

Effecten op bodemgezondheid van vezelgewassen in de rotatie

Kansen en risico's voor de bodemgezondheid door introductie van vezelgewassen in een gangbare akkerbouwrotatie

Auteurs | R. Peters, J. Visser & A. van der Gugten

Rapport WPR-OT 1122

WAGENINGEN
UNIVERSITY & RESEARCH

Effecten op bodemgezondheid van vezelgewassen in de rotatie

Kansen en risico's voor de bodemgezondheid door introductie van vezelgewassen in een gangbare akkerbouwrotatie

R. Peters, J. Visser & A. van der Gugten

Wageningen University & Research

Dit onderzoek is in opdracht van het Nationaal Groeifonds project Toekomstbestendige Leefomgeving, consortium gebouw, uitgevoerd door de Stichting Wageningen Research (WR), business unit Open Teelten.

WR is een onderdeel van Wageningen University & Research, samenwerkingsverband tussen Wageningen University en de Stichting Wageningen Research.

Lelystad, november 2024

Rapport WPR-OT 1122

WAGENINGEN
UNIVERSITY & RESEARCH

A. van der Gugten, R. Peters & J. Visser, 2024. *Effecten op bodemgezondheid van vezelgewassen in de rotatie; Kansen en risico's voor de bodemgezondheid door introductie van vezelgewassen in een gangbare akkerbouwrotatie.* Wageningen Research, Rapport WPR-OT 1122

Dit rapport is gratis te downloaden op https://doi.org/10.18174/678138

Trefwoorden: Vezelgewassen, vezelvlas, vezelhennep, bodemgezondheid, bodem ziekten en plagen, bodemschimmels, aaltjes, nematoden

© 2024 Wageningen, Stichting Wageningen Research, Wageningen Plant Research, Business unit Open Teelten, Postbus 430, 8200 AK Lelystad; T 0320 29 11 11; www.wur.nl/plant-research

KvK: 09098104 te Arnhem
VAT NL no. 8113.83.696.B07

Stichting Wageningen Research. 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 Stichting Wageningen Research.

Stichting Wageningen Research is niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen die kunnen ontstaan bij gebruik van gegevens uit deze uitgave.

Foto omslag: Corne Lugtenburg

Inhoud

Inleiding **6**

1.1 Beheersing bodemgebonden ziekten en plagen (ICM) 6

2 Vraagstelling **8**

3 Bodemschimmels **9**

3.1 Voorkomende (bodem)schimmels 9
3.2 Waardplantstatus en schadegevoeligheid 11
3.3 Risico's binnen bouwplan 14

4 Nematoden **17**

4.1 Belangrijke aaltjessoorten 17
4.2 Waardplanstatus en schadegevoeligheid 18
4.3 Risico's binnen bouwplan 21

5 Conclusie **26**

5.1 Algemeen 26
5.2 Bodemschimmels 26
5.3 Nematoden 27

Literatuur **29**

Inleiding

Het groeifonds project Toekomstbestendige Leefomgeving, consortium gebouw, richt zich op de verduurzaming van de bouwsector door opschaling van de keten van biobased materialen, van land (productie door gewassen) tot pand (verwerking en toepassing van biobased bouwmaterialen).
In Flevoland onderzoekt het field lab biobased bouwen Almere Pampus (zie foto omslag) de teelt van vezelgewassen op 40 ha op Almere Pampus. Deze grond is via pacht beschikbaar gesteld aan ERF BV (Exploitatie Reservegronden Flevoland) en hier worden verschillende vezelgewassen op geteeld zoals vezelvlas, vezelhennep, miscanthus, wilg, graan en mais. Van wilg en mais nog onduidelijk wat de potentie als vezelgewas is en dit maakt deel uit van het onderzoek.

Rustgewassen als vezelvlas en vezelhenep zijn geen gangbaar onderdeel van de akkerbouwrotatie. Vezelvlas had in 2023 een totaal areaal van 2375 ha in NL, vezelhennep een totaal van 1977 ha[1]. Gezien de vele bodem gebonden ziekten en plagen in de akkerbouw is het van belang om beter in te kunnen schatten wat de kansen en risico's zijn van de rotatiegewassen in relatie tot veel voorkomende bodemschimmels en plant parasitaire aaltjes. Hier wordt gekeken naar het effect op salderende teelten als aardappels, suikerbieten en zaaiuien. Deze rooigewassen zijn vaak cruciaal voor de bedrijfseconomie terwijl de rustgewassen hier vooral ondersteunend aan zijn door het verbeteren van de bodemkwaliteit.

Dit rapport zet de huidige stand van de kennis over de vezelgewassen en hun effect op bodemgebonden ziekten en plagen op een rij, en maakt inzichtelijk waar nog kennis ontbreekt om de kansen en risico's voor akkerbouwmatige teeltsystemen zo goed mogelijk te kunnen inschatten. Hierbij is onder andere gebruik gemaakt van vezelvlas Best4Soil (www.best4soil.eu) (2024). Vervolgens zijn de schimmels waarvoor geen informatie beschikbaar was eruit gefilterd, en is een opdeling gemaakt van de schimmels per vezelgewas. Ook is gekeken of er van het betreffende vezelgewas een door de WUR uitgegeven teelthandleiding voor handen was. Dat was voor alle vezelgewassen het geval en de in de teelthandleidingen benoemde ziekten en plagen zijn als prioritair aangeduid. Daar waar informatie over voorkomende bladziekten ook voorhanden was zijn de betreffende soorten wel benoemd, maar gezien de scope van dit rapport niet verder uitgewerkt.

Tot slot is, omdat de collectie van wetenschappelijke literatuur voor de waardplantstatus van bodem-schimmels voor Best4Soil uit 2021 stamt, de wetenschappelijke literatuur beperkt doorzocht op eventuele aanvullende informatie die tussen 2021 en nu (2024) gepubliceerd is.

1.1 Beheersing bodemgebonden ziekten en plagen (ICM)

Bodemgebonden ziekten en plagen zijn organismen (schimmels, aaltjes) die een (groot) deel van hun levenscyclus ondergronds doorbrengen en van daaruit, vaak via het wortelstelsel, planten infecteren en/of beschadigen. Door sommige soorten gebeurt dit op bepaalde momenten binnen het teeltseizoen, bijvoorbeeld rondom de opkomst van de planten, maar soms ook wordt gedurende het gehele teeltseizoen schade aangericht aan het gewas. Dit kan behoorlijke opbrengstdervingen tot gevolg hebben, en in de ergste gevallen zelfs tot een misoogst leiden.

Tot grofweg begin 2000 werden bodemgebonden ziekten en plagen vaak bestreden door middel van een breed werkende biocide (bijvoorbeeld Monam) die vloeibaar in de bodem werd gebracht en in de behandelde laag een groot deel van het bodemleven doodde. In recente jaren zijn deze middelen geheel uit Nederland verdwenen door zorgen zowel vanuit de maatschappij als van overheidswege dat ze zeer ongunstige (neven)effecten hadden op de leefomgeving en de menselijke gezondheid.

[1] Akkerbouwgewassen; productie naar regio 1994-2023 | CBS

Met verdwijnen van middelen wordt de noodzaak (nog) groter om alternatieven te zoeken. Gewasrotatie is van oudsher al een belangrijke tool om bodemgebonden ziekten te beheersen.
Omdat deze organismen onder de grond of in de wortels voorkomen kunnen ze moeilijk direct worden bestreden, en hebben genomen maatregelen vaak geen gelijk effect op alle verschillende soorten. Daarnaast is het bijzonder lastig om een ziekte of plaag die zich eenmaal in de bodem gevestigd heeft weer helemaal kwijt te raken. Beheersstrategieën voor bodemgebonden ziekten en plagen zijn er dan ook veelal op gericht de ziektedruk (populatiedichtheid) over de jaren en over de gewasrotatie heen op een laag niveau te houden dat ze geen economische schade kunnen veroorzaken.

Voor het inrichten van zo'n meerjarige strategie heeft het Team Gewasgezondheid van Wageningen Research, business unit Open Teelten de Integrated Crop Management (ICM)-systematiek bedacht (Fig. 1). Deze systematiek omvat alle maatregelen waar een redelijk tot goed niveau van kennis over is, gerangschikt naar verschillende onderdelen van de teelt, de zogenaamde pijlers.

Voor bodemgebonden ziekten en plagen is het belangrijkste om te weten welke soorten er aanwezig zijn. Het monsteren en meten hiervan valt onder de pijler 'Monitoring en Evaluatie'. Vervolgens zijn er vanuit de verschillende pijlers keuzes te maken voor de beheersing van de aanwezige soorten; 'Gewasdiversiteit in Ruimte en Tijd' (op basis van gewasvolgorde en waardplantstatus (Best4Soil), 'Ras en Teeltwijze' (bijvoorbeeld met resistente rassen of een later zaaitijdstip), 'Bodem, Water en Bemesting' (bijvoorbeeld type en tijdstip van grondbewerkingen) en tot slot 'Gerichte Bestrijding' (bijvoorbeeld met biocontrol of anaerobe grondontsmetting).



Figuur 1: *De vijf pijlers van Integrated Crop Management (ICM)*

2 Vraagstelling

Welke kansen en risico’s op (het beperken van) kwaliteitsschade en opbrengstverlies door nematoden en bodemschimmels ontstaan er als de vezelgewassen vezelhennep, vezelvlas , mais en tarwe worden opgenomen in een (overwegend) gangbare akkerbouwrotatie? Wat zijn de effecten voor de bodemgezondheid, met name in relatie tot de salderende gewassen aardappelen, suikerbiet en zaaiuien. Hoe groot zijn die effecten en welke maatregelen kunnen worden genomen om schade te voorkomen of te beperken?



