



Effect bodemgesteldheid op
activiteit en infectieusiteit van
stengelaaltjes (*Ditylenchus dipsaci*)

Resultaten uit literatuuronderzoek



rapport / publicatie

2021-08



Uireka is een uniek ketenproject waarin de gehele uienketen participeert. De eerste 3 jaar van het project (2017-2019) was het projectdoel met onderzoek de kwaliteit en daarmee het versterken van de exportpositie van de Nederlandse ui te verbeteren. Vanaf 2020 richt Uireka zich op het versterken van de duurzaamheid en weerbaarheid van de uienteelt. Het project is een initiatief van de Holland Onion Association en wordt mede ondersteund door Topsector Agri & Food, BO Akkerbouw en meer dan 70 ketenpartners.

Uireka draait om innovatie, verbetering en verduurzaming van de teelt, droogtechnieken en bewaring. Het project levert een pakket aan handvatten en oplossingen die ketenpartners in staat stelt de kwaliteit van de Nederlandse ui nog beter te borgen. Uiteindelijk zorgt dit voor een sterkere exportpositie en daarmee een versteviging van het verdienmodel van alle partners in de uienketen.

De gezamenlijke organisaties hebben deze publicatie met de meeste zorg samengesteld. Zij zijn niet aansprakelijk voor schade die ontstaat door het uitvoeren van informatie uit deze publicatie.

Effect van bodemgesteldheid op de activiteit en de infectieusiteit van stengelaaltjes (*Ditylenchus dipsaci*)

Resultaten uit literatuuronderzoek

Uitgevoerd door: Misghina Goitom Teklu¹, Pella Brinkman² en Leendert Molendijk²
(¹Agrosysteemkunde en ²Open teelten, Wageningen Plant Research)

Uireka rapportnummer: 2021-08

Datum: maart 2022

Inhoudsopgave

Samenvatting

1	Inleiding en doel	6
2	Levenscyclus	7
3	Literatuuronderzoek	8
3.1	Grondsoort	8
3.2	Bodemvocht	10
3.3	Bodemtemperatuur	11
3.4	Beluchting van de grond	12
3.5	pH van de grond	12
3.6	Organische stof en bodemstructuur	12
3.7	Bodemmicro-organismen	13
3.7.1	Effect van bodemsterilisatie op de activiteit van stengelaaltjes	15
3.7.2	Grondextracten	16
4	Conclusies en aanbevelingen	18
5	Literatuur	19

Samenvatting

Stengelaaltjes zijn een probleem in meerdere belangrijke gewassen zoals ui, aardappel, suikerbiet, tulp en narcis. Stengelaaltjes (*Ditylenchus dipsaci*) kunnen zich op sommige percelen vestigen en zich over het hele perceel verspreiden, terwijl op andere percelen de besmetting lokaal blijft of verdwijnt. Stengelaaltjes kunnen zeer lang in de grond overleven. Het is onduidelijk wat de bepalende factoren zijn die een grond geschikt maken voor vestiging en langdurige overleving. Kennis van deze factoren kunnen helpen de risico's voor een teelt in te schatten, vestiging te voorkomen en besmettingen te saneren. Eerste doel van deze literatuurstudie was na te gaan of er sinds de jaren '50 van de vorige eeuw nieuwe aanwijzingen zijn die de geschiktheid van een bodem voor de vestiging van stengelaaltjes kunnen verklaren. Het tweede doel was na te gaan of er nieuwe technieken zijn die licht zouden kunnen werpen op de criteria voor ontvankelijkheid van een bodem voor stengelaaltjes.

De bodem heeft zowel direct als indirect invloed op infectie van planten met stengelaaltjes. De bodem heeft direct invloed op de mate van natuurlijke sterfte en activiteit (beweeglijkheid) van stengelaaltjes, en daarmee de besmettingsgraad en kans dat de stengelaaltjes een waardplant bereiken. Indirect heeft de bodem invloed op infectie, doordat deze de weerbaarheid van de plant en daarmee het binnendringen van de waardplant en symptoomontwikkeling kan beïnvloeden.

In het algemeen wordt gesteld dat zowel de overleving als de activiteit van stengelaaltjes hoger is op de zwaardere gronden in vergelijking met zandgrond. Een vochtige bodem en niet te hoge temperatuur zijn bevorderlijk voor infectie. Het is niet duidelijk wat de rol van organische stof is op het besmettingsniveau. Er is weinig informatie beschikbaar over het effect van pH op stengelaaltjes, al zijn er aanwijzingen dat er effect is afhankelijk van de grondsoort. Wel zijn er sterke aanwijzingen dat micro-organismen en/of biochemische bestanddelen invloed hebben op de activiteit van stengelaaltjes.

Een nieuw ontwikkelde benadering om te bepalen of bodemactiviteit in het algemeen een relatie heeft met de activiteit van stengelaaltjes, zou een HWC-bepaling (heet-water extraheerbare koolstof) kunnen zijn van grond vanuit plekken met een hardnekkige besmetting in vergelijking met grond buiten deze besmettingshaarden. Deze meting is overigens alleen een maat voor de microbiële activiteit in algemene zin, maar geeft geen informatie over de betrokkenheid van specifieke bodemorganismen.

De in ontwikkeling zijnde nieuwe technieken om inzicht te krijgen in de rol van bodemmicro-organismen (microbioombepaling) en van specifieke chemische bestanddelen (bv. gaschromatografie) zijn kostbaar en vergt vergelijken van een groot aantal monsters op zoek naar een onbekend verschil. Het is zeer wel mogelijk dat niet slechts één organisme of biochemisch bestanddeel een onderdrukkende werking heeft, maar dat het een combinatie van verschillende organismen en/of bestanddelen is die van plaats tot plaats kan verschillen. Het vinden van correlaties vanuit dergelijke microbioom- en HPLC-analyses wordt daarmee een omvangrijke en onzekere exercitie.

Op basis van deze in 2021 uitgevoerde studie moet worden geconcludeerd dat er geen nieuwe criteria zijn gevonden die de kans op vestiging en overleving voorspellen. Afgezien van microbioombepalingen en gaschromatografie is er de laatste zeventig jaar weinig nieuw gereedschap ontwikkeld om in te zetten voor het vinden van een verklaring van tijdelijke of permanente vestiging van stengelaaltjes. Een begin kan zijn de proeven van Seinhorst met extracten van gronden die wel of niet de activiteit van stengelaaltjes remmen te herhalen en met moderne technieken de verschillen in de bodemextracten door te meten.

1 Inleiding en doel

De schade door stengelaaltjes (*Ditylenchus dipsaci*) neemt de laatste jaren sterk toe. Stengelaaltjes zijn een probleem in meerdere belangrijke gewassen zoals ui, aardappel, suikerbiet, tulp en narcis. Voor individuele bedrijven kunnen de financiële gevolgen van een besmetting met stengelaaltjes groot zijn. Per december 2019 is de Quarantaine status van *Ditylenchus dipsaci* veranderd in die van een 'Regulated Non Quarantaine Pest' (RNQP), met als consequentie dat na een vondst voortaan wel de partij besmet wordt verklaard maar het perceel niet meer. Dit brengt als risico met zich mee dat bij verhuur de verhuurder niet op de hoogte is van het voorkomen van stengelaaltjes op een perceel of dat telers het risico nemen en uitgangsmateriaal of gevoelige gewassen blijven telen op besmette percelen. Dit kan verdere verspreiding tot gevolg hebben.

