwijkende symptomen in planten die door stengelaaltjes zijn aangetast. Het verschil tussen de symptomen kan alleen worden aangetoond door microscopisch onderzoek. Er bestaat een overlap in normale en afwijkende symptomen. Normale symptomen worden alleen aangetroffen in waardplanten, de afwijkende in sommige niet-waard of slechte waardplanten. In planten met normale symptomen kunnen stengelaaltjes gemakkelijk worden gevonden, in planten met afwijkende symptomen niet. Het onderscheid in symptomen, vooral het oplossen van de middenlamellen door de aaltjes, is van belang bij de bepaling van waardplantgeschiktheid (Seinhorst, 1956c).

2.4.1 Normale symptomen

Tot de meest opvallende reacties op een infectie door stengelaaltjes van een goede waardplant behoren:

- Zwelling van het plantendeel waarin de aaltjes zich bevinden. Het gevolg van de zwellingen is kromming van de aangetaste plantendelen. Zwellingen ontstaan o.a. door het oplossen van de middenlamellen van cellen in plantenweefsel met aaltjes.
- Beïnvloeding van de groei van plantendelen waarin de stengelaaltjes zich niet bevinden, b.v. groeistagnatie van stengeltoppen, terwijl de aaltjes zich in de voet van de plant bevinden.
- Bij jonge planten zwellen steeltjes van zaadlobben of bladscheden op en wordt de groei geremd.
- Opheffen van apicale dominantie, wat resulteert in abnormale vertakking.
- Zijknoppen met stengelaaltjes kunnen zich ontwikkelen tot gallen.
- Geel of bruin sponsachtig weefsel in aangetaste bollen ('ringziek'). Aangetaste uien en sjalotten herkent men ook aan de geur.

2.4.2 Afwijkende symptomen

In de afwijkende symptomen onderscheidt Seinhorst (1964b) twee typen.

Ten eerste: De normale, bovenbeschreven symptomen met uitzondering van het oplossen van de middenlamel. De zwellingen zijn minder uitgesproken en er worden geen of weinig aaltjes aangetroffen in de plant. Deze symptomen worden bijvoorbeeld aangetroffen in planten die worden geïnfecteerd door een 'ander' aaltjesras, bijvoorbeeld aantasting van tulpen door het uienstengelaaltje (Kok *et al.*, 1963). Het optreden van de symptomen hangt bij sommige gewassen af van de leeftijd van de planten. Het komt ook voor dat plantendelen verschillen in gevoeligheid voor stengelaaltjes.

Ten tweede: Andere dan de symptomen beschreven onder 'Normale symptomen'. Bijvoorbeeld:

- Necrose in rode en witte klaver, die wordt aangetast door het aardappel, rogge of uienras.
- Deformaties, zonder zwellingen in jong weefsel van resistente planten.
- Groeireductie zonder verdere symptomen.

2.5 Daling van de bevolkingsdichtheid bij afwezigheid van waardplanten.

2.5.1 Besmettingen met zaai/pootgoed

In een proef op kleigrond te Enkhuizen, daalde de dichtheid van het tulpenstengelaaltje in de eerste 6 maanden na het roeien van zwaar aangetaste tulpen van 250 tot 16 aaltjes per 500 g grond; in een jaar tot 1 aaltje per 500 g grond en in het tweede jaar tot 0.4 aaltje per 500 g grond. Op een proefveld op zandgrond te Breezand waren deze dalingen resp. van 20 tot 1.3 aaltje per 500 g grond, tot 0.06 aaltjes per 500 g grond en tot 1 aaltje per 500 g grond (Seinhorst, 1966).

	Kleigrond - Enkhuizen		Zandgrond - Breezand	
Vlak na roeien.	250	100%	20	100%
Na 6 mnd	16	6%	1.3	6.5%
Na 1 jaar	1	0.5%	0.06	0.3%
Na 2 jaar	0.4	0.2%	1 (verstuing)	5%

In het laatste geval was er hoogstwaarschijnlijk herbesmetting opgetreden door zand verstoven van nabijgelegen veldjes met zwaar aangetaste tulpen. De dalingen in het eerste jaar waren op beide proefvelden sterker dan de sterkste, die bij natuurlijke besmettingen met andere rassen van het stengelaaltje zijn gevonden. Het tulpenstengelaaltje is op deze velden willekeurig met besmette bollen verspreid. Alleen als in een veld de situatie op bepaalde plekken gunstig zijn voor stengelaaltjes (dat hangt ook af van jaareffecten) zullen puntbesmettingen uitgroeien tot haarden, waarbij de dichtheden worden bepaald door de evenwichtsdichtheid, die bepaald worden door bodemtype, klimaat en gewas (macroschaal) en activiteit van de aaltjes door omstandigheden op microschaal. Omdat we hier niet te maken met persistent gebleken pleksgewijze besmettingen mag op grond van deze data niet worden aangenomen dat de dalingen van aaltjesdichtheden op deze proefvelden representatief zijn voor de meeste met tulpenstengelaaltjes besmette percelen.

Lage populatiedichtheden stengelaaltjes zijn lastig aantoonbaar, zeker bij veldbemonstering in een situatie met pleksgewijze besmetting. Er treedt dan 'verdunding' op van de aaltjes in het monster en de detectiekans wordt heel klein. Omdat ook de schadedrempel bij zeer lage dichtheden stengelaaltjes ligt is de constatering door van den Boogert & Janssen, 2005 dat stengelaaltjes 'zonder gewasresten en secondaire waardplanten na twee jaar niet meer aantoonbaar zijn in de grond' niet relevant omdat 'niet aantoonbaar' niet hetzelfde is als 'niet aanwezig' en bij zeer lage dichtheden al grote schade kan optreden.

Het zou aanbeveling verdienen om de populatiedynamica van stengelaaltjes per individueel veld per besmettingshaard te monitoren, ook op velden die ongunstig zijn voor stengelaaltjes. We mogen wel aannemen dat de evenwichtsdichtheid bij teelt van onvatbare gewassen lager zal zijn naarmate de daling van hoge dichtheden sneller verloopt. Op zandgrond is de evenwichtsdichtheid dan kleiner dan 0.06 aaltje per 500 g grond. De evenwichtsdichtheid op zware klei stabiliseert de populatie vaak op ongeveer 10 of meer stengelaaltjes per 500 g grond (Seinhorst, 1963).

Ook het weer is van invloed op de afname van de aaltjespopulaties: In de strenge winter van 1955-1956 daalde het aantal stengelaaltjes op kleigrond op vrijwel alle velden sterker dan gemiddeld: namelijk tot ongeveer 1/5 van het aantal in de herfst. In de zachte winter van 1958-1959 verminderden de stengelaaltjes op kleigrond echter minder in aantal dan gewoonlijk: namelijk tot ongeveer 2/3 van het aantal in de herfst. Op zandgrond werden deze verschijnselen niet waargenomen. Ondanks de droogte steeg het aantal stengelaaltjes in de grond in de zomer van 1959 op de klei wat sterker dan in andere jaren (Seinhorst, 1959).