Figuur 2: *Vezelvlas Almere Pampus (Linum usitatissimum)*

3 Bodemschimmels

Bij plantenpathogene bodemschimmels (hierna bodemschimmels) spelen in hoofdzaak twee aspecten; waardplantstatus en schadegevoeligheid. Onder waardplantstatus wordt verstaan hoe goed een bodemschimmelpopulatie van een bepaalde soort zich kan vermeerderen of onderhouden, de schade is de potentiële opbrengstderving van het gewas. Soms wordt aangenomen dat deze altijd gelijk zijn, dus sterke vermeerdering als er veel schade is. Dit is voor bodemschimmels echter lang niet altijd het geval.

Soms kan er veel schade zijn met beperkte vermeerdering, en soms is er niet of nauwelijks schade maar wel vermeerdering of instandhouding van de bodemschimmelpopulatie. In het laatste geval spreken we bij bodemschimmels van 'symptoomloze waardplanten' of 'reservoirplanten'. Daarnaast hebben een aantal bodemschimmels de mogelijkheid om saprofytisch (met dode organische stof als voeding) te groeien. Dit laatste is echter geen intrinsieke gewaseigenschap omdat het opgaat voor alle afgestorven gewasresten.

Door de combinatie van bovenstaande factoren is het vaak onmogelijk om een eenmaal aanwezige bodemschimmelsoort weer kwijt te raken door alleen gewasrotatie. Echter, een goed doordachte gewasrotatie kan er wel voor zorgen dat zelfs bij aanwezigheid van verschillende bodemschimmels de populatiedichtheid van de individuele soorten voldoende laag blijft om de eventuele opbrengstderving (ver) beneden de grens van economische schade te houden.

Vaak is afwisseling goed, maar sommige bodemschimmelsoorten (vaak met een brede waardplantstatus) laten zich juist weer alleen door bepaalde gewastypen echt verminderen. Het is bij de introductie van nieuwe gewassen altijd zinvol een zo goed mogelijk beeld te verkrijgen van welke bodemschimmels er op het nieuwe gewas voor kunnen komen, hoe sterk ze zich er op kunnen vermeerderen en hoeveel schade het eventueel op kan lopen. Door kennis van de waardplantstatus kan binnen een gewasrotatie zowel de meest geschikt voorvrucht als de meeste geschikte volgvrucht voor het nieuwe gewas bepaald worden.

3.1 Voorkomende (bodem)schimmels

Vezelvlas (*Linum usitatissimum*)

Gebaseerd de teelthandleiding voor vezelvlas vezelvlas van WUR Open Teelten (Vreeke, Zwanepol, Borm, Hotsma, & Martinet, 1991) en de latere aanvulling hierop (Paauw, 2005) kunnen de volgende bodemgebonden schimmelziekten voorkomen in vezelvlas :

- *Boeremia linicola* (syn. *Phoma exigua* var. *linicola*) (dode harrel)
- *Pythium megalacanthum* (vlasbrand)
- *Fusarium oxysporum* f. sp. *linii* (Fusarium verwelking)
- *Sclerotinia sclerotiorum* (rattenkeutelziekte/sclerotiënrot)
- *Discophaerina fulvida* (syn. *Guignardia fulvida*) (kanker)
- *Alteraria linicola* (kanker)

Volgens de wetenschappelijke literatuur (Blum et al., 2018; Fitt, Bauers, Burhenne, & Paul, 1992; Moyse et al., 2023) en het waardplantschema van Best4Soil moet aan deze lijst nog de volgende schimmel worden toegevoegd:

- *Verticillium dahliae* (Verticillium verwelking)

Verder benoemen beide auteurs ook nog de volgende bladziekten:

- *Melampsora lini* var. *liniperda* (vlasroest of zwartstip)
- *Golovinomyces orontii* (syn. *Oidium lini*) (echte meeldauw)
- *Botrytis cinerea* (grauwschimmel)

Vezelhennep (*Cannabis sativa*)

Gebaseerd op de teelthandleiding voor vezelhennep van WUR Open Teelten (van der Werf Msc, van Geel, & en de Voücsrondsgroenteteelt, 1994) kunnen de volgende bodemgebonden schimmelziekten voorkomen in vezelhennep:

- *Sclerotinia sclerotiorum* (rattenkeutelziekte/sclerotiënrot)

Volgens de wetenschappelijke literatuur (Gwinn, Hansen, Kelly, & Ownley, 2022; Thiessen, Schappe, Cochran, Hicks, & Post, 2020; Visković et al., 2023) en het waardplantschema van Best4Soil moeten aan deze lijst nog de volgende bodemschimmels worden toegevoegd:

- *Fusarium oxysporum* f. sp. *cannabis* (Foca) (Fusarium verwelking)
- *F. oxysporum* f. sp. *vasinfectum* (Fova) (Fusarium verwelking)
- *F. solani* (Fusarium verwelking)

Volgens het CABI Ziektecompendium komt Foca momenteel niet in Nederland voor, maar is het wel aanwezig in Polen, Italië en Frankrijk. Een Fova-achtige Fusarium is in 2004 in Nederland aangetroffen in verschillende kwekerijen van sierplanten (Schroers et al., 2004), maar het bleek een andere, destijds nieuwe *Fusarium* spp. te zijn, *F. foetens*. *F. solani* komt al lang in Nederland voor en is er wijdverspreid.

Verder wordt de volgende bladschimmel genoemd:

- *Botrytis cinerea* (grauwschimmel)

In twee studies over de teelt en het gebruik van vezelhennep in Nederland, uitgevoerd door het PAVG (Van der Werf, 2004; van der Werf Msc et al., 1994) wordt *B. cinerea* benoemd als de belangrijkste ziekte van vezelhennep in Nederland, gevold door *S. sclerotiorum*.

Maïs *(Zea mays)*

Gebaseerd op de teelthandleiding voor maïs van WUR Open Teelten (van Dijk, Zwanepol, van der Schans, Groten, & Lieffijn, 1993) kunnen de volgende bodemgebonden schimmelziekten voorkomen in maïs:

- Diverse *Pythium* spp. en *Fusarium* spp. (wortelverbruiningscomplex)
- *Ustilago maydis* (builenbrand)
- Diverse *Fusarium* spp. (*verticilloides*, *culmorum*, *graminearum*) (stengelrot)

Volgens de wetenschappelijke literatuur (Thomsen, Birr, Klink, & Verreet, 2018) en het waardplantschema van Best4Soil moeten aan deze lijst nog de volgende bodemschimmels worden toegevoegd:

- *Rhizoctonia solani* AG 2-2 (Rhizoctonia rot)
- *R. cerealis* (scherpe oogvlekkenziekte, in tarwe)

Er worden geen bladschimmels van betekenis genoemd.

Tarwe (*Triticum aestivum*)

Gebaseerd op de teelthandleiding voor wintertarwe van WUR Open Teelten (Darwinkel, 1997) kunnen de volgende bodemgebonden schimmelziekten voorkomen in tarwe:

- *Ustilago tritici* (syn. *Ustilago nuda*) (stuifbrand)
- *Tilletia caries* (steenbrand)
- Diverse *Fusarium* spp. (sneeuwschimmels)
- *Geaumannomyces tritici* (syn. *Geaumannomyces graminis* var. *tritici*) (tarwehalmdoder)
- *Rhizoctonia cerealis* (scherpe oogvlekkenziekte)
- *Oculimacula yallundae* (syn. *Pseudocercosporella herpotrichoides*) (oogvlekkenziekte)

Volgens de wetenschappelijke literatuur en het waardplantschema van Best4Soil moeten aan deze lijst nog de volgende bodemschimmels worden toegevoegd:

- *Fusarium culmorum* (Fusarium voetziekte)
- *Bipolaris sorokiniana* (syn. *Cochliobolus sativus*) (vlekkenziekte)
- *Tilletia controversa* (dwergbrand)

Verder worden de volgende bladschimmels benoemd:

- *Erysiphe graminis* (echte meeldauw)
- *Septoria tritici* (Septoria)
- *Parastagonospora nodorum* (syn. *Septoria nodorum*) (kafjesbruin/halmvulkaantje)
- *Puccinia striiformis* (gele roest)
- *Puccinia recondita* (bruine roest)
- *Pyrenophora tritici-repentis* (syn. *Drechslera tritici-repentis*) (gele-bladvlekkenziekte)

3.2 Waardplantstatus en schadegevoeligheid

De waardplantstatusschema's van Best4Soil geven per schimmel-/gewascombinatie zowel de vermeerdering van de schimmel aan als de opbrengstderving in het 'worst-case scenario'. De vermeerdering is aangegeven door middel van stippen, de potentiële opbrengstderving door middel van kleuren, eventuele specifieke informatie over infectiewijze/rasverschillen is aangeduid met een letter. Zie Figuur 3 voor een voorbeeld.