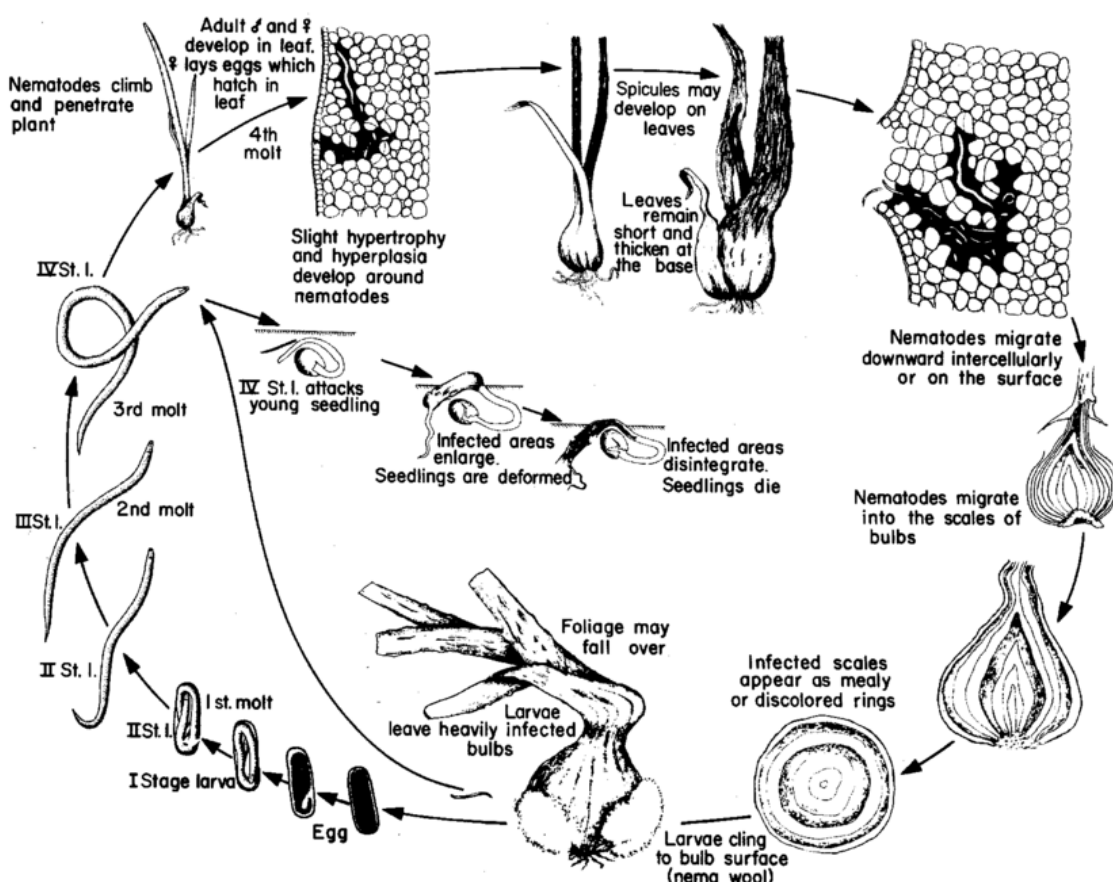
Ondanks de RNQP-status en de grote problemen met dit aaltje is er maar beperkte kennis beschikbaar over de levenswijze, vestiging en natuurlijke sterfte en zijn er weinig beheersmaatregelen voorhanden. Besmettingen voorkomen, vroegtijdig detecteren en het monitoren van gevonden besmettingen wordt steeds belangrijker. Vanwege de brede waardplantenreeks zijn oplossingen binnen de vruchtwisseling moeilijk te vinden. Het bestaan van een ruststadium dat langdurige periodes van droogte kan doorstaan speelt een rol in zowel de verspreiding als overleving in de bodem. De relatief korte levenscyclus en sterke vermeerdering zorgen dat een besmetting met lage aantallen stengelaaltjes snel kan uitgroeien tot een zware besmetting. De mogelijkheden voor chemische bestrijding staan onder druk en hun effectiviteit is onzeker. Niet-chemische oplossingen zijn gewenst. De Brancheorganisatie Akkerbouw heeft het initiatief genomen een samenhangend onderzoeksprogramma te ontwikkelen met als doel de telers van gereedschap te voorzien om besmetting te voorkomen of schade te beperken. Er is een stuurgroep opgericht die dit onderzoek gaat begeleiden. Leendert Molendijk en Hans Hoek (WUR|OT) hebben in augustus 2018 een eerste aanzet gegeven hoe onderzoek aan stengelaaltjes systematisch op te zetten. Naar aanleiding daarvan is hen gevraagd samen met specialisten op aaltjesgebied een samenhangend programma te ontwikkelen. Een deel van dit plan wordt uitgevoerd binnen de PPS Uireka.

Uit historische gegevens blijkt dat stengelaaltjes zich op sommige percelen kunnen vestigen, bijvoorbeeld door introductie via besmet zaaizaad of plantgoed, en zich over het hele perceel kunnen verspreiden. Op andere percelen blijft de besmetting lokaal, in Zuidwest-Nederland "kroefplek" genoemd, of verdwijnt deze spontaan. De kroefplekken breiden zich niet uit, in tegenstelling tot besmettingen met andere aaltjessoorten, maar blijven wel permanent in het veld aanwezig. Het is niet duidelijk waarom een besmetting zich vestigt en zich al dan niet handhaaft. Daarom valt niet in te schatten welke percelen risico lopen. Wanneer de criteria voor vestiging duidelijk zouden zijn, kunnen risico's door telers worden ingeschat en biedt die kennis mogelijkheden om besmettingen te saneren.

In de jaren 50/60 van de twintigste eeuw is er ook getracht dit raadsel van de beperkte verspreiding op te lossen. Er zijn toen geen aanknopingspunten uit voortgekomen. Inmiddels zijn er veel meer metingen aan bodems mogelijk. Dit geldt voor zowel voor fysische, chemische als biologische bodemeigenschappen. De eerste stap is om te inventariseren of er nu bodemkarakteristieken kunnen worden bepaald die een mogelijke verklaring zouden kunnen zijn. Dit moeten dan karakteristieken zijn die in het onderzoek van de jaren 50/60 niet zijn meegenomen. Hierbij wordt de in de PPS Beter Bodembeheer ontwikkelde lijst Bodemindicatoren voor Landbouwgronden in Nederland (BLN; Hanegraaf et al., 2019) als uitgangspunt gekozen.

2 Levenscyclus

Voor de voortplanting van stengelaaltjes zijn zowel vrouwtjes als mannetjes nodig. Vrouwtjes zetten eieren af in stengel materiaal (Figuur 1). Uit de eieren ontwikkelen zich via een aantal vervellingen de juvenielen, onvolwassen stadia van de aaltjes. De juvenielen kunnen zich verder ontwikkelen in de plant, of deze verlaten en andere planten infecteren. Het vierde juveniele stadium kan langere perioden zonder voedsel overleven. Dit stadium is bestand tegen uitdroging en speelt daarmee een rol bij langdurig overleven in de grond en verspreiding via zaad, plantmateriaal of grond.



Figuur 1. Levenscyclus van *Ditylenchus dipsaci*. Uit: Agrios (2005).

3 Literatuuronderzoek

In de vorige eeuw concentreerden de meeste studies over de interacties tussen waardplant en stengelaaltjes zich op het bestuderen van de waardplantstatus, biologische rassen en bestrijding met nematociden. Er was weinig aandacht voor de relatie tussen de grond en het stengelaaltje en de consequenties daarvan voor de bestrijding. In Nederland werd al in 1937 een verband tussen de verspreiding van stengelaaltjes en het grondtype gelegd (Cleveringa, 1937). In de daaropvolgende twee decennia werd hier diepgaand onderzoek naar verricht. Sindsdien is zeer weinig gedetailleerd onderzoek gedaan naar de relatie tussen bodemeigenschappen en aantasting door stengelaaltjes.