2.5.2 Natuurlijke besmettingen

Het effect van vruchtwisseling op de aantasting van gewassen door stengelaaltjes hangt af van de snelheid waarmee hoge dichtheden aaltjes afnemen wanneer geen goede waardplanten worden geteeld en van de evenwichtsdichtheid die het aaltje kan handhaven op de verschillende grondsoorten. Bij natuurlijke besmetting dalen hoge dichtheden in de regel met 50% tot 75% en bij uitzondering met 90% per seizoen. Lage dichtheden dalen minder of niet. Op de zwaardere gronden nemen stengelaaltjes minder snel af dan op zandgronden en de lichtere zavelen. Ook kunnen stengelaaltjes zich op zwaardere gronden handhaven in dichtheden tot 10 of meer per 500 gram grond, ongeacht de geteelde gewassen (Seinhorst, 1963), terwijl ze op zandgronden en de lichtere zavelen kleiner zijn dan 0.06 aaltjes per 500 gram. Ook handhaven stengelaaltjes zich beter in grasland dan in bouwland. Verondersteld wordt dat zowel op zware als op lichte grond onkruiden verantwoordelijk zijn voor de evenwichtsdichtheden, omdat onkruidbestrijding leidde tot consistent lagere dichtheden aaltjes (Seinhorst, 1959).

Uit het bovenstaande kan worden afgeleid dat vruchtwisselingschema's zinloos zijn op de gronden waar de minimum evenwichtsdichtheden boven de schadedrempel liggen. Vruchtwisseling op andere grondsoorten kan effectief zijn, maar alleen op basis van monitoring van individuele velden.

Natuurlijke besmettingen komen pleksgewijs voor op voor de aaltjes gunstige grondsoorten en plaatsen, zoals kleigronden. Toch blijven ook hier grote gedeelten onbesmet ondanks een voor het aaltje gunstige vruchttopvolging. De haarden die ontstaan op voor stengelaaltjes gunstige plekken blijken echter zeer hardnekkig en kunnen niet worden uitgeroeid; ook niet door jarenlange teelt van niet-waardgewassen of door grondontsmetting (Seinhorst, 1964b, Molendijk, pers. communicatie).

2.6 Resistente cultivars

Seinhorst (1956) beschrijft vier vormen van resistentie voor stengelaaltjes:

1. Overgevoeligheidsreactie van het aangetaste weefsel, waardoor vermeerdering van de aaltjes, die het weefsel wel binnendringen, uitblijft.
2. Uitblijven van een zodanige reactie van de middenlamellen dat de aaltjes zich kunnen voeden en vermeerderen.
 - a. De aaltjes dringen hierbij het weefsel niet binnen, maar oefenen wel invloed uit op het weefsel in de vorm van normale en afwijkende symptomen. Alleen wordt het weefsel niet voos door het oplossen van de middenlamellen.
 - b. De aaltjes dringen het weefsel in geringe of grote aantallen binnen dat daarop reageert met afwijkende symptomen.
3. Zeer langzame ontwikkeling van symptomen, samengaan met een zeer trage ontwikkeling van de aaltjes. Voorbeelden van planten met resistentie zijn rogge, haver, luzerne, knoflook, aardbei. Er is geen resistentie beschikbaar in tulpen. Net als bij de meeste aaltjessoorten is er geen verband tussen schade en vermeerdering: sommige goede waardplanten vertonen geen symptomen van aaltjesaantasting, terwijl het aaltje zich goed vermeerdert, terwijl sommige slechte waardplanten of resistente planten zware schade lijden.

2.7 Grondsoort

De verspreiding van stengelaaltjes toont een uitgesproken relatie met grondsoort. Stengelaaltjes zijn belangrijk op zee- en rivierklei, lichte zavel en zandverstuivingen, maar minder op zwarte zandgronden en leemhoudende gronden (< 30% kleideeltjes). Op zware klei gronden stabiliseert de populatie zich vaak (pleksgewijs) op ongeveer 25-40 nematoden/500 g grond; dat is boven de schadedrempel van veel gewassen. Goede waardplanten kunnen dit niveau flink laten toenemen, terwijl de teelt van niet-waardplanten of grondontsmetting de aaltjesdichtheden niet (blijvend) kunnen verminderen. Het gebied dat vanouds wordt aangeduid als de 'bollenstreek' behoort tot de gebieden waar stengelaaltjes zich over het algemeen moeilijk of niet in de grond kunnen handhaven. Er moet echter rekening worden gehouden met onbekende factoren, die ervoor zorgen dat ongunstige omstandigheden voor stengelaaltjes op sommige velden plotseling omslaan in gunstige en er toch aantasting kan ontstaan. Overigens kan ook het omgekeerde voorkomen. Seinhorst (1966) beschrijft hoe tulpenstengelaaltjes in dit gebied (op zandgronden!) het beste kunnen worden beheerst op basis van de toen geldende teeltbeperkingen: Volgens Seinhorst (1966) bestonden de toenmalige maatregelen die tot ontheffing van het teeltverbod zouden leiden uit:

- 2 maal behandelen met DD,
- 3 jaar braak of
- een onvatbaar gewas en een DD-behandeling in het laatste van deze drie jaren.

De effectiviteit van deze maatregelen hangt af volgens Seinhorst (1966) af van vier factoren:

- I. De aaltjesdichtheid bij het begin van de behandelperiode (na een gewas aangetaste tulpen).
- II. Het effect van de DD-behandelingen op de bevolkingsdichtheid van het aaltje op korte en langere termijn.
- III. Het effect van de drie jaar braak of teelt van een onvatbaar gewas op deze bevolkingsdichtheid.
- IV. Het eventueel bestaan van een (lage) evenwichtsdichtheid van het stengelaaltje bij braak of teelt van onvatbare gewassen.

Zo zou grondontsmetting vlak voor een tulpenteelt moeten worden uitgevoerd (i.v.m. de snel terugkerende evenwichtsdichtheden na een grondontsmetting), worden volveldse bemonsteringen voor detectie of populatiedichtheidsbepalingen afgeraden vanwege de lage dichtheden en worden vruchtwisselingsschema's naar de prullenbak verwezen vanwege de onberekenbaarheid van stengelaaltjes. Voor stengelaaltjes is perceelsspecifieke haard-monitoring, bemonstering en advisering de beste oplossing (precisielandbouw).