Legenda schade	
	onbekend
	geen
	weinig (0-15%)
	matig (16-35%)
	zwaar (36-100%)

Legenda vermeerdering	
--	actieve afname
?	onbekend
-	geen
●	weinig
●●	matig
●●●	sterk
■	waard, geen kwantificering
R	rasafhankelijk
G	resistente onderstammen voor enten
A	overleving op gewasresten of verwelking
B	wortel- en knolinfectie of ruststructuren in de bodem
C	vaatinfectie
i	enige informatie

Legenda grondsoort	
1	zand
2	dalgrond
3	zavel
4	klei
5	löss

Legenda levensduur	
<= 1	Na [ ] jaar telen van een niet-waardgewas is de schimmel slechts in zulke lage aantallen aanwezig dat dit nooit tot opbrengstverlies zal leiden.
2 - 4	
5 - 10	
>= 11	

Figuur 3: *Legenda van Best4Soil schema waardplantstatus en schadegevoeligheid voor bodemschimmels*

Voor veel bodemschimmels ontbreekt een goede kwantificering van de vermeerdering en de potentiële schade. Het gebrek aan kwantitatieve informatie kan zijn veroorzaakt doordat er weinig onderzoek is verricht

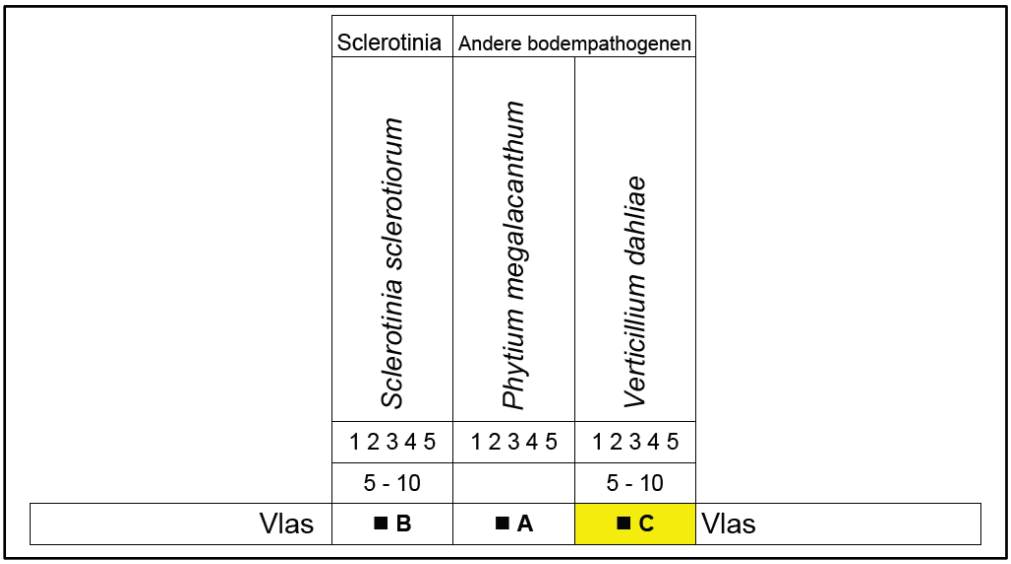
aan een gegeven bodemschimmel-gewas combinatie, maar ook door grote variatie in de data bijvoorbeeld door slechte gestandaardiseerde onderzoeksmethodieken.

Voor bodemschimmels die niet in Best4Soil voorkwamen of waar geen of beperkte informatie over was is de wetenschappelijke literatuur kort (niet uitputtend) doorzocht voor mogelijke aanvulling.

Vezelvlas (*Linum usitattisimum*)

Niet alle in de literatuur benoemde bodemschimmels van (vezel)vezelvlas kwamen voor in de waardplant informatie beschikbaar in Best4Soil. Voor *Boeremia linicola* (syn. *Phoma exigua* var. *linicola*) (dode harrel), *Fusarium oxysporum* f. sp. *linii* (Fusarium verwelking), *Discophaerina fulvida* (syn. *Guignardia fulvida*) (kanker) en *Alteraria linicola* (kanker) kwamen niet voor in de database.

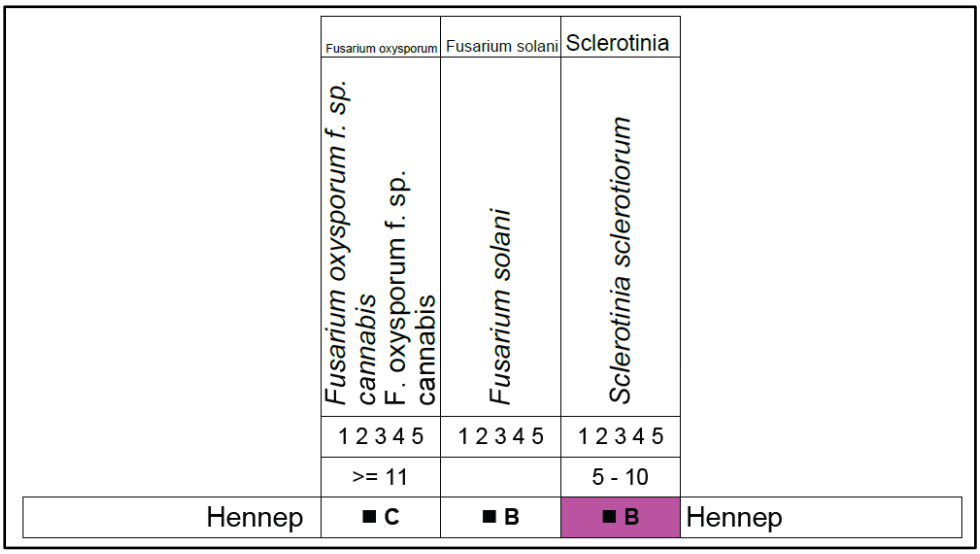
Voor de bodemschimmels waarover wel informatie aanwezig is wordt in het geval van vezelvlas vezelvlas steeds een vierkantje (waard, mate van vermeerdering onbekend) aangegeven. Door experts als voldoende concreet bevonden informatie over de schade veroorzaakt door bodemschimmels is er alleen voor *V. dahliae*, die weinig schade doet (0-15% opbrengstderving). Echter, door vorming van microsclerotiën in de bastvezel kan *V. dahliae* waarschijnlijk ook kwalitatieve schade aanrichten aan het product (de vezels) door het (sterk) verminderen van de trekkracht (tensile strength) die de vezels kunnen weerstaan (Blum et al., 2018).



Figuur 4: *Bodemschimmels waarover informatie beschikbaar vanuit Best4Soil voor vezelvlas*

Vezelhennep (*Cannabis sativa*)

Niet alle in de literatuur benoemde bodemschimmels van vezelhennep kwamen voor in de waardplant informatie beschikbaar in Best4Soil. *Fusarium oxysporum* f. sp. *vasinfectum* (Fusarium verwelking) kwam niet voor in de database.

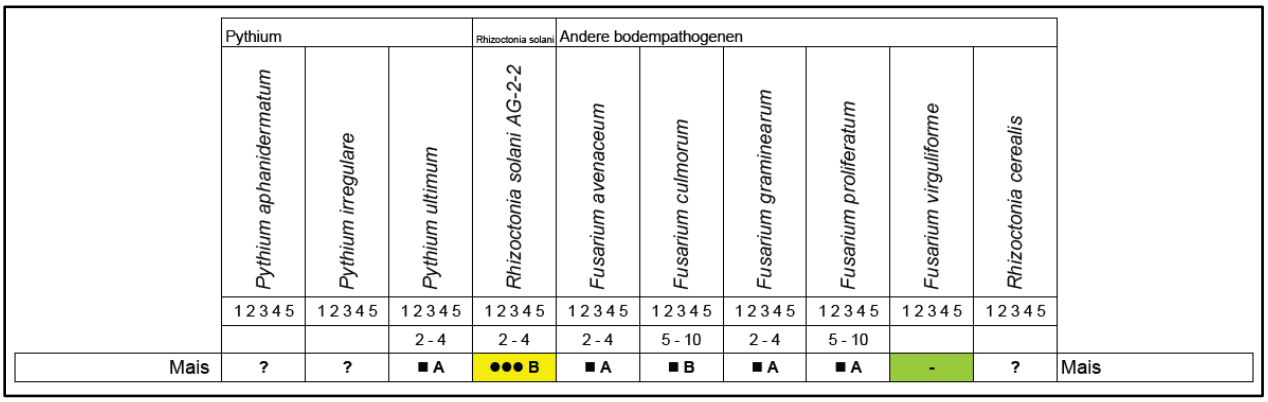


Figuur 5: *Bodemschimmels waarover informatie beschikbaar in Best4Soil voor vezelhennep*

Voor de bodemschimmels waarover wel informatie aanwezig is wordt in het geval van vezelhennep steeds een vierkantje (waard, mate van vermeerdering onbekend) aangegeven. *Sclerotinia sclerotiorum* kan zware schade aanrichten in vezelhennep (33-100% opbrengstderving).

Maïs (*Zea mays*)

Niet alle in de literatuur benoemde bodemschimmels van maïs kwamen voor in de waardplant informatie beschikbaar in Best4Soil. *Ustilago maydis* (builenbrand) kwam niet voor in de database. *Pythium aphanidermatum*, *P. irregulare* en *Rhizoctonia cerealis* kwamen wel voor in de database maar er was geen informatie voorhanden over hun vermeerdering en veroorzaakte schade in maïs.