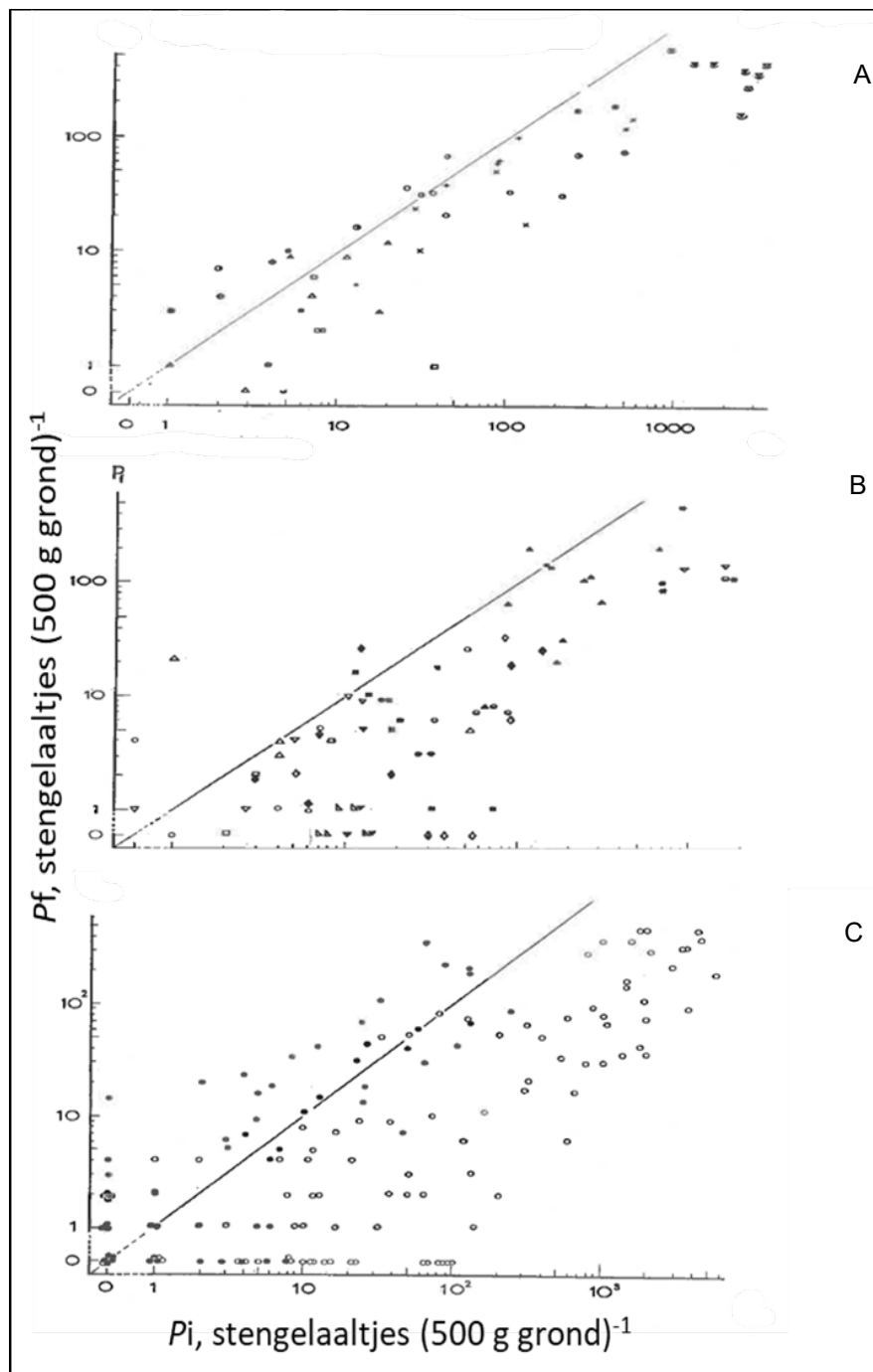
In 2016 werden interviews gehouden met vijf telers met een stengelaaltjesbesmetting op hun bedrijf (Hoek en Molendijk, 2016). In de interviews werd genoemd, dat op bedrijven met een besmetting die al tientallen jaren aanwezig is, deze op een specifieke plaats in het perceel blijft en zich ook niet naar andere percelen binnen het bedrijf verspreidt. Hieruit volgde de vraag wat er bekend is over de invloed van bepaalde chemische, fysische of biologische bodemeigenschappen op de vestiging en de plaatsgebondenheid van stengelaaltjes. Er is een literatuurstudie uitgevoerd naar bodemfactoren die de vestiging en persistentie van stengelaaltjes beïnvloeden. Daarnaast is bekeken of er in de afgelopen decennia technieken zijn ontwikkeld, waarmee bepalingen gedaan kunnen worden die eerder niet mogelijk waren. Uit de literatuur is het volgende bekend over de invloed van bodemfactoren op de activiteit van stengelaaltjes in de grond.

3.1 Grondsoort

Volgens Dewez (1940) en Seinhorst (1956b) heeft de verspreiding van stengelaaltjes in Nederland een bijzondere relatie met de grondsoort (Figuur 2). In het algemeen is het vóórkomen van stengelaaltjes niet beperkt tot een bepaalde regio, maar komt besmetting met stengelaaltjes voor op alle Nederlandse rivier- en zeekleigronden (Seinhorst, 1956b). In de provincie Limburg (zuidoostelijk deel van Nederland) werd aantasting van rogge door stengelaaltjes (“reup” en andere benamingen) alleen geassocieerd met bruine zandige rivier- en leembodems langs de rivierduinen in het binnenland, maar niet op zwarte zandige bodems (Dewez, 1940). Wanneer bos of heide werd omgevormd tot bouwland en de bodem bruine zandleem- ofuingrond was, verspreidde het stengelaaltje zich zeer gemakkelijk in vergelijking met zwarte bodems. Bruine zandgronden zijn ontstaan door ophoging met strooisel uit de bossen of met grasplaggen, terwijl de zwarte zandgronden zijn ontstaan door ophogen met heideplaggen. Bruine zandgronden hebben een hogere pH, zijn iets voedselrijker en beschikken over een betere kwaliteit humus dan zwarte zandgronden (Kuipers, 1981).

De Stichting Nederlandsche Uien-Federatie (SNUiF) en Rijkslandbouwvoorlichting hebben in 1940 op het eiland Goeree-Overflakkee in het zuidwesten van Nederland de bodem in kaart gebracht en de schade op uienvelden geëvalueerd (van Beekom, 1940; Seinhorst, 1956b). Uit de resultaten bleek dat “kroef” (aantasting van uien door stengelaaltjes) hardnekkig was op alle zware kleigronden (> 30% kleideeltjes), maar op lichte (< 30% kleideeltjes) en zandgronden alleen wanneer uien vaker werden geteeld, dat wil zeggen meer dan eens in de 3 of 4 jaar. Een deel van de verklaring kan worden gezocht in de invloed van de winterperiode op de sterfte van stengelaaltjes. Op leem- en kleigrond nam de dichtheid van stengelaaltjes gedurende de winter weliswaar af, maar niet beneden de schadedrempel van ca. 5-10 aaltjes per 500 g grond (Figuur 2A). Op zandgrond leek de dichtheid in de winter wat sterker af te nemen (Figuur 2B). De afname gedurende de winter kan verschillen van jaar tot jaar; gedurende de winter 1962/1963 nam de dichtheid sterker af dan gedurende de winter van 1963/1964 (Figuur 2C). Hetzelfde verschil tussen

klei- en zandgrond gold voor de afname van stengelaaltjes in de zomer bij het telen van een slechte of niet-waardplant, al zal vermeerdering door onkruiden hierin een rol kunnen hebben gespeeld (Seinhorst, 1956b).