Dit betekent dat er een registratiesysteem moet komen voor besmettingshaarden met stengelaaltjes, met x,y-coördinaten, met informatie over periodieke monsteringsgegevens. De aanbevelingen van Seinhorst (1966) zijn niet van toepassing op de tulpenteelt op andere grondsoorten. Seinhorst (1958) zegt daarover: 'Mocht het tulpenras van het stengelaaltje zich op de zwaardere gronden gaan verspreiden, b.v. door verplaatsing van de teelt, dan zou een zeer ongunstige situatie ontstaan'. Overigens laat Seinhorst ook de mogelijkheid open dat tulpenstengelaaltjes op het gebied van persistentie afwijken van andere stengelaaltjesrassen, bijvoorbeeld het uien- of roggeras (Seinhorst, 1961) of dat stengelaaltjes alleen in bepaalde perioden van jaren problemen veroorzaken. Seinhorst (1995) merkt op: 'De betekenis van stengelaaltjes is niet erg duidelijk meer, hoewel het zeker nog in de oude besmette gebieden (alle kleigronden, de lemige zandgronden van de formatie van Kreftenheye en Zuidlimburgse löss) vrij algemeen aanwezig is. Hevige aantasting treedt echter in afnemende mate op na periodiek voorkomende jaren met een sterke vermeerdering van de aaltjes. Het aaltje kan dus een aantal jaren weinig opvallen, om daarna plotseling weer grotere verliezen te veroorzaken'.

'Op beide proefvelden (Enkhuizen en Breezand) zette de sterke daling van de bevolkingsdichtheid van het tulpenstengelaaltje zich voort, zodat nu het proefveld te Enkhuizen nog maar licht besmet is (1 stengelaaltje per 500 g grond) en dat te Breezand zeer licht (0,03 stengelaaltje per 500 g grond). Dit betekent dat het aantal aaltjes tot respectievelijk 1/200 en 1/600 van de hoeveelheid in het najaar van 1960 is afgenomen. Dit is een veel sterkere daling dan bij uien- en roggestengelaaltjes wordt gevonden. Bij het onderzoek over de laatstgenoemde aaltjes werden de grondmonsters steeds genomen op plekken, die reeds lang besmet waren. Het tulpenstengelaaltje daarentegen is op beide proefvelden aangevoerd met besmette tulpen. De grond zou hier ongunstiger kunnen zijn voor stengelaaltjes (ook voor het uienras) dan op vanouds besmette plekken. Het is echter evengoed mogelijk, dat de bevolkingsdichtheid van het tulpenstengelaaltje in de grond in het algemeen sneller afneemt dan die van andere stengelaaltjesrassen. Uit de lagere bevolkingsdichtheid van het tulpenstengelaaltje na de teelt van tulpen en de sterkere daling ervan in het afgelopen jaar op het proefveld te Breezand blijkt, dat de zandgrond daar minder gunstig is voor dit aaltje dan de kleigrond op het proefveld te Enkhuizen'.

De situatie op sommige praktijkvelden (pers. communicatie L. Molendijk) geeft aan dat men nog steeds alert moet zijn op (oude) stengelaaltjesbesmettingen. Als stengelaaltjes de kans krijgen zich te vestigen op deze zwaardere gronden kunnen ze zich plaatselijk handhaven op bepaalde evenwichtsdichtheden die in sommige jaren boven de schadedrempel ligt. Ze zijn dan op bepaalde plekken niet meer uit te roeien, hoewel de dichtheden niet altijd tot grote schade leiden. Deze situatie kan ook nadelig zijn voor de teelt van ander pootgoed en exportgewassen. De aaltjes handhaven hun evenwichtsdichtheden waarschijnlijk op onkruiden. Uit proeven in de 50-iger jaren bleek dat intensieve onkruidbestrijding wel enigszins helpt, maar niet afdoende is (Seinhorst, 1959).

3. Verspreiding

Er zijn twee bronnen van infectie: Geïnficeerd plantmateriaal en besmette grond.

3.1 Geïnficeerd plantmateriaal

Stengelaaltjes kunnen voorkomen in bollen (bloembollen, zaaiuien en sjalotten), knollen (aardappelen) en zaad (uienzaad, luzerne, bloemzaad). De meeste aaltjes in geïnficeerd zaad vindt men in droge stukjes weefsel, zodat een groot deel van de besmetting kan worden verwijderd door het zaad te schonen of de aaltjes te doden met een bestrijdingsmiddel. De aaltjes kunnen echter ook in het zaad zelf voorkomen, onder de vliesjes die de kiemwortel-aanleg bedekken (Southey, 1965, Seinhorst & Koert, 1969). Stengelaaltjes kunnen met zaad en plantmateriaal worden getransporteerd buiten hun natuurlijke habitat, waar ze zich, afhankelijk van de grondsoort, (plaatselijk) wel of niet kunnen handhaven. Besmet zaad veroorzaakt aanvankelijk zeer kleine foci – met slechts 1 of enkele geïnficeerde planten – die volgens het toeval zijn verdeeld in een veld, hetgeen resulteert in een min of meer uniforme besmet veld. Afhankelijk van het bodemtype en een aantal onbekende bodemfactoren kunnen sommige van deze puntbesmettingen uitgroeien tot echte besmettingshaarden. Andere factoren zoals klimatologische omstandigheden en gewasopvolging zijn hierbij ook van belang, maar 'de toestand van de bodem' (Seinhorst, 1950) is doorslaggevend. Deze besmettingen kunnen niet meer ongedaan worden gemaakt, ook niet door grondontsmetting. Grondontsmetting kan de populatiedichtheid tijdelijk reduceren, maar de aaltjesdichtheden gaan uiteindelijk weer terug naar de evenwichtsdichtheid die hoort bij de plaatselijke omstandigheden (Seinhorst, 1966).

3.2 Besmette grond

Als waardplanten worden verbouwd op besmette gronden ontstaan besmettingshaarden met een ronde, ovale of onregelmatige vorm die al behoorlijke afmetingen hebben als ze zichtbaar worden. De welbekende voorbeelden van deze foci zijn 'kroef' in uien, 'ziek' in bollen en 'reup' in rogge. Deze plekken kunnen zeer persistent zijn.

4. Aaltjesdichtheid en opbrengst

4.1 Model voor stengelaaltjes in uien

De aantasting van een vatbaar gewas door stengelaaltjes hangt af van twee factoren:

1. De 'echte' besmettingsgraad van de grond, de P_i . De fluctuaties in de aaltjesaantallen zijn beschreven onder Populatiodynamica.
2. De activiteit van de aaltjes gedurende de kritische periode.
 - Alleen aangetast en niet-aangetaste uien worden onderscheiden.
 - De mate van aantasting is irrelevant omdat te vermarkten uien aaltjesvrij moeten zijn i.v.m. rot tijdens bewaring.
 - Daarom moet het aantal aangetaste uien per aaltjesdichtheid P worden geschat.
 - Als bij dichtheid $P=1$ een deel d van het materiaal is aangetast, dan is een deel $1-d$ niet aangetast. Bij dichtheid $P=2$ is een deel $d+d(1-d)$ aangetast en een deel $1-d-d(1-d) = (1-d)^2$ van de planten onaangetast.

$$\text{Algemeen: } Y = zP \quad (4)$$

Nematologische modellen worden vaak geverifieerd in het veld. Voor stengelaaltjes is dat niet eenvoudig omdat de activiteitsparameter z (een getal kleiner dan 1) een variabele die afhangt van de plaatselijke bodemcondities (Kaai en Den Ouden, 1966); in een haard kan z variëren van klein (in het midden, waar de aaltjesactiviteit het grootste is) naar groot (aan de randen van de haard, waar de aaltjesactiviteit gering is). Bovendien varieert z van jaar tot jaar. Vanwege de gradiënt in een focus kan de parameter z een handig hulpmiddel zijn bij de kwantificering van voor stengelaaltjes gunstige bodemfactoren (door regressieanalyse). Deze, nu nog onbekende, factoren zouden eenzelfde regressie moeten vertonen als de parameter z .