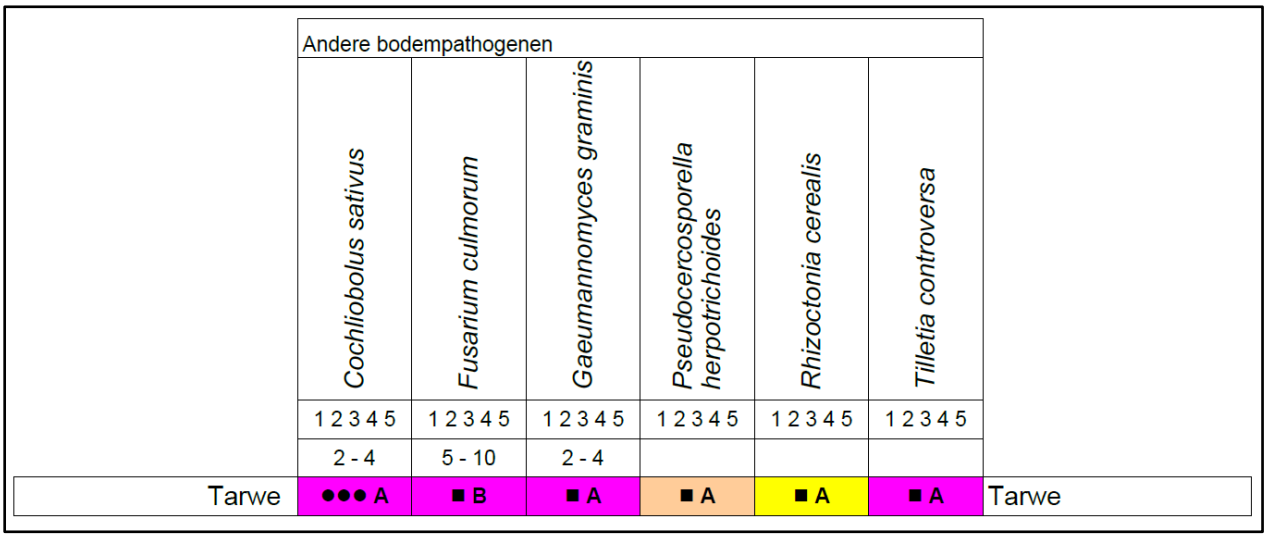


Figuur 6: *Bodemschimmels waarover informatie beschikbaar in Best4Soil voor maïs*

Voor de bodemschimmels waarover wel informatie aanwezig is wordt in het geval van maïs vaak een vierkantje (waard, mate van vermeerdering onbekend) aangegeven. De *Rhizoctonia solani* AG 2-2 groep kan zich sterk vermeerderen en lichte schade veroorzaken in maïs (0-15% opbrengstderving), maar dit kan nog enigszins toenemen in korte rotaties (Thomsen et al., 2018).

Tarwe (*Triticum aestivum*)

Niet alle in de literatuur benoemde bodemschimmels van vezelhennep kwamen voor in de waardplant informatie beschikbaar in Best4Soil. *Ustilago tritici* (syn. *Ustilago nuda*) (stuifbrand) en *Tilletia caries* (steenbrand) kwamen niet voor in de database.

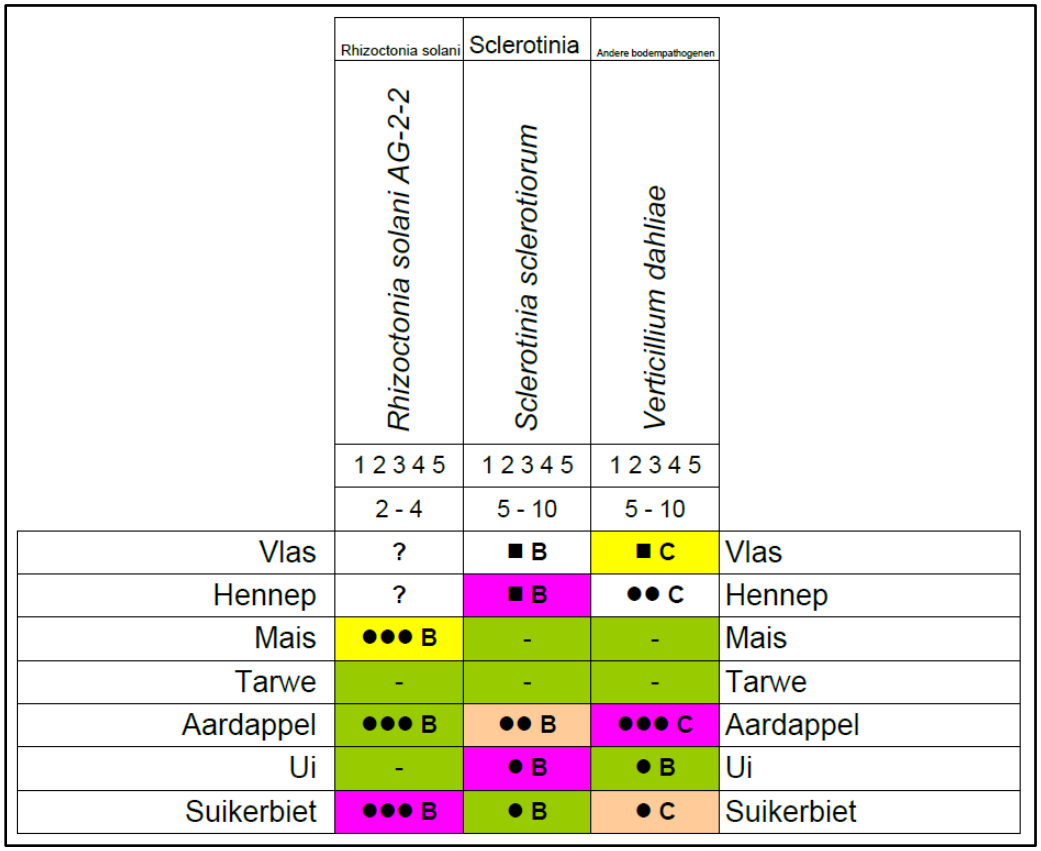


Figuur 7: *Bodemschimmels waarover informatie beschikbaar in Best4Soil voor tarwe*

Voor de bodemschimmels waarover wel informatie aanwezig is wordt in het geval van maïs vaak een vierkantje (waard, mate van vermeerdering onbekend) aangegeven. Al deze schimmels (*Fusarium culmorum* uitgezonderd) zijn specifiek voor granen en spelen alleen een rol van betekenis in bouwplannen waarin zeer intensief granen worden verbouwd (1:1 – 1:2). De meest concrete informatie is er voor vlekkenziekte (*Bipolaris sorokiniana,* syn. *Cochliobolus sativus*), welke zich sterk kan vermeerderen en zware schade (33-100% opbrengstderving) kan veroorzaken in tarwe.

3.3 Risico's binnen bouwplan

Met het oog op belangrijke 'cash crops' uit een Flevolands bouwplan (aardappelen, uien, suikerbieten), zijn met name *Verticillium dahliae* (Verticillium verwelking), *Rhizoctonia solani* AG 2-2 (IIIB) (Rhizoctonia rot) en *Sclerotinia sclerotiorum* (rattenkeutelziekte) belangrijke bodemschimmels waarvoor een of meerdere van de vezelgewassen ook waard zijn. In onderstaande afbeelding een Best4Soil-schema waarin de beoogde te telen cash crops worden voorgegaan door de diverse potentiële vezelgewassen.



	Rhizoctonia solani	Sclerotinia	Andere bodempathogenen	
	Rhizoctonia solani AG-2-2	*Sclerotinia sclerotiorum*	*Verticillium dahliae*	
	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5	
	2 - 4	5 - 10	5 - 10	
Vlas	?	■ B	■ C	Vlas
Hennep	?	■ B	●● C	Hennep
Mais	●●● B	-	-	Mais
Tarwe	-	-	-	Tarwe
Aardappel	●●● B	●● B	●●● C	Aardappel
Ui	-	● B	● B	Ui
Suikerbiet	●●● B	● B	● C	Suikerbiet

Figuur 8: *Invloed van waardplantstatus van vezelgewassen voor belangrijke gewassen uit een Flevolands bouwplan*

Aardappel

Voor aardappel zijn alle drie genoemde ziektes in enige mate van belang. In recente jaren zijn er publicaties naar buiten komen die aantonen dat *R. solani* AG 2-2(IIIB) ook schade kan geven in aardappel, eerst uit China (Yang et al., 2020) en later ook uit de Verenigde Staten (Woodhall et al., 2022). Vooralsnog is *R. solani* AG 3 echter de meest voorkomende en meest schadelijke *R. solani* AG-groep in aardappel, en deze wordt door geen van de genoemde vezelgewassen vermeerderd. Aardappel kan *R. solani* AG 2-2(IIIB) wel sterk vermeerderen maar ondervindt er geen of zeer weinig schade van. Van de vezelgewassen is maïs de sterkste vermeerderaar van *R. solani* AG 2-2(IIIB) maar dit is voor aardappel dus geen probleem.

Van *S. sclerotiorum* en *V. dahliae* kan aardappel respectievelijk matige en zware schade oplopen. De schade van beide schimmels is echter sterk afhankelijk van weersomstandigheden, en voor de schade van *V. dahliae* ook van de rassenkeuze. Warm en vochtig weer vergroot de schade door *S. sclerotinia*, en warm en droog weer vergroot de schade door *V. dahliae*. Vroege rassen ondervinden gemiddeld veel meer schade van *V. dahliae* dan (middel)late rassen. Tot slot kunnen bepaalde plantenparasitaire aaltjes de schade van *V. dahliae* sterk vergroten. Zowel vezelvlas als vezelhennep vermeerderen beide schimmels in enige mate maar kwantitatieve informatie is helaas niet voorhanden.
Zowel vezelvlas als vezelhennep zijn dus geen goede voorvruchten voor aardappel, in het bijzonder als er een bekende *S. sclerotiorum* besmetting op het perceel aanwezig is. Maïs en tarwe vermeerderen *S. sclerotinia* en *V. dahliae* niet en zijn goede voorvruchten, tenzij er dus een aantasting met een op aardappel virulente *R. solani* AG 2-2(IIIB) stam aanwezig is op het perceel.

Ui

Uien vermeerderen *R. solani* AG 2-2(IIIB) niet en ondervinden er ook geen schade van. Uien vermeerderen *V. dahliae* zeer licht maar ze ondervinden er ook geen schade van. Ook *S. sclerotinia* wordt door uien licht vermeerderd maar ze kunnen er wel zware schade van ondervinden. De schade van deze schimmel is echter

sterk afhankelijk van weersomstandigheden, warm en vochtig weer vergroot de schade door *S. sclerotinia*. Vezelvlas en vezelhennep vermeerdering beide *S. sclerotinia* en zijn daardoor geen goede voorvruchten voor ui. Maïs en tarwe vermeerderen *S. sclerotinia* niet en zijn daarmee goede voorvruchten voor ui.