Figuur 2. Daling van de bevolkingsdichtheid van stengelaaltjes gedurende de winter 1959/1960 (A en B). Dichtheden zijn aangegeven voor en na de winter ($P_i \sim P_f$). (A) Op zavel en kleigrond; (B) op zandgrond; (C) in Middelharnis (o) gedurende de winter 1962/1963; (●) gedurende de winter 1963/1964. De rechte lijn geeft aan wanneer de dichtheid vóór de winter gelijk is aan deze erna; bij punten beneden de lijn is er een afname, bij punten boven de lijn een toename. Uit: Seinhorst (1964b).

Stengelaaltjes komen overvloedig voor op kleigronden, waar andere nematodensoorten in beperkte aantallen worden aangetroffen. In zandgronden daarentegen, die duizenden vrijlevende nematoden per bodemeenheid bevatten, komen stengelaaltjes in lagere dichtheden voor. Een mogelijke verklaring is dat stengelaaltjes een voorkeur hebben voor een bodemtextuur met fijne korrelgrootte (Wallace, 1961), in tegenstelling tot andere nematoden (Wallace, 1958; Prot en Vangundy, 1981).

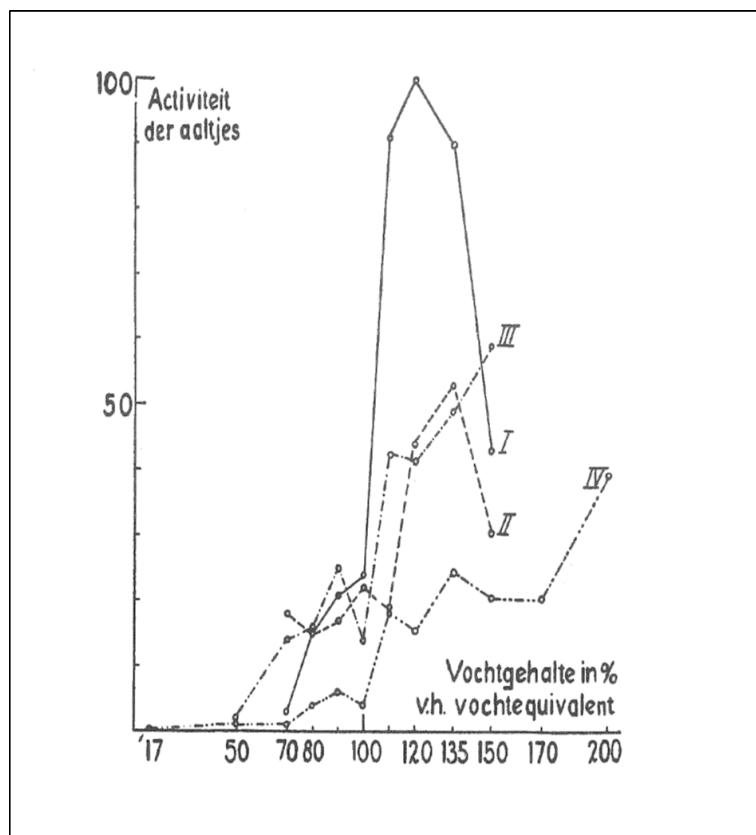
Onderzoek naar het verband tussen grondsoort, bodemgesteldheid en stengelaaltjes moet zich niet alleen richten op het bepalen van dichtheden, maar ook op de activiteit (dat wil zeggen: beweeglijkheid of verplaatsingsvermogen) van de stengelaaltjes in elk grondsoort. Seinhorst ontwikkelde twee methoden om de activiteit van stengelaaltjes te bepalen: de trechter- en de buismethode (Seinhorst, 1950). Bij beide methoden wordt bepaald welk gedeelte van de stengelaaltjes in een bepaalde tijd een bepaalde afstand door de grond aflegt. De activiteit van stengelaaltjes in een bepaalde grond wordt uitgedrukt als percentage van het aantal stengelaaltjes dat dezelfde afstand aflegt in schoon kwartszand of glaszand. Met deze twee methoden heeft Seinhorst verschillende vragen onderzocht, waaronder het effect van bodemomstandigheden die de activiteit van stengelaaltjes beïnvloeden. Seinhorst (1950) concludeerde dat bij gebruik van de trechtermethode de activiteit van stengelaaltjes hoger dan (de arbitraire grens van) 20% was in 67% van de door hem getoetste klei- en leembodems en in 29% van de zandbodems. Onduidelijk is om welk aantal waarnemingen dit ging. Deze waarnemingen bleken overeen te komen met veldwaarnemingen (Seinhorst, 1950).

3.2 Bodemvocht

De activiteit van stengelaaltjes is ook afhankelijk van de bodemgesteldheid, zoals bodemvocht, bodemtemperatuur en bodemdoorluchting. Van oudsher werd genoemd dat problemen met stengelaaltjes vaak speelden op lagere plekken in een perceel, boven verstopte drainreeksen of op kopakkers (van Beekom, 1940). Dit is een aanwijzing dat vocht een rol speelt bij infectie.

De activiteit van stengelaaltjes wordt geremd bij een vochtgehalte gelijk aan het vochtequivalent (het percentage water dat een bodem kan vasthouden tegen een centrifugale kracht van $1000 \times$ de zwaartekracht) van een bodem (Figuur 3; Seinhorst, 1950). Bij een stijging van het vochtgehalte tot boven het vochtequivalent neemt de activiteit van stengelaaltjes toe. Wanneer de grond oververzadigd raakt met water, neemt de activiteit van de stengelaaltjes weer af. De invloed van het vochtgehalte op de activiteit is afhankelijk van de grondsoort en sterilisatie van de grond (zie verder in 2.7). Het vochtequivalent is een oude maat, die is bedacht als methode om de veldcapaciteit van grond in het laboratorium te bepalen (Briggs en McLane, 1910). De waarden van het vochtequivalent zijn niet direct te vergelijken met die van de veldcapaciteit (Piper, 1933) en de maat wordt niet meer gebruikt.

Volgens een studie in Utah (VS) bestaat er een positief verband tussen vochtgehalte en het aantal gevonden stengelaaltjes in de bovenste 10 cm van de grond (Tseng, 1966). Voor elke procentpunt toename van het vochtgehalte was er een toename van ongeveer 0,34 stengelaaltjes per 400 mL grond. Het vochtgehalte van de bodem was niet van invloed op de dichtheid van stengelaaltjes op dieptes van 20-40 cm (Tseng, 1966). Wallace (1962) en Webster (1964) geven aan dat onder vochtige omstandigheden een deel van de stengelaaltjes het plantmateriaal verlaat. Dit kan een verklaring zijn voor de toename van de dichtheid in de grond bij hogere vochtgehaltenes.



Figuur 3. Invloed van het vochtgehalte van de grond op de activiteit van stengelaaltjes. Activiteit is beweeglijkheid in een grond als percentage van beweeglijkheid in schoon kwarts- of glaszand. De verschillende lijnen hebben betrekking op verschillende soorten grond. I: Deels gesteriliseerde kleigrond; II: Leemhoudende zandgrond; III: Kleigrond en IV: Humeuze zandgrond. Uit: Seinhorst (1950).