Uit veldwaarnemingen blijkt dat bij een P_i van 10 stengelaaltjes per 500 g grond vaak al 50% van de uienplanten aangetast kan zijn (Seinhorst, 1965). Bij een P_i van 1 aaltje per 500 g is dan 8% van de planten aangetast.

4.2 Verband tussen bemonsteringsuitslagen en schade.

Seinhorst (1956b) bepaalde op diverse velden werd op 21 plekken van 1 m² de besmettingsgraad van stengelaaltjes vlak voor het zaaien van een waardgewas. In juni werden de planten geëvalueerd op symptomen en gezondheidstoestand. Zelfs bij een besmettingsgraad beneden 10 stengelaaltjes per 500 g grond trad nog aanzienlijke schade op. Dit maakt een afdoend advies op basis van grondmonsteronderzoek over de kans op schade moeilijk, tenzij de plekken in een veld, waar deze ziekte al eerder optrad, nauwkeurig bekend zijn. Is dit niet het geval, dan dient het verbouwen van waardplanten afgeraden te worden, wanneer stengelaaltjes worden gevonden. Worden ze in een grondmonster niet gevonden, dan is nog enige schade mogelijk. De omvang van de schade hangt dan af van de betrouwbaarheid van de gebruikte methode van grondmonsteronderzoek. Het bovenstaande model is daarom ongeschikt om schade in gewassen te voorspellen in algemene geldende vruchtwisselingschema's. Daarvoor is het gedrag van stengelaaltjes te grillig. Het kan wel worden toegepast – als stochastisch model – op velden waarvan de specifieke besmettingen bekend zijn of vergelijkenderwijze.

5. Beheersmaatregelen

5.1 Nematiciden

Nematiciden, vooral fumigantia, zijn het minst effectief op grondsoorten waar de evenwichtsdichtheden van stengel-aaltjes het hoogst zijn en het hoogst blijven. Bijvoorbeeld grondsoorten met een hoog afslibbaarheidspercentage (Kaai, 1972, Been & Schomaker, 1998). Op deze velden neemt de populatiedichtheid stengelaaltjes na een grondontsmetting of tijdens perioden van braak of teelt van onvatbare gewassen weer toe tot de bij de grondsoort behorende evenwichtdichtheid (Seinhorst, 1956). Het is dan ook ten onrechte dat chemische grondontsmetting met cis-dichloorpropeen/dazomet wordt gezien als een betrouwbare methode om stengelaaltjes op zware kleigronden te elimineren (van den Boogert & Janssen, 2005). Overigens heeft chemische grondontsmetting nog geen enkel plantenparasitair aaltje kunnen elimineren. Op lichtere gronden kunnen fumigantia aantasting door stengelaaltjes beperken als ze onmiddellijk voor de teelt van het vatbare gewas worden toegepast, nadat eerst de aaltjesdichtheden op natuurlijke wijze zo ver mogelijk zijn gedaald. Worden fumigantia eerder toegepast, dan zal de stengel-aaltjesdichtheid weer toenemen tot de evenwichtsdichtheid.

Op lichtere grondsoorten kan verspreiding van stengelaaltjes via besmet materiaal op 'schoon' materiaal in het veld kan worden tegengegaan en schade worden voorkomen met b.v. Temik (Kaai, 1972). Ook op zware gronden bleek Temik nog effectief. Systemisch middelen, zoals Temik en wellicht ook Vydate, vergroten de waarde van z in vergelijking 4. Dit houdt in dat de aaltjes minder actief worden en een kleiner deel van de planten aantasten. Uit een aantal veldproeven kon een relatie tussen log dosis Temik en effect op activiteit van stengelaaltjes worden afgeleid. Deze bleek rechtlijnig: per verdubbeling van dosis middel was er een effect van 0.3 probit eenheid op de aaltjes (Seinhorst, 1981). Op dit moment is Temik niet meer toegelaten. Of Vydate een adequate vervanger is moet worden onderzocht.

5.2 Thermisch behandelen

Stengelaaltjes in bollen kunnen worden besteden door ze enige tijd te dompelen in water van 43.5-45°C, (Seinhorst 1964b, Van Slogteren, 1920), maar het succes van een dergelijke behandeling hangt af van wat het te ontsmetten materiaal kan verdragen. Tulpen b.v. zijn gevoelig voor warmwaterbehandelingen. Ook bij narcissen zijn warmwaterbehandelingen niet altijd effectief. Sjalotten kunnen hogere temperaturen verdragen. Zelfs bij 46°C gedurende 30 minuten trad nog geen beschadiging op terwijl de sjalotten aaltjesvrij waren (Bruinsma en Seinhorst, 1954). Het effect van een warmwaterbehandeling wordt o.a. beïnvloed door het tijdstip van behandelen en bewaar temperatuur van de bollen (Windrich, 1986).

5.3 Inundatie

De meldingen rond het effect van inundatie op aantallen stengelaaltjes en aantasting zijn tegenstrijdig. (Seinhorst, jaarverslag 1954 meldt dat overstroming van velden met zout water geen effect bleek te hebben op de populatiedynamica van stengelaaltjes. Van Os & De Boer, (2006) vonden geen aantasting door narcissen stengelaaltjes in narcissen na 8 weken inundatie, maar geven geen informatie over het effect op aantallen aaltjes. Ze vermelden wel dat op praktijkvelden in enkele bodemonsters genomen na inundatie stengelaaltjes worden aangetroffen. Muller *et al.* (1989) rapporteren een 'merkbare reductie' van verschillende aaltjessoorten, ook stengelaaltjes, door inundatie en Maas (1987) kon na 8 weken inundatie geen plantenparasitaire aaltjes meer aantonen. Omdat bemonsteringsgegevens niet beschikbaar zijn en aantoonbaarheid afhangt van de bemonsteringsmethode is het lastig na te gaan of de meldingen over verschillen in aantallen aaltjes te wijten zijn aan het toeval door lage trefkans van (lage dichtheden!) stengelaaltjes in de monsters. Over het algemeen kan worden gesteld dat de literatuur over het effect van inundatie op aantallen stengelaaltjes en schade door stengelaaltjes te beperkt is voor conclusies en aanbevelingen.