Suikerbiet

Suikerbieten zijn zeer gevoelig voor *R. solani* AG 2-2, in het bijzonder voor de IIIB-subgroep. Er zijn wel grote verschillen tussen vatbare en partieel resistente rassen. Overigens zijn ook de planten van partieel resistente rassen in het kiemplantstadium nog niet beschermd tegen aantasting, waardoor alsnog plantwegval kan optreden als gevolg van infectie door *R. solani* AG 2-2(IIIB). Recent onderzoek (Minier & Hanson, 2021; Wigg & Goldman, 2020) heeft aangetoond dat diverse *R. solani* AG 2-2 isolaten zowel maïs als suikerbiet kunnen infecteren. Omdat mais *R. solani* AG 2-2(IIIB) sterk vermeerderd is het geen goede voorvrucht voor suikerbiet.

Van *S. sclerotinia* ondervindt suikerbiet weinig schade. Van *V. dahliae* (Verticillium verwelking, in bieten 'geelzucht' genaamd) kan suikerbiet matige schade ondervinden, maar het komt weinig in Nederland voor. Mogelijk ligt de mate van zaadbesmetting, die zeer onregelmatig kan zijn voor *V. dahliae* hieraan ten grondslag. Een gecombineerde besmetting van *V. dahliae* en verschillende soorten plantenparasitaire aaltjes kan de aantasting sterk vermeerderen (Pepping, Raaijmakers, Hanse, van Beers, & Molendijk, 2012). Vezelvlas vermeerdert *V. dahliae* in enige mate zonder kwantificatie, vezelhennep vermeerdert *V. dahliae* matig. Uit moleculair en microscopisch onderzoek blijkt vlas *V. dahliae* snel en in sterke mate te kunnen vermeerderen (Blum et al., 2018) en is het dus geen goede voorvrucht voor suikerbiet. Vezelhennep vermeerdert *V. dahliae* vermoedelijk minder sterk, maar is nog steeds een minder goede voorvrucht i.v.m. tarwe. Tarwe vermeerdert geen van de genoemde bodemschimmels en is dus een goede voorvrucht voor suikerbiet.

4 Nematoden

4.1 Belangrijke aaltjessoorten

Aaltjes of nematoden zijn minuscule wormpjes. In een handjevol grond kunnen al wel enkele duizenden aaltjes zitten en ze vormen een belangrijk onderdeel van het hele bodemvoedselweb. De meeste soorten leven van bacteriën, schimmels of dood organisch materiaal in de bodem. Een beperkt aantal soorten, de plant parasitaire aaltjes, leeft van planten (plantenwortels) en kunnen schadelijk zijn voor de gewassen die we telen.

De beheersing van plant parasitaire nematoden (PPN) vraagt, evenals andere (bodem)ziekten en plagen, om een geïntegreerde aanpak, een Integrated Nematode Management (INM) strategie.
Om een goede INM strategie op te kunnen stellen, is het noodzakelijk de aaltjessoorten en de populatiedichtheid van een perceel te kennen. Een INM strategie start daarom met de pijler inventarisatie (monitoring). Een grondbemonstering geeft in het algemeen een goed beeld van de aanwezige besmetting. Op basis van grondsoort kan al een inschatting worden gemaakt welke aaltjessoorten mogelijk aanwezig kunnen zijn in een perceel. Op zand,-dal en lichte zavelgronden komen we de meeste aaltjessoorten tegen. Aardappel- en bietencysteaaltjes, meerdere soorten wortelknobbel- en trichodoride aaltjes, verschillende wortellesieaaltjes-soorten en stengelaaltjes komen algemeen voor op deze lichte gronden.
Op zwaardere gronden komen we in het algemeen veel minder soorten tegen. Nog wel de aardappel- en bietencysteaaltjes en stengelaaltjes., maar zelden tot nooit trichodoride- en wortellesieaaltjes. Ook de meeste wortelknobbelaaltjessoorten, die problemen veroorzaken op de lichte gronden, komen we op de zwaardere grond bijna nooit tegen. Uitzondering is het graswortelknobbelaaltje, *Meloidogyne naasi*.
Op de percelen van ERF, met een afslibbaarheid boven de 25%, zullen alleen de aaltjessoorten van de zware grond mogelijk aanwezig zijn en problemen veroorzaken.

Pas als bekend is met welke plant parasitaire nematoden een perceel besmet is kan een gerichte beheersingsstrategie worden opgesteld. Vruchtwisseling is, van oudsher al, de belangrijkste (eerste) maatregel om problemen met bodemziekten zoals nematoden te beheersen.
Veel problemen met aaltjes kunnen beperkt of zelfs voorkomen worden door een goed doordachte vruchtwisseling die is afgestemd op de aanwezige aaltjesbesmetting. De gewas- en raskeuze vormen de basis van een geïntegreerde nematodenbeheersing (INM; Integrated Nematode Management, Sikora et al. 2023). Om de meest optimale vruchtopvolging met het geringste risico op schade samen te kunnen stellen, is betrouwbare informatie over waardplantgeschiktheid (hoe sterk kan een aaltjessoort zich op dit gewas vermeerderen) en schadegevoeligheid (bij welk besmettingsniveau is het gewas nog zonder onacceptabel verlies aan opbrengst of kwaliteit te telen) noodzakelijk. Op de website www.best4soil.eu is voor veel aaltjes-gewas combinaties deze informatie te vinden. Bij het opnemen van een "nieuw" gewas binnen een gewasrotatie is het van groot belang deze gewaseigenschappen voor de belangrijkste plant-parasitaire aaltjessoorten te kennen.

De vraag is welke risico's op schade door aaltjes kunnen ontstaan of toenemen wanneer vezelgewassen als vezelvlas (*Linum usitatissimum*), vezelhennep (*Cannabis sativa*), mais (*Zea mays*) en tarwe (*Triticum aestivum*) worden opgenomen in een rotatie met aardappel (*Solanum tuberosum*), suikerbiet (*Beta vulgaris*), en zaaiuien (*Allium cepa*).

4.2 Waardplanstatus en schadegevoeligheid

De belangrijkste aaltjessoorten die problemen zouden kunnen veroorzaken op percelen met vrij zware grond zijn *Globodera rostochiensis* (geel aardappelcysteaaltje) en *Globodera pallida* (wit aardappelcysteaaltje), *Heterodera betae* (gele bietencysteaaltje) en *Heterodera schachtii* (witte bietencysteaaltjes), *Ditylenchus dipsaci* (stengelaaltjes) en *Meloidogyne naasi* (graswortelknobbelaaltje).

	Cysteaaltjes			Wortelknobbelaaltjes	Stengelaaltjes	
	Globodera rostochiensis / G. pallida Aardappelcysteaaltje	*Heterodera betae* Geel bietencysteaaltje	*Heterodera schachtii* Witte bietencysteaaltje	*Meloidogyne naasi* Graswortelknobbelaaltje	*Ditylenchus dipsaci* Stengelaaltje	
	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5	
Hennep	-	-	-	? i	? i	Hennep
Vlas	-	-	-	-	-	Vlas
Mais	-	-	-	-	●●	Mais
Tarwe	-	-	-	●●●	●	Tarwe

©2024. Dit aaltjesschema is een product van Wageningen University & Research | Open Teelten, Lelystad

Legenda schade	
	onbekend
	geen
	weinig (0-15%)
	matig (16-35%)
	zwaar (36-100%)

Legenda waardplantstatus	
--	actieve afname
?	onbekend
-	natuurlijke afname
●	weinig
●●	matig
●●●	sterk
R	rasafhankelijk

Figuur 9: *Waardplantstatus en schadegevoeligheid van vezelgewassen voor een aantal belangrijke plantparasitaire aaltjessoorten (www.Best4soil.eu).*

Aardappelcysteaaltjes (*G. pallida, G. rostochiensis*):
Aardappelcysteaaltjes zijn zeer gespecialiseerde aaltjessoorten die in de vollegrondsteelten alleen aardappel als waardplant kennen en ook alleen in aardappel schade veroorzaken. Vezelvlas en vezelhennep (Hickman, 2023).
zijn niet schadegevoelig en geen waard voor deze aaltjessoort. Ook mais en tarwe zijn geen waardgewassen en ook niet schadegevoelig. Door de teelt van deze vezelgewassen zal een besmetting met aardappelcysteaaltjes, door natuurlijke sterfte (verder) afnemen.

Bietencysteaaltjes (*H. betae, H. schachtii*):
Het gele bietencysteaaltje, *Heterodera betae*, geeft vooral op zandgronden problemen. Het komt in vergelijking met witte bietencysteaaltjes (dat overal in Nederland voorkomt) veel minder vaak voor. Bietencysteaaltjes kunnen zich niet vermeerderen op vlas, hennep, mais en tarwe en deze gewassen zullen ook geen schade ondervinden van een besmetting van deze aaltjessoorten. Door teelt deze gewassen zal een besmetting met bietencysteaaltjes, door de natuurlijke sterfte, afnemen.

Stengelaaltjes (*D.dipsaci*):
Het stengelaaltje komt op zowel de lichte als zwaardere grondsoorten voor. Binnen de stengelaaltjes komen verschillende rassen voor. Er zijn inmiddels meer dan 20 verschillende rassen stengelaaltjes bekend, elk met een eigen waardplantenreeks maar die elkaar ook sterk overlappen. Qua uiterlijk zijn de stengelaaltjesrassen op dit moment niet van elkaar te onderscheiden (er wordt momenteel gewerkt aan de moleculaire identificatie van stengelaaltjesrassen). Stengelaaltjes kunnen jaren zonder waard in de grond overleven, waarbij de overleving op klei sterker is dan op zand. Al bij zeer lage dichtheden kunnen stengelaaltjes aanzienlijke schade veroorzaken.