3.3 Bodemtemperatuur

Volgens Tseng (1966) hebben zowel bodemvocht als -temperatuur invloed op de fluctuatie van de stengelaaltjesdichtheid gedurende het jaar, maar is bodemtemperatuur de belangrijkste factor. Zowel in de herfst als in de lente bereikte de stengelaaltjesdichtheid haar piek wanneer de bodemtemperatuur rond de 15°C lag. Des te hoger of lager de bodemtemperatuur, des te minder stengelaaltjes werden in de grond aangetroffen. De verandering in temperatuur, vooral in de lente en in de herfst, heeft een belangrijke invloed op de populatie van stengelaaltjes gedurende de seizoenen. Het effect van temperatuur is in beide seizoenen tegengesteld door een dalende bodemtemperatuur in de herfst en een stijgende bodemtemperatuur in de lente (Tseng, 1966). Volgens Seinhorst (1950) is een lagere bodemtemperatuur (5-10°C) gunstiger voor de activiteit van stengelaaltjes. Wallace (1961) vond dat stengelaaltjes in een temperatuurgradiënt zich ophoopten bij ca. 10°C en daarmee een voorkeur leken te hebben voor lagere temperatuur. Tseng (1966) vermeldde dat 10-20°C het meest geschikt is voor de voortplanting en activiteit van stengelaaltjes. Een hogere temperatuur (20°C) heeft volgens Seinhorst (1950) geen directe invloed op de nematoden, maar eerder een indirect effect door de activering van factoren die de bodemgesteldheid ongunstig maken voor stengelaaltjes. De auteur liet zien dat de factoren die grond ongunstig maken voor stengelaaltjes kunnen worden opgeheven door gedeeltelijke sterilisatie door middel van warmte, HgCl₂-oplossingen, organische kwikverbindingen (Ceresan) en

de dampen chloroform, ether en koolstofdissulfide. Toevoeging van bodemextracten van voor stengelaaltjes ongunstige grond aan gunstige grond kon de activiteit van stengelaaltjes doen verminderen, blijktens deze studie. Deze extracten verloren hun activiteit verminderende eigenschappen bij verhitting tot 100°C. Dit is een sterke indicatie dat het biologische factoren zijn die de activiteit van stengelaaltjes beïnvloeden.

3.4 Beluchting van de grond

Verhogen van het CO₂-niveau in de grond heeft pas bij hoge concentraties een remmend effect op de activiteit van stengelaaltjes (Seinhorst, 1950). Een verhoging van het CO₂-niveau tot 30% of hoger bleek in deze studie ongunstig voor de activiteit van stengelaaltjes. Dit bleek uit de gestrekte houding van de nematoden, die een indicatie is van inactiviteit. Het effect was omkeerbaar wanneer het CO₂-gehalte weer werd verlaagd. In de bouwvoor komen normaal slechts CO₂-gehalten tot 1% of bij hoge uitzondering 3,3% voor, waarmee CO₂ geen verklaring biedt voor de verschillen in activiteit van stengelaaltjes in grond zoals onderzocht door Seinhorst (1950). Stengelaaltjes liggen ook gestrekt onder volledig zuurstofloze omstandigheden, maar bij 0,5% zuurstof is er al geen vermindering van de beweeglijkheid (Seinhorst, 1950). Ook zuurstof biedt daarmee geen verklaring voor verschillen in activiteit tussen gronden.

3.5 pH van de grond

De invloed van pH van de bodem op de activiteit van stengelaaltjes verschilt afhankelijk van het grondtype, al is de gevonden informatie beperkt. Ives (2019) noemt, dat de activiteit van stengelaaltjes in zandige grond hoger is bij een pH van 7 en in leemachtige bodems bij een pH van 5, waarbij wordt verwezen naar Wallace (1962). Deze referentie blijkt niet te kloppen, maar moet Gerasimow (1954) te zijn. Hij heeft experimenten met bekalken van een leemachtige en een zandige grond gedaan. Hierbij nam de aantasting met stengelaaltjes in leemachtige grond (pH 5) na bekalken af, maar in zandige leem (pH 6,7) niet. Het bekalken van de leemachtige grond had echter ook een negatief effect op de ontwikkeling van de plant. De sterkere mate van stengelaaltjesaantasting op bruine dan op zwarte zandgronden (Dewez, 1940) doet juist vermoeden dat een lagere pH ongunstig is voor stengelaaltjes. Toch bleek ook een lagere pH (4,6) geschikt voor infectieproeven met stengelaaltjes op aardappelen in potten met een mengsel van gesteriliseerde veldgrond en veengrond (Mwaura et al., 2015). Gezien de variatie die hier wordt genoemd, is het niet waarschijnlijk dat er een specifieke pH is waarbij stengelaaltjes het beste gedijen. Mogelijk is er wel een grondafhankelijk indirect effect van pH, zoals gesuggereerd in de studie van Ives (2019) en het verschil in pH (naast andere factoren) tussen bruine en zwarte zandgronden (Kuipers, 1981).

3.6 Organische stof en bodemstructuur

De eerste bewering over het verband tussen bodemgesteldheid en stengelaaltjes werd gedaan door Cleveringa, eind dertiger jaren van de twintigste eeuw, die stelde dat verbetering van de bodemstructuur zou kunnen helpen om via de bodem overgedragen ziekten aan te pakken (Cleveringa, 1937, Quanjier, 1937). Ook Dewez (1940) noemde dat organische mest een gunstig effect zou hebben op het beheersen van schade door stengelaaltjes. In een eerste poging om deze bewering met bewijzen te staven, bracht Seinhorst in 1949 ongeveer 100.000 kg/ha stadsc compost aan op het zaaibed van rogge en uien (Seinhorst, 1950). Vooral bij oppervlakkige toediening van de

compost werd de opbrengst van rogge op zandgrond sterk verhoogd ten opzichte van een behandeling met kunstmest, maar toediening van compost had geen effect op de besmetting van uien op leemgrond. Als mogelijke verklaring werd hier genoemd, dat de besmetting op het uienperceel wellicht te zwaar was om een effect van de compost te kunnen verwachten. Bemesting met stalmest en groenbemesting (stoppelknollen, lupine of incarnaatklaver) kon aantasting van rogge door stengelaaltjes niet voorkomen (Seinhorst, 1950). In de proefvelden waren plaatselijke verschillen in effect van de bemesting te zien, wat deed vermoeden dat er andere bodemfactoren waren die het effect van de bemesting beïnvloedden. Toevoegen van compost aan de grond is dus geen betrouwbare maatregel om stengelaaltjes te beheersen. Losmaken van de ondergrond om de bodemstructuur te verbeteren had geen eenduidig effect op de aantasting met stengelaaltjes. In één proef had het losmaken van de ondergrond een gunstig effect op de bestrijding van stengelaaltjes, terwijl dit bij twee andere proeven geen effect had (Seinhorst, 1950). De conclusie was dat er naast organische stof en bodemstructuur nog andere belangrijke factoren waren die de relatie beïnvloedden.

3.7 Bodemmicro-organismen

Het werk van Seinhorst (1950) begon met veldwaarnemingen van besmettingen met stengelaaltjes in verschillende jaren en op verschillende grondsoorten. Uit deze waarnemingen concludeerde hij dat de kans dat gevoelige gewassen door stengelaaltjes werden geïnfecteerd, in het algemeen afhing van de weersomstandigheden, het seizoen, het jaar en de waardplantstatus van het gewas. Bovendien vond hij plaatselijke verschillen in aantasting van gezaaide rogge in een veld, waar vlak tevoren de winterrogge in het hele veld zwaar was aangetast. Deze verschillen worden dus niet alleen veroorzaakt door wisselende seizoenen, weersomstandigheden en de reactie van het gewas, maar ook door een andere (dynamische) factor in de bodem. Uit de samenhang van deze waarnemingen in de loop van de tijd stelde hij de hypothese op dat deze verschillen alleen konden ontstaan als gevolg van de grondsoort en de bodemgesteldheid, waardoor aantasting in een gewas op de ene plaats wel en op de andere niet mogelijk is. Hij vermoedde dat de bodemfactor een biologische oorsprong heeft.

Kort na de veldwaarneming toetste Seinhorst de relatie tussen stengelaaltjes en grond in een potproef. Het experiment werd uitgevoerd door verschillende gronden van verschillende plaatsen te verzamelen. Een deel van de grond werd gestoomd, een deel niet. Hierna werden stengelaaltjes, die eerder verzameld waren uit besmet plantmateriaal uit het veld, aan de grond toegediend. Gevoelige waardplanten (ui en rogge) werden op een bepaalde afstand van het midden van de besmette grond in de pot geplant. Het vermogen van de stengelaaltjes om een bepaalde afstand af te leggen en de gevoelige waardplanten binnen een bepaalde tijd te infecteren, werd bepaald. Uit de resultaten bleek, dat zowel de grond als de behandeling ervan een effect had op de aantasting van uien door stengelaaltjes (Tabel 1). De aantasting in klei was hoger dan in zandgrond en na stomen werd een hoger percentage van de planten aangetast. Ook bij rogge was er een effect van grondsoort en behandeling. De aantasting van rogge in onbehandelde bladaarde en zandgrond was ongeveer gelijk, terwijl na stomen een hoger percentage planten in de zandgrond dan in bladaarde werd aangetast.