5.4 Magnetron

In een magnetronoven met een werkfrequentie van 2450 Hertz werden uit aaltjeswol afkomstige tulpenstengelaaltjes in water binnen 20 seconden alle gedood. Voor het doden van droge aaltjes waren 3,5 tot 4 minuten nodig. Er waren iets minder dan 3 minuten nodig om alle aaltjes in tulpenbollen cv. Elmus te doden, terwijl de bollen al na een behandeling van 80 seconden niet meer opkwamen. Het heeft dus geen zin om naar een praktische toepassing van hoogfrequente elektromagnetische trillingen ter bestrijding van stengelaaltjes in bollen te zoeken (Seinhorst, 1975).

6. Distributiepatronen

6.1 Horizontaal

6.1.1 Uniforme besmettingen

Deze uniforme besmettingen zijn waarschijnlijk ontstaan door een regelmatige besmetting van de aaltjes van buitenaf, b.v. met zaad of pootgoed.

Seinhorst (1963) leidde uit de aantallen stengelaaltjes die gevonden zijn in monsters van een groot aantal proefvelden af dat wanneer men een oppervlakte van 4m² een groot aantal keren bemonsterd, de logaritmen van de gevonden aantallen aaltjes normaal verdeeld zijn. Bij ongeveer tweehonderd monsters met lage dichtheden van het aaltje was het hoogste gevonden aantal 30 tot 60x het laagste. Bij hogere dichtheden nam deze spreiding af. Op een proefveld dat besmet was met een tulpenstengelaaltje doordat er een besmette partij tulpen was uitgeplant, waren eveneens de logaritmen van de dichtheden op de afzonderlijke veldjes normaal verdeeld. Meestal komen besmettingen met tulpenstengelaaltjes voor in haarden.

Uit deze data zou het in principe mogelijk moeten zijn om de aggregatiefactor k uit te rekenen die nodig is voor schatting van de detectiekans. Het probleem is dat hiervoor de monstergroottes en exacte gemiddelde dichtheden bekend moeten zijn. Seinhorst heeft echter vele databestanden en geografische informatie over aaltjes nagelaten. Daarin zijn onlangs – na enkele dagen zoeken - kaarten van besmettingshaarden met stengelaaltjes en databestanden met besmettingen aangetroffen. De heranalyse van deze databestanden aan de hand van de tekeningen vergt op zijn minst enkele maanden werk en valt daarom niet binnen het bestek van dit onderzoek.

Eerder gedane, voorlopig schattingen van detectiekansen (in de powerpoint) van stengelaaltjes zijn nog niet gebaseerd op deze pas gevonden data. Bij gebrek aan betere informatie zijn daar de volgende aannamen gedaan:

- De kleinschalige distributiepatronen van stengelaaltjes komen overeen met die van wortelknobbelaaltjes met een k -factor (aggregatiecoëfficiënt) van 5.
- Het probleem met stengelaaltjes is echter dat de dichtheden veel lager zijn en dat beneden een bepaalde drempelwaarde van tellingen (meestal 100-200), de aggregatiefactor k niet meer constant is en gaat dalen. Anderzijds is de k -factor van wortelknobbelaaltjes ernstig onderschat door de grote variatie in extractie-efficiency. Bij stengelaaltjes is deze variatie gunstiger.

6.1.2 Haarden

Op de meeste proefvelden werd echter geen lognormale verdeling gevonden. Dit wijst erop dat het aaltje voorkwam in plekken die zijn ontstaan door onregelmatige besmetting van buitenaf of doordat de omstandigheden voor stengelaaltjes op de ene plaats gunstiger waren dan op de andere (Seinhorst, 1963). Op de gunstiger plekken zijn de aaltjes actiever dan in de voor aaltjes ongunstiger plekken. De activiteit van de aaltjes neemt toe vanaf de rand naar het centrum van de haard. Daarom is – in tegenstelling tot b.v. aardappelcysteaaltjes - de factor z in de schade-relatie afhankelijk van de positie van de nematoden in de haard. Haarden van stengelaaltjes worden – in tegenstelling tot haarden van aardappelcysteaaltjes – komen tot stand en worden in stand gehouden door variatie in aaltjes-activiteit.

6.2 Verticale verdeling

Seinhorst, 1962

Zowel na de teelt van een waardplant (ui) als van een niet-waardplant (kroten) bevonden zich verreweg de meeste stengelaaltjes (85-100%) in de bouwvoor (0-20 cm). Op sommige plaatsen kwamen ook nog op grotere diepte (40-50 cm) aanzienlijke aantallen stengelaaltjes voor.

Seinhorst, 1963

Bepaling van de bevolkingsdichtheid van stengelaaltjes op verschillende diepten in een proefveld te Opperdoes

waar uien (waardplant) en krotten (slechte of niet waardplant) hadden gestaan, gaf een resultaat dat enigszins afwijkt van dat van vroegere onderzoeken. Evenals in 1962 werden na de teelt van uien verreweg de meeste aaltjes in de bouwvoor (0-20 cm) gevonden, terwijl op grotere diepte ook nog aanzienlijke aantallen stengelaaltjes voorkwamen, vooral in de laag van 30-40 cm. Waar krotten hadden gestaan was de dichtheid echter vrij constant van 0-40 cm, terwijl in de laag daaronder bijna geen stengelaaltjes meer werden aangetroffen.

Seinhorst, 1964

De bepaling van de bevolkingsdichtheid van *Ditylenchus dipsaci* op verschillende diepten in een proefveld te Opperdoes, waar uien (waardplant) en krotten (slechte of niet-waardplant) hadden gestaan, gaf een resultaat dat enigszins afwijkt van vroegere onderzoeken (IPO jaarverslag 1962 blz. 114). Evenals in 1962 werden na de teelt van uien verreweg de meeste aaltjes in de bouwvoor (0-20 cm) gevonden, terwijl op grotere diepte ook nog aanzienlijke aantallen stengelaaltjes voorkwamen, vooral in de laag van 30-40 cm. Waar krotten hadden gestaan, was de bevolkingsdichtheid echter vrij constant van 0 tot 40 cm, terwijl in de laag daaronder bijna geen stengelaaltjes meer werden aangetroffen.

Seinhorst, 1965

Om de invloed van uitwendige omstandigheden op de verticale migratie van stengelaaltjes bij afwezigheid van een gewas na te gaan, werd eind 1964 een aantal plastic buizen van 10 cm doorsnee en 50 cm lengte op de proeftuin ingegraven. De cilinders waren gevuld met een lichte zavelgrond uit de Wieringermeer, die weinig stengelaaltjes bevatte (gem. 10 stengelaaltjes per 500 g grond). Op 0-10 cm, 10-20 cm of 40-50 cm onder de oppervlakte was een laag van dezelfde grond aangebracht, die 2568 stengelaaltjes per 500 g grond bevatte. Begin september 1965 werden van elk object twee cilinders uitgegraven en werd per laag van 10 cm de besmettingsgraad bepaald. De aaltjes hadden zich niet verplaatst maar waren in aantal gedaald. In de lagen 0-10, 10-20 en 40-50 cm waren nog resp. 757, 1442 en 802 aaltjes aanwezig, dus resp. 29, 56 en 31 % van het aantal bij het begin van de proef. De grote afname in de laag van 0-10 cm zou veroorzaakt kunnen zijn doordat direct na het ingraven van de cilinders een vorstperiode is begonnen. De laag van 40-50 cm bleek zeer vochtig te zijn (geweest) door een hoge grondwaterstand.