Stengelaaltjes vermeerderen zich niet op vlas, maar kunnen wel matige schade veroorzaken. Het stengelaaltje tast alleen jonge kiemplanten aan waarbij de stengelbasis kromt en verdikt. De plant vertakt en de onderste bladeren raken misvormd.
Er zijn geen betrouwbare gegevens over de waardplantstatus en schadegevoeligheid van vezelhennep voor stengelaaltjes. Wel zijn er aanwijzingen dat dit gewas mogelijk een vrij goede waard is voor stengelaaltjes. Bernard (2022) meldt in zijn literatuurstudie naar waardplantstatus van vezelhennep voor plant parasitaire nematoden dat diverse onderzoekers aantasting van stengelaaltjes in vezelhennep hebben gevonden. Vezelhennep lijkt derhalve een waard voor stengelaaltjes maar in welke mate en voor welk stengelaaltjes-ras of rassen is onduidelijk. Tarwe is een slechte, en mais een matige waard voor stengelaaltjes.

Graswortelknobbelaaltje (*Meloidogyne naasi*):
Het graswortelknobbelaaltje wijkt voor een aantal eigenschappen af van de (meeste) andere wortelknobbelaaltjes die we in Nederland tegen komen. Een bijzonderheid is dat *M. naasi* slechts één generatie per jaar heeft en dus niet zo snel tot hoge besmettingsniveaus oploopt. De meeste andere wortelknobbelaaltjessoorten die we in Nederland tegenkomen kunnen onder Nederlandse klimaatomstandigheden twee tot drie generaties per jaar voltooien waardoor een besmetting in één groeiseizoen kan toenemen tot een schadelijke dichtheid.
Een ander opvallend kenmerk van *M. naasi* is dat deze wortelknobbelaaltjessoorten, in tegenstelling tot de andere wortelknobbelaaltjessoorten die we in Nederland tegenkomen, behalve op zavel, zand- en dalgronden, ook op kleigronden voorkomt. Vezelvlas is niet schadegevoelig voor *M. naasi* en deze aaltjessoort kan zich ook niet op vezelvlas vermeerderen (Gooris, 1974). Volgens deze studie van Gooris (1974) is ook vezelhennep geen waard voor *M. naasi*. Over de schadegevoeligheid van vezelhennep wordt in deze studie niets vermeld. Mais is geen waard voor M. naasi en ondervindt ook geen schade van deze aaltjessoort. Tarwe daarentegen is een goede waard en schadegevoelig voor *M. naasi*.

Naast de hiervoor genoemde aaltjessoorten komen op de lichtere gronden (zand, dal en zavel) nog een aantal andere plantparasitaire aaltjessoorten voor die op zwaardere gronden niet of maar zelden worden aangetroffen. Wortellesieaaltjes (*Pratylenchus penetrans*), wortelknobbelaaltjes (*Meloidogyne chitwoodi, M. fallax, M. hapla en M. naasi*) en Trichodoride-aaltjes (*Paratrichodorus pachydermus, P. teres* en *Trichodorus similis)* zijn soorten die vrij algemeen voorkomen op de lichte gronden en aanzienlijke schade kunnen veroorzaken in veel akkerbouw- en vollegrondsgewassen. Deze vaak polyfage soorten komen naar alle waarschijnlijkheid op de percelen van ERF/zware grond niet voor, maar zijn voor de volledigheid ook in deze rapportage opgenomen.

	Cysteaaltjes			Wortelknobbelaaltjes				Wortellesieaaltjes	Stengelaaltjes	Vrijlevende wortelaaltjes			
	Globodera rostochiensis / G. pallida Aardappelcysteaaltje	*Heterodera betae* Geel bietencysteaaltje	*Heterodera schachtii* Witte bietencysteaaltje	*Meloidogyne chitwoodi* Maiswortelknobbelaaltje	*Meloidogyne fallax* Bedrieglijk maiswortelknobbelaaltje	*Meloidogyne hapla* Noordelijk wortelknobbelaaltje	*Meloidogyne naasi* Graswortelknobbelaaltje	*Pratylenchus penetrans* Wortellesieaaltje	*Ditylenchus dipsaci* Stengelaaltje	*Paratrichodorus anemones* Stubby-root nematode	*Paratrichodorus pachydermus*	*Paratrichodorus teres*	*Trichodorus similis*
	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5
Hennep	-	-	-	?	•	••	? i	•••	? i		?	?	?
Vlas	-	-	-	-	•	•	-	••	-		? i	•	?
Mais	-	-	-	••	•	-	-	•••	••		?	•••	••
Tarwe	-	-	-	••	••	-	•••	••	•		•••	••	? i

©2024. Dit aaltjesschema is een product van Wageningen University & Research | Open Teelten, Lelystad

Legenda schade	
	onbekend
	geen
	weinig (0-15%)
	matig (16-35%)
	zwaar (36-100%)

Legenda waardplantstatus	
--	actieve afname
?	onbekend
-	natuurlijke afname
•	weinig
••	matig
•••	sterk
R	rasafhankelijk

Figuur 10 *Waardplantstatus en schadegevoeligheid van gewassen voor een aantal belangrijke plantparasitaire aaltjessoorten (www.Best4soil.eu).*

Wortellesieaaltjes (Pratylenchus spp)

Pratylenchus penetrans (het gewone wortellesieaaltje, *P. crenatus* (het graanwortellesieaaltje) en *P. neglectus* (het bietenwortellesieaaltje) zijn de meest voorkomende wortellesieaaltjes-soorten. *P. penetrans* is voor veel gewassen de meest schadelijke.

Vezelvlas is een matige waard voor *P. penetrans* maar ondervindt weinig tot geen schade van deze soort. Vezelhennep staat bekend als een (zeer) goede waard voor *P. penetrans* (Kok 1994 en 1996). Ook bij een korte(re) teeltduur van minder dan 4 maanden waarbij het gewas al begin augustus wordt gemaaid, kan de besmetting al toenemen tot zeer hoge dichtheden van meer dan 5000 aaltjes per 100 ml grond. Vezelhennep lijkt weinig schadegevoelig voor *P. penetrans* (Wijnholds 2009). Mais is, evenals hennep, een goede waard voor *P. penetrans* en kan bij hoge(re) dichtheden ook enige schade ondervinden. *P.penetrans* kan zich op tarwe matig vermeerderen maar veroorzaakt geen schade in dit gewas.

Wortelknobbelaaltjes (Meloidogyne spp.):

In Nederland komen verschillende wortelknobbelaaltjessoorten voor. Het maiswortelknobbelaaltje (*Meloidogyne chitwoodi*), het bedrieglijk maiswortelknobbelaaltje (*M. fallax*) en het noordelijk wortelknobbelaaltje (*M. hapla*) zijn de belangrijkste en voor veel vollegrondsgewassen schadelijkste soorten. Deze wortelknobbelaaltjessoorten kunnen bij zeer lage dichtheden al aanzienlijke schade veroorzaken. *M. chitwoodi* en *M. fallax* hebben een zeer brede waardplantenreeks van zowel monocotyle (o.a. grassen en granen) als dicotyle (breedbladige) gewassen. De waardplantenreeks van *M. hapla* beperkt zich voornamelijk tot de breedbladige; mais en tarwe zijn dan ook geen waard voor deze aaltjessoort.

Vezelvlas is geen waard voor *M. chitwoodi* (Visser 2022) en ook *M. fallax* en *M. hapla* kunnen zich maar zeer beperkt vermeerderen op vlas. Vezelvlas lijkt niet gevoelig voor *M. chitwoodi* en matig gevoelig voor *M. hapla*. Hoe schadelijk *M. fallax* is voor vezelvlas is niet bekend.

Vezelhennep staat bekend als een matige waard voor *M. hapla* (Meijer 1993). Echter in de teelthandleiding van Hempflax (www.hempflax.com) wordt vezelhennep beschreven als gewas dat een besmetting met *M. hapla* onderdrukt en dat er voor sommige rassen zelfs volledige resistentie is gevonden. Vermelding van de bron waarop dit is gebaseerd ontbreekt.

Vezelhennep lijkt een vrij slechte waard voor *M. fallax* en *M. chitwoodi* (Kok 1994). Informatie over mogelijke rasverschillen ontbreekt. Vezelhennep is ongevoelig voor *M. chitwoodi*. De gevoeligheid van vezelhennep voor *M. fallax* en *M. hapla* is niet bekend.
Tarwe en mais staan bekend als matige waard voor *M. chitwoodi* en respectievelijk matige en slechte waard voor *M. fallax*. Deze wortelknobbelaaltjessoorten veroorzaken geen of maar zeer geringe schade in deze gewassen.

Trichodoride-aaltjes:
In Nederland komen meerdere Trichodoride-soorten voor. *Paratrichodorus pachydermus*, *P. teres* en *Trichodorus similis* zijn de belangrijkste soorten en komen met name op de lichte gronden voor. *P. anemones* is een soort die nog vrij onbekend is maar de laatste jaren steeds vaker schade lijkt te veroorzaken in onder andere bolgewassen en zaaiuien.
Trichodoriden kunnen opbrengstschade (verlies in hoeveelheid geoogst product) maar ook kwaliteitsschade (vertakking van de pen bij o.a. suikerbiet, peen en witlof) veroorzaken. De mate van schade die trichodoride-aaltjes kunnen veroorzaken is sterk jaar afhankelijk. In een koel en nat voorjaar is de schade gemiddeld genomen groter. Naast directe schade door het aaltje kunnen trichodoride aaltjes ook enkele virussen overbrengen. o.a. het tabaksratelvirus (TRV), wat kringerigheid in aardappel kan veroorzaken.
Vezelvlas lijkt matig gevoelig voor trichodoride-aaltjes en een slechte waard voor *P.teres*. Voor de andere trichodoride soorten is de waardplantstatus onbekend.
Er is geen informatie gevonden over de vermeerdering van de verschillende trichodoride-soorten op vezelhennep en de schadegevoeligheid van vezelhennep voor deze aaltjessoorten.
De meeste trichodoride-soorten kunnen zich matig tot goed vermeerderen op tarwe en mais maar veroorzaken relatief weinig schade bij deze gewassen. Mais is weinig- en tarwe niet gevoelig voor trichodoriden.