Tabel 1. Stengelaaltjesaantasting bij potproeven met verschillende gronden. Uit: Seinhorst (1950).

Grondsoort	Proefplant	Afstand (cm) tussen aaltjes en planten	% zieke planten
Klei	Ui	0	100
Klei	Ui	10	60
Klei (gestoomd)	Ui	0	100
Klei (gestoomd)	Ui	10	91
Humeuze zandgrond	Ui	0	50
Humeuze zandgrond	Ui	10	8
Bladaarde	Rogge	2	24
Bladaarde (gestoomd)	Rogge	2	67
Zandgrond	Rogge	2	28
Zandgrond (gestoomd)	Rogge	2	90

Op basis van deze resultaten stelde Seinhorst in 1950 de theorie op dat de grond op vier manieren van invloed is op de overleving van en infectie van waardplanten door stengelaaltjes:

i). Direct effect op de natuurlijke sterfte van stengelaaltjes: De stengelaaltjes bevinden zich in de grond, maar er zijn geen gewassen op het veld die besmet kunnen worden. In dit geval heeft de bodem een direct effect op de overleving van stengelaaltjes via factoren die de mate van natuurlijke sterfte van de aaltjes bepalen. In sommige gronden kan het aantal stengelaaltjes afnemen tot nul, in andere gronden kan het aantal worden gehandhaafd. Als stengelaaltjes sterven door een ongunstige bodemgesteldheid, kan er geen infectie optreden bij de volgende teelt. Als de bodemomstandigheden gunstig zijn en de populatie in stand wordt gehouden, zal er wel schade op kunnen treden.

ii). Direct effect op de activiteit: De stengelaaltjes bevinden zich in de grond en er wordt een vatbaar gewas geteeld. Er is nu een bepaalde gemiddelde afstand tussen het stengelaaltje en het gewas. De stengelaaltjes moeten zich verplaatsen om deze afstand af te leggen en de vatbare waardplant te infecteren. Indien de grond niet gunstig is voor de activiteit van stengelaaltjes, is het mogelijk dat de stengelaaltjes zich helemaal niet verplaatsen of slechts een korte afstand afleggen, de vatbare waard niet bereiken en deze niet infecteren. De infectie van een vatbare waard kan op een later tijdstip alsnog plaatsvinden wanneer de factoren die de activiteit van stengelaaltjes verminderen, zijn verdwenen.

iii). Indirect effect tijdens de penetratie: De stengelaaltjes hebben nu de te infecteren stengel van de plant bereikt en proberen de plant binnen te dringen. De grond heeft hier een indirect effect, doordat deze van invloed is op de groei van de plant en zo mogelijk bijdraagt tot de geschiktheid van de plant om door stengelaaltjes te worden aangetast. In bepaalde gevallen zou de grond waarop een in principe vatbaar gewas groeit, kunnen verhinderen dat de nematoden de plant binnendringen ("resistent" volgens Seinhorst (1950)).

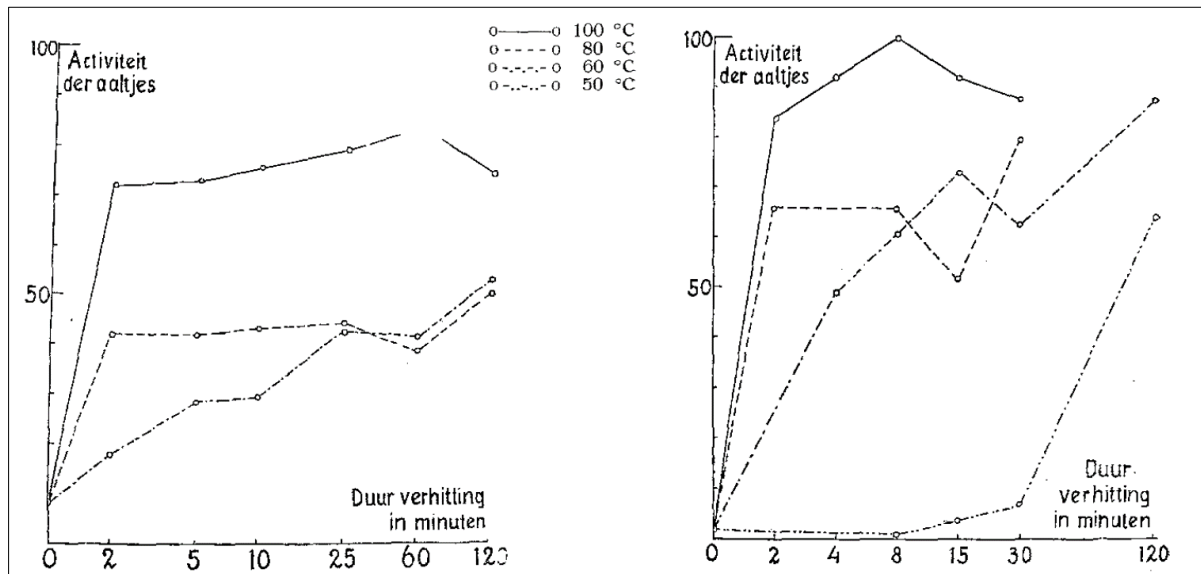
iv). Indirect effect bij het ontstaan van symptomen: Er wordt nu aangenomen dat de stengelaaltjes met succes de plant zijn binnengedrongen. Het is gebruikelijk te denken dat alleen de plant invloed heeft op de vermenigvuldiging van en de symptoomontwikkeling door de aantasting van het stengelaaltje. Tot op zekere hoogte heeft echter ook de grond waarin de waardplant groeit indirect invloed op de gevoeligheid van de plant. De bodem beïnvloedt de groei van de plant waarop de stengelaaltjes zich voeden en vermenigvuldigen en bepaalt daarmee mogelijk symptoomontwikkeling.

Een praktische implicatie van deze theorieën is niet te geven, omdat bijvoorbeeld de factoren die de directe sterfte van stengelaaltjes beïnvloeden nog niet duidelijk zijn.

Bestuderen van het directe effect van de bodem op de activiteit van stengelaaltjes in verschillende kunstmatig geïnoculeerde bodems en in natuurlijk besmette grond leverde beter inzicht (Seinhorst, 1950). Bij de bestudering van het effect van de grondsoort op het besmettingsniveau van de gevoelige waardplanten werd vastgesteld, dat het besmettingsniveau zowel afhangt van de grondsoort als de behandeling ervan (Tabel 1). Twee belangrijke waarnemingen kunnen in verband worden gebracht met het directe effect van de grond op de activiteit van stengelaaltjes in de grond (Seinhorst, 1950). Deze twee observaties kunnen leiden tot een antwoord op de vraag waarom stengelaaltjes zich permanent vestigen in een bepaald perceel of perceeldeel.