Seinhorst, 1966

Van de in 1965 opgezette proef om de invloed van uitwendige omstandigheden op de verticale migratie van stengelaaltjes bij afwezigheid van een gewas na te gaan, werd begin februari 1966 per object 1 cilinder uitgegraven en per laag van 10 cm dikte de besmettingsgraad bepaald. Evenals in 1965 hadden de aaltjes zich niet verplaatst, maar waren wel in aantal gedaald. In de lagen 0-10; 10-20; en 40-50 waren nog resp. 413, 611 en 182 aaltjes aanwezig, dus resp. 55, 43 en 23% van het aantal in september 1965.'

Conclusie

Verreweg de meeste stengelaaltjes bevinden zich in de bouwvoor (0-20 cm) zowel bij waard als slechte en niet-waardgewassen. Op sommige plaatsen komen de aaltjes ook in diepere lagen (30-40, 40-50) voor. Dit kwam vaker voor na slechte of niet-waardplanten (krotten) dan na goede waardplanten, zoals ui (Seinhorst 1961, 1962). Uit een cilinderproef bleek dat de verticale migratie van stengelaaltjes tijdens afwezigheid van een gewas verwaarloosbaar is. De daling van aaltjesdichtheden tussen september en februari - bleek afhankelijk van de bodemlaag waarin ze zich bevinden: Seinhorst (1965) vond dalingen van resp. 45%, 57% en 77% in de lagen 0-10, 10-20 en 40-50 cm. Van Slogteren (1920) vond migratie vanaf grote diepten, waar besmettingen kunstmatig waren aangebracht, maar deze proeven werden gedaan gedurende het groeiseizoen, in aanwezigheid van een vatbaar gewas. Seinhorst geeft dus aan dat aaltjes in diepere bodemlagen sneller afsterven gedurende de winterperiode waardoor de kans op aanwezigheid van de aaltjes in deze lagen onder een gewas dat gedurende voorjaar en zomer wordt verbouwd, klein is.

6.3 Partijen

Seinhorst, (1976). De frequentieverdeling van de logaritmen van aantal stengelaaltjes in een op natuurlijke wijze besmette partij tulpenbollen cv Orient Express was scheef naar de hogere aantallen toe. (Natuurlijke besmettingen komen voor op voor de aaltjes gunstige grondsoorten en plaatsen en zijn vaak pleksgewijs, zie paragraaf 6.1.2. Dit

in tegenstelling tot de uniforme besmettingen die met pootgoed of zaigoed meekomen en veelal minder persistent zijn, zie paragraaf 6.1.1). Dit duidt op twee overlappende verdelingsfunctie. Daarom wordt, evenals bij narcis, ook hier verondersteld, dat de aangetaste bollen bestaan uit twee gedeelten, de ene bestaande uit bollen die bij het planten oorspronkelijk ziek waren (de meeste en met grote aantallen aaltjes) en de andere bestaande uit bollen, die op het veld besmet raakten met aaltjes uit zieke buurplanten (minder bollen met kleinere aantallen aaltjes). Windrich, (1978) volgde het voorkomen van aantallen stengelaaltjes in aangetaste bollen in een partij tulpen. Hiertoe stelde hij tijdens planttijd van 250 aangetaste bollen de frequentieverdeling van aaltjesaantallen in de bollen vast. Daarna plantte hij op 247 veldjes telkens een aangetaste bol uit de zelfde partij in het midden van de derde regel van een uit 5 regels met gezonde bollen beplant veldje. Regelafstand 25 cm, 10 bollen per regel, maat 9 en 10. Na een groeiseizoen werden de aantallen aaltjes in bollen met symptomen van aantasting bepaald en daaruit de aantallen bollen met verschillende aaltjesaantallen in de nakomelingschap van ziek en van gezond geplante bollen. De frequentieverdelingen op het moment van planten en een jaar later waren ongeveer gelijk. De nakomelingschap van zieke bollen bevatte gemiddeld per bol minder aaltjes dan die van gezonde bollen en het percentage zieke bollen in de partij was gedaald van 2% bij het planten tot ongeveer 0.6% in de oogst. Op 253 veldjes die met tulpen beplant waren, zoals boven beschreven, werd zowel in de herfst als in het voorjaar 0.6 g aldicarb/m² (= 6kg/ha) gegeven. Na een groeiseizoen werden geen aangetaste bollen gevonden in de nakomelingschap van de oorspronkelijk gezonde bollen. Aldicarb (Temik) voorkwam hier dus verspreiding in het gewas. (Zie ook chemische bestrijding). Het aantal aangetaste bollen op de met aldicarb behandelde veldjes was 17% en het aantal aaltjes in de bollen 1.3% van dat op onbehandelde veldjes. Het grootste aantal stengelaaltjes in onbehandelde bollen was meer dan 500.000 per bol en in behandelde bollen 30.000 per bol.

6.4 Vragen bij grondbemonstering *Ditylenchus dipsaci*

1. Is een veld besmet met stengelaaltjes?
 - Om welk gebied en grondsoort gaat het?
 - Bij welke aantallen aaltjes kan schade worden verwacht in het te telen gewas?
 - Zijn er historische gegevens t.a.v. besmettingen beschikbaar?
2. Treden er symptomen op in schadegevoelige gewassen die in een volgend groeiseizoen worden geteeld?

Seinhorst (1956) toont aan dat zeer lage besmettingen stengelaaltjes grote schade kunnen veroorzaken in ui, rogge en aardappelen als bodemtype en andere omstandigheden daarvoor gunstig zijn. Als in een monster geen stengel-aaltjes worden aangetoond is kunnen stengelaaltjes nog steeds een deel van het gewas aantasten.