4.3 Risico's binnen bouwplan

Voor het inschatten van risico's op schade door plant parasitaire aaltje of andere bodemziekte is het noodzakelijk om de uitgangsituatie van een perceel goed te kennen. Wanneer de aan- of afwezigheid van pathogene bodemschimmels en plantparasitaire aaltjes bekend is kan, met de kennis van schadegevoeligheid (bij welk besmettingsniveau is het gewas nog, zonder onacceptabel verlies aan opbrengst of kwaliteit, te telen) en waardplantgeschiktheid (hoe sterk kan een aaltjes- of bodemschimmelsoort zich op dit gewas vermeerderen) van gewassen c.q. rassen de meest optimale vruchtopvolging, met het geringste risico op schade, worden samengesteld. Of kunnen er andere (aanvullende) maatregelen worden genomen om schade te voorkomen of te beperken.

Op de percelen van ERF met vrij zware grond (>20-25% afslibbaar) zijn aardappel- en bietencysteaaltjes, stengelaaltjes en het graswortelknobbelaaltje de belangrijkste, meest schadelijke aaltjessoorten.

	Cysteaaltjes			Wortelknobbelaaltjes	Stengelaaltjes	
	Globodera rostochiensis / G. pallida Aardappelcysteaaltje	*Heterodera betae* Geel bietencysteaaltje	*Heterodera schachtii* Witte bietencysteaaltje	*Meloidogyne naasi* Graswortelknobbelaaltje	*Ditylenchus dipsaci* Stengelaaltje	
	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5	
Hennep	-	-	-	? i	? i	Hennep
Vlas	-	-	-	-	-	Vlas
Mais	-	-	-	-	●●	Mais
Tarwe	-	-	-	●●●	●	Tarwe
Aardappel	●●●	-	-	-	●●●	Aardappel
Suikerbiet	-	●●● R	●●● R	●	●●●	Suikerbiet
Ui	-	-	-	●	●●●	Ui
Gerst	-	-	-	●●●	-	Gerst
Rogge	-	-	-	●●	●●	Rogge
Triticale	-	-	-	●●●	-	Triticale

©2024. Dit aaltjesschema is een product van Wageningen University & Research | Open Teelten, Lelystad

Legenda schade	
	onbekend
	geen
	weinig (0-15%)
	matig (16-35%)
	zwaar (36-100%)

Legenda waardplantstatus	
--	actieve afname
?	onbekend
-	natuurlijke afname
●	weinig
●●	matig
●●●	sterk
R	rasafhankelijk

Figuur 11: *Waardplantstatus en schadegevoeligheid van gewassen voor een aantal belangrijke plantparasitaire aaltjessoorten (www.Best4soil.eu).*

Aardappelcysteaaltjes:
Hennep, vlas, mais en tarwe zijn geen waard en niet schadegevoelig voor aardappelcysteaaltjes. In de vollegrondsteelten kan deze aaltjessoort zich alleen op aardappel vermeerderen en in dit gewas ook schade veroorzaken.
Een voldoende ruime vruchtwisseling (1:6 of ruimer bij de teelt van vatbare rassen) is een effectieve maatregel om een te sterke opbouw van de aaltjespopulatie, en daarmee schade, te voorkomen. Door vezelgewassen op te nemen in het teeltplan kan de rotatie worden verruimd, waardoor de aaltjesbesmetting en daarmee het risico op schade in aardappel, verder afneemt. Belangrijk hierbij is dat aardappelopslag en het onkruid zwarte nachtschade, wat een waard is voor aardappelcysteaaltjes, goed worden bestreden zodat er in niet-aardappeljaren geen vermeerdering kan plaatsvinden.
Ook door de teelt van resistente rassen kan een besmetting worden teruggedrongen. De teelt van aardappel als lokgewas en inundatie zijn effectieve beheersmaatregelen die pas inbeeld komen als de inzet van resistente rassen en een voldoende ruime rotatie onvoldoende blijken te zijn om populatie onder controle te houden.

Bietencysteaaltjes:
Het witte bietencysteaaltje komt op alle grondsoorten in Nederland voor. Het gele bietencysteaaltje geeft vooral op zandgronden problemen.
Het witte bietencysteaaltje is schadelijk voor biet (suiker- voeder- en rode bieten) en voor spinazie. Het gele bietencysteaaltjes is naast deze gewassen ook schadelijk voor erwt, stamsla- en veldbonen en een aantal koolsoorten (met name voor spruitkool) en koolzaad. Het gele bietencysteaaltje heeft ten opzichte van het witte bietencysteaaltje ook nog een aantal waardplanten extra, met name onder de vlinderbloemigen. Stamslaboon, veldboon, wikke en enkele klavers zijn waard voor het gele bietencysteaaltje. Erwt wordt wel aangetast maar de gele bietencysteaaltjes vermeerderen er niet op.
Bietencysteaaltjes veroorzaken geen schade in de vezelgewassen vlas, hennep, mais en tarwe en kunnen zich op deze gewassen ook niet vermeerderen. Opnemen van deze gewassen in de rotatie kan bijdrage aan de beheersing van bietencysteaaltjes. Door de teelt van deze niet-waard gewassen zal een besmetting afnemen. Biet is het belangrijkste waardgewas en schadegevoelig. Echter in een rotatie met relatief veel niet-waardgewassen is het risico op schade door bietencysteaaltjes gering. Een ruime rotatie (1:4 tot 6), resistente (bieten)rassen en bladrammenas als lokgewas na graan zijn maatregelen om BCA te beheersen, mocht een besmetting toenemen tot schadelijke dichtheden.

Stengelaaltjes:
Stengelaaltjes komen op alle grondsoorten voor. Er zijn inmiddels meer dan 20 verschillende rassen stengelaaltjes bekend, elk met een eigen waardplantenreeks maar die elkaar ook sterk overlappen. Aardappel, ui, veel vlinderbloemige (luzerne, klavers, veldboon, erwt) en een aantal bolgewassen staan bekend als goede waard voor stengelaaltjes. Tarwe is een slechte- en mais een matige waard voor stengelaaltjes.

Voor zover bekend kunnen stengelaaltjes zich niet op vezelvlas vermeerderen maar wel enige schade in dit gewas veroorzaken. Vezelhennep daarentegen lijkt wel een waard en eveneens schadegevoelig te zijn. Beide gewassen zijn in kiemplant-stadium het meest kwetsbaar.
Suikerbiet, uien, luzerne en ook een aantal bolgewassen waaronder tulp zijn erg gevoelig voor stengelaatjes. Aardappel, peen, mais, haver, rogge, erwt, veld/tuinbonen en spinazie zijn matig gevoelig.
Aardappel is in de gewasrotatie van ERF het meest gevoelige gewas. Tarwe (slechte waard) en vezelvlas lijken de meest geschikte voorvruchten voor aardappel. Echter een goede advisering op het gebied van vruchtwisseling bij een besmetting met stengelaaltjes is zeer lastig. Binnen de stengelaaltjes komen verschillende rassen voor die morfologisch niet van elkaar te onderscheiden zijn en elk een eigen waardplantenreeks hebben. Dit, samen met de lange overleving, maakt het opstellen van de meest ideale vruchtwisseling bijna onmogelijk. Het enige advies dat nu in geval van een besmetting wordt gegeven is geen vlinderbloemigen meer te telen en ook met zeer schadegevoelige gewassen als uien en suikerbiet weg te blijven. Er zijn, met uitzondering van inundatie, geen effectieve bestrijdingsmaatregelen beschikbaar. Inundatie is een kostbare maar zeer effectieve methode voor de bestrijding van stengelaaltjes.

Graswortelknobbelaaltje:
Vooral in grassen en granen kan *M. naasi* problemen veroorzaken. In het bijzonder zomergerst en zomertarwe kunnen op percelen met wat lagere pH te lijden hebben van dit graswortelknobbelaaltje. De laatste jaren wordt er ook steeds vaker meldingen gemaakt van schade door *M. naasi* in zaaiuien, suikerbiet en tulpen. Deze gewassen staan bekend als niet of (zeer) slechte waard maar zijn wel schadegevoelig (Gooris, 1974).
Vezelvlas en vezelhennep (b)lijken geen waard te zijn voor *M. naasi* (Gooris, 1974). Wanneer deze gewassen in de rotatie worden opgenomen neemt de besmetting en daarmee het risico op schade door deze aaltjessoort af. Ook mais en aardappel zijn geen waard voor *M. naasi* en niet schadegevoelig. Het risico op schade door *M. naasi* is in een rotatie met relatief veel niet of slechte-waard gewassen (aardappel, mais, vlas, hennep, uien, suikerbiet) vrij klein. Belangrijk is wel dat onkruid goed wordt bestreden. Onkruidengrassen maar ook een aantal andere onkruiden waaronder melganzevoet, perzikkruid, varkensgras, zwaluwtong, zuring en herderstasje staan bekend als waardplant voor *M. naasi*. Deze onkruiden in een teelt van een gewas dat geen waard is voor *M. naasi*, kan leiden tot een onverwachte toename van de besmetting en schade in een volgteelt.

Onderstaande aaltjessoorten komen op vrij zware percelen zoals die van ERF naar alle waarschijnlijkheid niet voor.