3.7.1 Effect van bodemsterilisatie op de activiteit van stengelaaltjes

Uit tabel 1 blijkt duidelijk dat sterilisatie van de grond de activiteit van stengelaaltjes bevordert en de ernst van de schade aan gevoelige gewassen verhoogt. De omstandigheden in de grond die ongunstig zijn voor de activiteit van stengelaaltjes, kunnen door gedeeltelijke sterilisatie worden opgeheven (Figuur 2). Grond werd sterk of minder sterk verhit gedurende verschillende tijdsduren en daarna afgekoeld. Daarna werden stengelaaltjes toegediend aan de grond en de activiteit gemeten. Al na een kortstondige verhitting bij hoge temperatuur of wat langduriger verhitting bij lagere temperatuur nam de activiteit van stengelaaltjes toe ten opzichte van onverhitte grond. Dit is een sterke aanwijzing dat bodemmicro-organismen door hun aanwezigheid in de bodem de activiteit van stengelaaltjes beperken. Met andere woorden, perceel delen waar de stengelaaltjesbesmetting aanhoudt, zouden vrij kunnen zijn van die remmende micro-organismen of hun aantal zou beperkt kunnen zijn, terwijl rond de besmette plek de remmende micro-organismen volop actief zijn. Een gedetailleerde studie van het microbiom in de bodem kan helpen een antwoord te geven op de vraag of een stengelaaltjesaantasting gedurende een lange periode blijft bestaan, door deze te vergelijken met het microbiom in percelen die vrij zijn van stengelaaltjes. Hiertoe dient eerst een verschil in microbiom aangetoond te worden en daarna een verband met de verspreiding van stengelaaltjes.



Figuur 3. Invloed van gedeeltelijke sterilisatie door verhitting van de grond bij verschillende temperatuur en tijdsduur op de activiteit van na deze behandeling ingebrachte stengelaaltjes volgens de trechtermethode. Links: bladaarde, bepaling uitgevoerd bij 20°C; rechts: humeuze zandgrond, bepaling uitgevoerd bij 5°C (uit: Seinhorst, 1950).

3.7.2 Grondextracten

Extracten van die gronden waarvan bekend was dat ze de activiteit van stengelaaltjes remden, werden door Seinhorst (1950) verzameld. In een experiment werden deze extracten toegevoegd aan een suspensie van stengelaaltjes in water. De controle bestond uit suspensies van stengelaaltjes in zuiver water. Het bleek dat de stengelaaltjes in de suspensie met grondextracten geen beweging vertoonden, terwijl de stengelaaltjes in de suspensie met water wel beweeglijk waren. Dit wees er op, dat deze bodemextracten de eigenschap hadden de activiteit van stengelaaltjes te verminderen. Bij verhitten van de grond werden de componenten van het bodemextract die stengelaaltjes deactiveren, uitgeschakeld. Om een aanwijzing te krijgen welke chemische stoffen in een bodem de activiteit van stengelaaltjes remmen, moet de samenstelling van extracten van activiteit remmende gronden worden vergeleken met die van extracten van gronden waarin stengelaaltjes actief en persistent zijn. Het gebruik van een moderne techniek (b.v. gaschromatografie, HPLC) zou kunnen helpen bij het karakteriseren van de bodemextracten, waardoor de chemische componenten die de activiteit van stengelaaltjes remmen mogelijk achterhaald kunnen worden.

Een versimpelde benadering om te bepalen of algemene bodemactiviteit belangrijk is voor de activiteit van stengelaaltjes, zou kunnen zijn om een HWC-bepaling (heet-water extraheerbare koolstof) te doen van grond binnen plekken met een hardnekkige besmetting en hier buiten (Hanegraaf et al., 2019). Deze meting geeft echter geen informatie over de betrokkenheid van specifieke bodemorganismen, maar is een maat voor biologische bodemactiviteit in het algemeen. Het lijkt niet voor de hand te liggen dat deze techniek inzicht verschaft welke micro-organismen of welke chemische verbindingen de activiteit remmende werking van specifieke gronden veroorzaken.

De voorgestelde technieken om inzicht te krijgen in de rol van bodemmicro-organismen en van specifieke chemische bestanddelen bij zowel hardnekkige (plaatselijke) besmettingen als bij de

activiteit van stengelaaltjes zijn prijzig en vergt vergelijken van een groot aantal monsters op zoek naar een onbekend verschil. Daarmee vallen deze bepalingen buiten bereik van dit project. Het is namelijk zeer wel mogelijk dat niet slechts één organisme of chemisch bestanddeel een onderdrukkende werking heeft, maar dat het een combinatie van verschillende organismen en/of bestanddelen is die van plaats tot plaats kan verschillen. Het is aan te bevelen de proeven van Seinhorst met extracten van gronden die wel of niet activiteit remmen te herhalen en met moderne technieken de verschillen in de bodemextracten door te meten.

4 Conclusies en aanbevelingen

Stengelaaltjes zijn van oudsher bekend op alle Nederlandse rivier- en zeekelegronden, maar ook op een deel van de zandgronden. De besmetting is vooral hardnekkig op kleigronden, maar op zandige gronden blijft een besmetting alleen bestaan wanneer vaker goede waardplanten worden geteeld. De activiteit, dat wil zeggen de beweeglijkheid, van stengelaaltjes is hoger op klei- dan op zandgronden. De activiteit van stengelaaltjes neemt af beneden de vochtequivalent van een grond. Temperatuur is ook belangrijk: stengelaaltjes worden al actief bij ca. 5 °C en de activiteit is het hoogst tussen 10-20 °C. Er is niet aangetoond dat verbeteren van de bodemstructuur of het aanvoeren van organische stof zekerheid biedt bij het onderdrukken van een besmetting met stengelaaltjes. Er is weinig informatie beschikbaar over het effect van pH op stengelaaltjes, al zijn er aanwijzingen dat er effect is afhankelijk van de grondsoort.

De bodem heeft zowel direct als indirect invloed op een aantasting van een gewas met stengelaaltjes. Het directe effect verloopt via de invloed op de sterfte van de stengelaaltjes en de activiteit. Het indirecte effect van de bodem verloopt via de plant, zowel bij het binnendringen als bij het vertonen van symptomen. Er zijn aanwijzingen dat bodemmicro-organismen of door micro-organismen geproduceerde specifieke chemische stoffen de activiteit van stengelaaltjes kunnen remmen.