6.4.1 Pleksgewijze besmettingen

Bij een beoordeling van de mogelijkheden van grondbemonstering moeten we ervan uitgaan dat persistente besmettingen met stengelaaltjes zelden algemeen verspreid over een heel veld voorkomen (Seinhorst, 1956). Dit is in tegenstelling tot de aanname van Van den Boogert & Janssen (2005), die uitgaan van lage, uniforme besmettingen. Op zware kleigronden stabiliseert een dergelijke besmetting tot 10 nem/500 gram. Er kunnen zich twee situaties voordoen:

1. De besmette plekken zijn onbekend of niet meer terug te vinden en men krijgt te maken met een verdund monster. Deze verdunning met onbesmette grond kan gemakkelijk zover gaan dat geen stengelaaltjes meer worden gevonden terwijl toch nog een belangrijk deel van het veld zo zwaar besmet is dat er schade optreedt in een volgend gewas. Over de vorm 'kroef-', 'reup'- en 'ziek'-plekken en de distributiepatronen en activiteit van stengelaaltjes in deze plekken is momenteel weinig bekend. Om toch wat berekeningen te kunnen doen nemen we gemakshalve aan dat een stengelaaltjesfocus dezelfde gradiënten heeft als een focus met aardappelcystenaaltjes en dat de aggregatiefactor k ook hetzelfde is als voor aardappelcystenaaltjes, namelijk 70 voor 1.5 kg grondmonster. Deze aanname is waarschijnlijk niet correct, omdat haarden met aardappelcystenaaltjes op andere wijze tot stand komen dan haarden met stengelaaltjes. We bemonsteren met een grid van 7.5 bij 4.5 vierkante meter. Er is dan 11 kg grond nodig uit 1/3 ha om een detectiekans 90% te krijgen. Dat komt omdat slechts 7 tot 8 van de in totaal 98 stekken in de haard vallen. Zijn de aaltjes op kleine schaal onregel-

matiger verdeeld dan aardappelcystenaaltjes en veronderstellen we een aggregatiecoëfficiënt van 10 dan is 13.7 kg nodig om de haard met 90% zekerheid op te sporen.

- De historische gegevens van besmette plekken zijn bekend en men met zekerheid monsters nemen uit eerder besmette plekken. In zo'n geval is er een bodemonster van 800 gram nodig om de haard met een gemiddelde zekerheid van 90% op te sporen. Neemt men een fijner bemonsteringsgrid dan kan men de variantie rond dit gemiddelde verkleinen en zo de opsporingskans op een individueel veld vergroten. Is de aggregatiefactor 10 in plaats van 70 dan is 980 gram grond nodig voor de 90% detectiekans.

De detectiekans van bovengenoemde haard met bemonsteringssystemen die worden aangeboden door DGV en BLGG (zie tabel 1) is iets groter dan 20%. Uiteraard zijn op lichtere grondsoorten de populatiedichtheden lager en de detectiekansen kleiner. Daar staat tegenover dat de kans op schade kleiner is dan op kleigronden.

Tabel 1. *Bemonsteringsmethoden De Groene Vlieg (DGV) en BLGG.*

	DGV	BLGG
Opp. (ha)	0.2	0.2
bxl (m)	6.66x300	6x330
Strip/Block	S	S/B(S>B)
Cores/opp.	70	70
Grid opgegeven door instituut (bxl)	7x4.1	6x4.3
Berekend grid (bxl)	6.7x4.3	6x4.7
Extractie+tellen	hele monster	hele monster
Diepte (cm)	25	25
Monstergrootte (ml)	1200	875-1325 (1100)
Steekgrootte (g)	17.1	15.7

Voor een aaltjessoort die al bij zeer lage dichtheden schade veroorzaakt en zeer onregelmatig in het veld voorkomt zal efficiënte veldinspectie nodig zijn om deze besmettingen te monitoren. In deze situatie is het des te belangrijker dat schadegevallen goed worden geregistreerd en ook historische informatie goed wordt vastgelegd.

Met de ontwikkeling van de huidige Geografische Informatie Systemen is het ook mogelijk deze informatie goed vast te leggen en beschikbaar te houden voor de volgende teelten. Helaas komt het nu maar al te vaak voor dat er in de loop van de decennia meermalen op hetzelfde perceel zware schade wordt geleden.

Op volvelds puntbesmettingen kunnen ook bemonsteringen worden uitgevoerd om het aaltje op te sporen of om na te gaan of de dichtheden beneden de schadedrempel zijn. De detectiekansen)* bij bovengenoemde bemonsteringsmethoden op een veld met een gemiddelde dichtheid van 0.06 nem/500 gram is gelijk aan 20%. Vanaf 1 nem/500 gram is de detectiekans)* groter dan 90%.

)* detectiekans onder de bovengenoemde, niet geverifieerde aannamen.

7. Aanbevelingen

- Op basis van oude gegevens van Seinhorst proberen stengelaaltjes hard te modelleren en beter bemonsteringssysteem te ontwikkelen.
- Random steekproef doen om te kijken welke van deze zeer oude besmettingen nu nog terug te vinden zijn.
- Nieuwe bemonsteringsdata verzamelen om de aggregatiefactor k te schatten.
- In afwachting daarvan haardbemonstering uitvoeren op bekende besmettingen. Alleen persistente besmettingen zijn relevant.
- Mogelijkheden nagaan om besmettingen met stengelaaltjes en hun x,y coördinaten vast te leggen in een perceelsdatabase zodat informatie over besmettingen niet verloren gaat.
- Mogelijkheden onderzoeken om een perceelsspecifieke beheersingsstrategie te ontwikkelen voor de besmette percelen.
- Waardplantgeschiktheid beter kwantificeren en uniformeren om dit mogelijk te maken. Daartoe moeten waardplantgeschiktheid gerelateerd worden aan populatiedynamische parameters en aan specifieke symptomen.
- Nagaan of de huidige zaadontsmettingstechnieken afdoende zijn om partijen vrij te maken.
- Discussie aangaan met de bollensector en de overige sectoren om de verspreiding van stengelaaltjes met bloembollen vanuit de oorspronkelijke bollengebieden naar de rest van Nederland – met name de voor stengelaaltjes geschikte gronden - zoveel mogelijk te beperken.
- Discussie aangaan met de pootgoedsector om een beeld te krijgen van incidentie in het aardappelpootgoed. Besmettingen in aardappelpootgoedbedrijven registreren en telers voorlichten.

8. Literatuur

- Been, T.H. & Schomaker, C.H. (1998).
Fumigation of marine clay soils infested with *Globodera pallida* (Stone) and *G. rostochiensis* (Wollenweber) using 1,3 dichloropropene and additional top soil treatments. *Fundamental and Applied Nematology*.
- Boogert, P.H.J.F. van den & F.J.A. Janssen (2005).
Beschrijving en analyse fytosanitaire situatie van het stengelaaltje (*Ditylenchus dipsaci*) in de bloembollenteelt. Intern rapport P.D.
- Bruinsma, F. & J.W. Seinhorst (1954).
Warmwaterbehandeling van sjalotten tegen aantasting door stengelaaltjes (*Ditylenchus dipsaci* (Kühn) Filipjev). *Meded. Dir. Tuinb.* 17: 437-446.
- Doorn, J. van (2006).
Het bestaan van rassen en waardplantvoorkeur bij *Ditylenchus dipsaci*. Beknopt overzicht van literatuurgegevens over waardplantspecificiteit, kweek- en inoculatie technieken, en aanwijzingen voor het al dan niet bestaan van rassen, met nadruk op bolgewassen. Literatuurverslag in het kader van Programmanummer BO-06 005 Plantgezondheid, thema Fytosanitair.
- Handoo, Z.A. & Golden, A.M. (1992).
A key and diagnostic compendium to the species of the genus *Hoplolaimus* Daday, 1905 (Nematoda: Hoplolaimidae). *Journal of Nematology* 24(1): 45-53.
- Kaai, C. (1972).
Systemische nematiciden. *Gewasbescherming* 3, nr. 2.
- Kaai, C. (1971b).
Bestrijding stengelaaltjes. Jaarverslag 1970 Instituut voor Planten-ziektenkundig Onderzoek: 113.
- Kaai, C. & Den Ouden, H. (1966).
IPO jaarverslag.
- Kok, M.W.S., Seinhorst, J.W. & C. Kaai (1963).
Aantasting van tulpen door het uienstengelaaltje. *Meded. Dir. Tuinb.* 26, 9, 494-497.
- Maas, P.W.Th., 1987.
Physical methods and quarantine. In: *Principles and Practice of Nematode Control in Crops*. Eds.: Kerry and Brown. ISBN 0 12 137640 0, 265-291.
- Muller, P.J. & J. van Aartrijk, 1989.
Flooding reduces the soil population of the stem nematode *Ditylenchus dipsaci* (Kühn) in sandy soils. *Acta Horticulturae* 255, 261-264.
- Oosterom, A. (1978).
Methode voor het toetsen van de vatbaarheid van uienkiemplanten voor aantasting door stengelaaltjes (*Ditylenchus dipsaci*). IPO Jaarverslag 1978.
- Os, G. van & Boer, A. de (2006).
Stengelaaltjes in de grond, lastig waar te nemen, lastig kwijt te raken. *BloembollenVisie* 8 juni 2006, nummer 90
- Pudasaini, M.P., 2006.
Population dynamics of *Pratylenchus penetrans* under field crops. In: *Interactions between the root lesion nematode, Pratylenchus penetrans and fields crops*. PhD-thesis, Ghent University, Ghent.
- Seinhorst (1942).
Enige onderzoekingen over de invloed van uitwendige omstandigheden van uitwendige omstandigheden op het stengelaaltje (*Ditylenchus dipsaci* (Kuhn) Filipjev) en de aantasting van rode klaver door deze parasiet. Intern rapport + kaarten.
- Seinhorst, J.W. (1995).
Aaltjesproblemen in Nederland. Intern IPO-rapport.
- Seinhorst, J.W. (?).
Betrekkingen tussen planten en aaltjes. Intern rapport.

- Seinhorst, J.W. (1950).
De betekenis van de toestand van de grond voor het optreden van aantasting door het stengelaaltje (*Ditylenchus dipsaci* (Kühn) Filipjev). Tijdschrift v. Pl.ziekten 60, 292-349.
- Seinhorst, J.W. (1956).
Population studies on stem eelworm (*Ditylenchus dipsaci*). Nematologica 1, 159-164.
- Seinhorst, J.W. (1956).
Kunnen 'Kroef' percelen opgespoord worden door grondmonsteronderzoek? (T. Pl.ziekten 62: 1-4.
- Seinhorst, J.W. (1956).
Biologische rassen van het stengelaaltje (*Ditylenchus dipsaci* (Kühn) Filipjev) en hun waardplanten. T. Pl.ziekten (62 (1956): 179-188.
- Seinhorst, J.W. (1957).
Some aspects of the biology and ecology of stem eelworms. Nematologica II Suppl.: 355-361.
- Seinhorst, J.W. (1958).
Aaltjesproblemen in Nederland. Intern IPO-rapport.
- Seinhorst, J.W. (1959).
Stengelaaltjes. I.P.O jaarverslag.
- Seinhorst, J.W. (1961).
Stengelaaltjes, IPO-jaarverslag.
- Seinhorst, J.W. (1963).
Stengelaaltjes, IPO-jaarverslag.
- Seinhorst, J.W. (1964a).
Kwantitatief onderzoek over plantenparasitaire aaltjes. Intern IPO-rapport.
- Seinhorst, J.W. (1964b).
Stengelaaltjes. Intern IPO-rapport.
- Seinhorst J.W. (1965).
De efficiëntie van maatregelen ter voorkoming en bestrijding van aantasting door stengelaaltjes in plantuien. Intern rapport.
- Seinhorst, J.W. (1966).
Prognoses van het effect van de voorgestelde behandelingen van met tulpenstengelaaltjes besmet verklaarde velden op zandgrond, welke zouden kunnen leiden tot verlening van ontheffing van de opgelegde teeltbeperkingen. Intern IPO-rapport.
- Seinhorst, J.W. (1967).
The relationships between population increase and population density in plant parasitic nematodes. Nematologica 13: 481-492.
- Seinhorst, J.W. & J.L. Koert (1969).
Stengelaaltjes op uienzaad. Gewasbescherming 2: nr. 1.
- Seinhorst, J.W. (1981).
Achtergronden van aaltjesbestrijding. Bedrijfsontwikkeling jaargang 12, 13.
- Seinhorst, J.W. (1995).
Overzicht van aantastingen van gewassen door plantenparasitaire aaltjes, die op grond van hun economische betekenis voor onderzoek in aanmerking komen. Intern rapport.
- Slogteren, E van (1920).
De nematodenbestrijding in de bloembollenstreek. Uitg. H. Veenman, Wageningen.
- Southey, J.F. (1965).
The incidence and location of stem eelworms on onion seed. Plant Pathology 14: 55-59.
- Windrich, W.A. (1978).
Stengelaaltjes in tulpen en andere bolgewassen. Jaarverslag I.P.O.
- Windrich, W.A. (1986).
Distribution of *Ditylenchus dipsaci* in Daffodil bulbs. Journal of Nematology 18(4): 586-588.

Bijlage I.

Enkele rassen van het stengelaaltje *Ditylenchus dipsaci* en hun voornaamste waardplanten.

Waardplanten	Stengelaaltjes uit:									
	rogge	uien		aardappel	rode klaver	luzerne	narcis	hyacint	tulp	wevers- kaarde
		Flakkee	N.Holland							
rogge	++			++	-	-				
haver	++	++		++	-	-	-			++
tarwe	-	-		-	-	-				
gerst	-	-		-	-					
maïs	++	++		++	-					
aardappel	+	+	+	++	-					
		-								
biet (kiemplanten)	++ (x)	++ (x)		++	-					
ui	++	++	++	++	-		++	-	++	++
rode klaver	x	x	x	x	++	-				
witte klaver	x	x	x	x	x	-				
luzerne	+x			x	x	++				
Phaseolus bonen	++	++	++	++	++					
Vicia bonen	++	++	++	++	++		++	-		++
erwt	-	++	++	++	++					
peen	-	-	++	x	++					
vlas	x	x	x	x						
narcis	-		-	-			++	-x	++	
hyacint	-		-	-			-	++	++	
tulp	-		-	-			-	-	++	
weverskaarde	-	-	-	-x						++
aardbei	x	x	x	x	+					

+ *weinig vatbaar - normale symptomen*

++ *zeer vatbaar - normale symptomen*

x *misvormingen of necrose, geen vermenigvuldiging van de aaltjes*