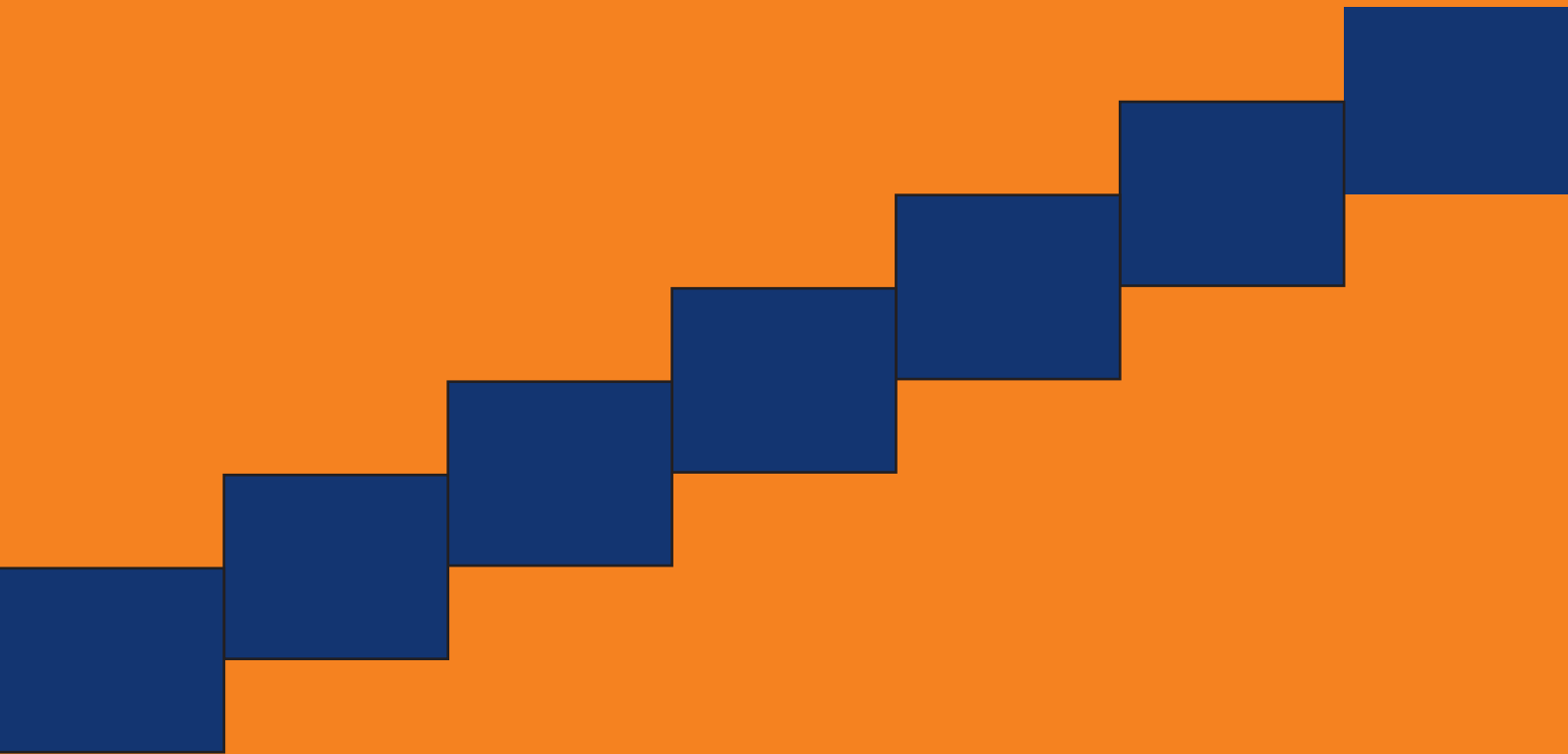
Een simpele benadering om te bepalen of bodemactiviteit in het algemeen belangrijk is voor de activiteit van stengelaaltjes, zou kunnen zijn een HWC-bepaling (heet-water extraheerbare koolstof) te doen van grond uit plekken met een hardnekkige besmetting en hier buiten (Hanegraaf et al., 2019). Deze meting geeft echter geen informatie over de betrokkenheid van specifieke bodemorganismen, maar is een maat voor biologische bodemactiviteit in de breedte. Het lijkt niet voor de hand te liggen dat deze techniek inzicht verschaft in het exacte mechanisme dat de gevoeligheid van gronden voor vestiging bepaalt.

De voorgestelde technieken om inzicht te krijgen in de rol van bodemmicroorganismen (microbioombepaling) en van biochemische bestanddelen (bv. gaschromatografie) bij zowel hardnekkige (plaatselijke) besmettingen als bij de activiteit van stengelaaltjes zijn prijzig en vergt vergelijken van een groot aantal monsters op zoek naar een onbekend verschil. Daarmee vallen deze bepalingen buiten bereik van dit project. Het is zeer wel mogelijk dat niet slechts één organisme of chemisch bestanddeel een onderdrukkende werking heeft, maar dat het een combinatie van verschillende organismen en/of bestanddelen is die van plaats tot plaats kan verschillen. Het is aan te bevelen de proeven van Seinhorst met extracten van gronden die wel of niet de activiteit van stengelaaltjes remmen te herhalen en met moderne technieken de verschillen in de bodemextracten door te meten.

5 Literatuur

- Agrios, G.N. (2005). Plant pathology chapter 15: Plant Diseases caused by Nematodes. San Diego, USA, Elsevier Academic Press, p. 858-860.
- Beekom, C.W.C. (1940). Enkele opmerkingen naar aanleiding van een onder uientelers gehouden enquete betreffende het optreden van kroefziekte (*Tylenchus dipsaci* Kühn). *Tijdschrift over Plantenziekten* 46: 205-207.
- Briggs, L.J., & McLane, J.W. (1910). Moisture equivalent determinations and their application. *Agronomy Journal* 2(1):138-147.
- Cleveringa, O.J. (1937). Het voorkomen en genezen van reup of aaltjesziekte in rogge. 4 p.
- Dewez, W.J. (1940). Het optreden van het stengelaaltje (*Tylenchus dipsaci*) in Limburg. *Tijdschrift over Plantenziekten* 46: 194-204.
- Gerasimow, B. A. (1954). Measures to control the stem nematode damaging onion and garlic. *Tr. Probl. i Tematich. Soveschan. Zoolog. Institute AN SSSR*, 3, 223-231 (in het Russisch).
- Hanegraaf, M.C., van den Elsen, H.G.M., de Haan, J.J. & Visser, S.M. (2019). *Bodemkwaliteitsbeoordeling van landbouwgronden in Nederland – indicatorset en systematiek, versie 1.0*. Wageningen Research, Rapport WPR-795. 34 p.
- Hoek, H., & Molendijk, L.P.G. (2016). *Stengelaaltjes in de praktijk*. Wageningen Plant Research, Rapport nummer 715.
- Ives, L. (2019). *Epidemiology and Management of Stem and Bulb Nematode*. MSc thesis, Guelph, Ontario, Canada: The University of Guelph.
- Kuipers, S.F. (1981). *Bodemkunde*. 14e druk. Culemborg, Educaboek, 284 p.
- Mwaura, P., Niere, B., & Vidal, S. (2015). Resistance and tolerance of potato varieties to potato rot nematode (*Ditylenchus destructor*) and stem nematode (*Ditylenchus dipsaci*). *Annals of Applied Biology* 166: 257-270.
- Piper, A.M. (1933). Notes on the relation between the moisture-equivalent and the specific retention of water-bearing materials. *Transactions American Geophysical Union* 14(1):481-487.
- Prot, J. C., & Vangundy, S. D. (1981). Effect of soil texture and the clay component on migration of *Meloidogyne incognita* 2nd-stage juveniles. *Journal of Nematology*, 13(2): 213-217.
- Quanjer, H. M. K. (1937). *De eenheid der landbouwwetenschap*. Wageningen: H. Veenman & zonen.
- 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 over Plantenziekten* 60: 292-349.
- Seinhorst J.W. (1956a). Kunnen “Kroef”percelen opgespoord worden door grondmonsteronderzoek? *Tijdschrift over Plantenziekten* 62: 1-4.
- Seinhorst, J. W. (1956b). Population studies on stem eel worms (*Ditylenchus dipsaci*) . *Nematologica* 1: 159-164.
- Seinhorst J.W. (1964b). *Stengelaaltjes*. Intern IPO-rapport.
- Tseng, Shu-Ten. (1966). *An ecological study of Ditylenchus dipsaci (Kühn) Filipjev in a field of alfalfa*. Thesis submitted in partial fulfillment of the requirements for the degree of master of science in Plant Science, Utah State University, Logan, Utah.

- Wallace, H. R. (1958). Movement of eelworms: II. A comparative study of the movement in soil of *Heterodera schachtii* Schmidt and of *Ditylenchus dipsaci* (Kühn) Filipjev. *Annals of Applied Biology*, 46(1), 86-94.
- Wallace, H. R. (1961). The orientation of *Ditylenchus dipsaci* to physical stimuli. *Nematologica*, 6(3), 222-236.
- Wallace, H.R. 1962. Observations on the behavior of *Ditylenchus dipsaci* in soil. *Nematologica* 7:91-101.
- Webster, J. M. (1964). Population increase of *Ditylenchus dipsaci* (Kühn) in the narcissus and the spread of the nematode through the soil. *Annals of Applied Biology*, 53(3), 485-492.



Dit is een uitgave van Uireka, een initiatief van de Holland Onion Association.

Holland Onion Association
Louis Pasteurlaan 6
2719 EE Zoetermeer
Tel. + 31 79 368 11 00



is part of



www.uireka.nl

Uireka wordt mede mogelijk gemaakt door:



+ meer dan 70 ketenpartners!