	Cysteaaltjes			Wortelknobbelaaltjes				Wortellesieaaltjes	Stengelaaltjes	Vrijlevende wortelaaltjes			
	Globodera rostochiensis / G. pallida Aardappelcysteaaltje	*Heterodera betae* Geel bietencysteaaltje	*Heterodera schachtii* Witte bietencysteaaltje	*Meloidogyne chitwoodi* Maiswortelknobbelaaltje	*Meloidogyne fallax* Bedrieglijk maiswortelknobbelaaltje	*Meloidogyne hapla* Noordelijk wortelknobbelaaltje	*Meloidogyne naasi* Graswortelknobbelaaltje	*Pratylenchus penetrans* Wortellesieaaltje	*Ditylenchus dipsaci* Stengelaaltje	*Paratrichodorus anemones* Stubby-root nematode	*Paratrichodorus pachydermus*	*Paratrichodorus teres*	*Trichodorus similis*
	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5
Hennep	-	-	-	?	●	●●	? i	●●●	? i		?	?	?
Vlas	-	-	-	-	●	●	-	●●	-		? i	●	?
Mais	-	-	-	●●	●	-	-	●●●	●●		?	●●●	●●
Tarwe	-	-	-	●●	●●	-	●●●	●●	●		●●●	●●	? i
Aardappel	●●●	-	-	●●●	●●●	●●●	-	●●●	●●●		●●●	●	●●●
Suikerbiet	-	●●● R	●●● R	●●● R	●●● R	●●●	●	●	●●●		●●●	●●●	●●●
Ui	-	-	-	●●	●●● R	●	●	●●●	●●●		-	●●	?
Gerst	-	-	-	●	●	-	●●●	●●	-		●●●	●●	?
Rogge	-	-	-	●●●	●●●	-	●●	●●●	●●		●●●	●●●	? i
Triticale	-	-	-	●●	●	-	●●●	●●	-		? i	?	? i

©2024. Dit aaltjesschema is een product van Wageningen University & Research | Open Teelten, Lelystad

Legenda schade	
	onbekend
	geen
	weinig (0-15%)
	matig (16-35%)
	zwaar (36-100%)

Legenda waardplantstatus	
--	actieve afname
?	onbekend
-	natuurlijke afname
●	weinig
●●	matig
●●●	sterk
R	rasafhankelijk

Figuur 12 *Waardplantstatus en schadegevoeligheid van gewassen voor een aantal belangrijke plantparasitaire aaltjessoorten (www.Best4soil.eu).*

Gewone wortellesieaaltje (*P. penetrans*):
Zaaiuien, aardappel en mais zijn gewassen die vrij gevoelig zijn voor het wortellesieaaltje. Maar ook in de teelt van cichorei, peen, schorseneren, erwten en een aantal bolgewassen (lelie, gladiool) kan deze aaltjessoorten aanzienlijke schade veroorzaken. Granen zijn in het algemeen niet of maar weinig gevoelig voor *P. penetrans*. Hennep, aardappel, uien, mais en veel vlinderbloemige zijn goede waardplanten voor *P. penetrans*. Veel andere akkerbouw- en groentegewassen waaronder granen en vezelvlas zijn matige tot goed waard voor deze aaltjessoort.

Omdat deze aaltjessoort zich op veel akkerbouw- en vollegrondsgroente gewassen matige tot goede kan vermeerderen is het lastig om deze aaltjessoort door gewasrotatie (met salderende gewassen) goed te beheersen. Suikerbiet is een vrij slechte waard en is één van de weinige gewassen waarop deze aaltjessoort zich maar matig kan vermeerderen. Ook de meeste groenbemesters zijn een goede waard voor P. penetrans. Uitzonderingen zijn Japanse haver (resistent) en Tagetes patula (Afrikaantje), wat een vanggewas is voor P. penetrans. Inpassen van Tagetes in de rotatie, als volwaardige teelt of als groenbemester na een vroeg geoogst gewas, is een zeer effectieve maatregel om de besmetting sterk terug te dringen, wat de teelt van gevoelige gewassen voor meerdere jaren weer mogelijk maakt.

Vezelhennep staat bekend als een zeer goede waard voor *P. penetrans*. De teelt van vezelhennep laat zeer hoge dichtheden na. Wanneer vezelhennep in de rotatie wordt opgenomen neemt het risico op schade door deze aaltjessoort sterk toe.

Wortelknobbelaaltjes:

De belangrijkste maatregel voor de beheersing van wortelknobbelaaltjes is het opnemen van gewassen die niet of maar een zeer slechte waard zijn voor de betreffende wortelknobbelaaltjes-soort. Door de teelt van deze gewassen neemt de besmetting zeer sterk af en is een volgteelt van een gevoelig gewas weer mogelijk. Zowel vezelvlas als vezelhennep lijken een niet of zeer slechte waard te zijn voor het maiswortelknobbelaaltjes *M. chitwoodi* en het bedrieglijk maiswortelknobbelaaltje *M. fallax* en zijn daardoor gunstige voorvruchten voor M.chitwoodi/fallax gevoelige gewassen zoals aardappel, peen, schorseneer en erwten. De indruk is dat er rasverschillen bestaan voor de waardplantstatus van vezelhennep voor *M. chitwoodi* en *M. fallax*. Het is belangrijk om deze (mogelijke) verschillen te kennen zodat een gerichte raskeuze kan worden gemaakt.

Het noordelijk wortelknobbelaaltje *M. hapla* kan zich op vezelhennep matig vermeerderen. Op met *M. hapla* besmette percelen is vezelhennep dan ook een slechte voorvrucht voor uien, erwt, peen, witlof en schorseneer. Dit zijn gewassen die zeer gevoelig zijn voor *M. hapla*. Ook in aardappel, suikerbiet en cichorei kan deze aaltjessoort schade veroorzaken. Monocotylen (grassen, granen en maïs) vermeerderen het noordelijk wortelknobbelaaltje niet en ondervinden ook geen schade van deze aaltjessoort. Monocotylen zijn dan ook belangrijke gewassen voor de beheersing van *M. hapla*. In een rotatie met "voldoende" graangewassen en andere gewassen die niet of een zeer slechte waard zijn zoals vlas, is het risico op *M. hapla* schade gering.
Ook voor de waardplantstatus van vezelhennep voor *M. hapla* bestaan er mogelijk rasverschillen en is het belangrijk deze (mogelijke) verschillen te kennen.

Trichodoriden:

Voor de beheersing van Trichodoride-aaltjes is het belangrijk te weten welke soort of soorten er in het perceel voorkomen, omdat vermeerdering en schadegevoeligheid van gewassen afhankelijk is van de soort. De waardplantstatus en schadegevoeligheid van vezelhennep voor de verschillende trichodoride-soorten is niet bekend. De teelt van vezelhennep op een besmet perceel is daarmee risicovol als er na de vezelhennep een (matig) gevoelig gewas wordt geteeld zoals suikerbiet, uien, aardappel, mais en vlas. Tarwe is weinig/niet gevoelig en is een geschikte(re) volgteelt.
Vezelvlas is een slechte waard voor *P. teres* en daardoor een gunstige voorvrucht voor aardappel, een gewas dat vrij gevoelig is voor deze soort. Vezelvlas zelf is matig gevoelig voor trichodoride. Bij de teelt van vezelvlas na een goede waard is er een risico op enige schade.
Het risico op schade door trichodoride is in een koel en nat voorjaar het grootst. Het advies is om gevoelige gewassen zoveel mogelijk onder gunstige omstandigheden te zaaien/poten. Gewasrotatie is, naast de inzet van nematiciden, de belangrijkste maatregel om trichodoride te beheersen. Toepassen van compost in zaaibed of pootveur kan een steuntje in de rug zijn maar is zeker geen bedrijfszekere maatregel.

5 Conclusie

5.1 Algemeen

Gezien de waardplantstatus van de onderzochte vezelgewassen voor verschillende bodemschimmels en aaltjes is een goede perceelskennis van de voorkomende bodemgebonden ziekten en plagen zeer belangrijk. Een goede voorvrucht voor aardappels vanuit het perspectief van bodemschimmels kan een slechte voorvrucht zijn voor specifieke plant parasitaire aaltjes. Maar wanneer dit aaltje weinig problemen geeft of niet voorkomt (bijvoorbeeld vanwege zware grondsoort of afwezigheid besmetting) is hier weer geen sprake van. De onderzochte vezelgewassen kunnen op de meeste gronden geteeld worden zolang hier in het bouwplan en op perceelsniveau rekening mee wordt gehouden. Best4Soil biedt hiervoor houvast. Wel constateren we dat voor niet alle ziekten en plagen de waardplantstatus in beeld is van deze gewassen, en is deze risico-inventarisatie ook niet uitputtend. Zo vallen bijvoorbeeld peen, veldboon, sluit- en spruitkool momenteel buiten de scope van dit rapport, alswel als diverse wortelgewassen die op lichtere gronden worden verbouwd (zoals schorseneren).

Hieronder geven we de belangrijkste waardplantstatus en effecten binnen het bouwplan nog een keer weer.

5.2 Bodemschimmels

Voor de beheersing van bodemschimmels is het noodzakelijk om te weten welke bodemschimmels op een gegeven perceel voorkomen of deze al op schadelijke niveaus aanwezig zijn (m.a.w. welke bodemschimmels geven opbrengst- en/of kwaliteitsverlies). Pas als bekend is met welke bodemschimmels een perceel besmet is kan een gerichte beheersingsstrategie worden opgesteld. Een goed doordachte gewasrotatie op basis van waardplantstatus en schadegevoeligheid is vervolgens de belangrijkste maatregel om schade veroorzaakt door bodemschimmels te voorkomen of te beperken.

De bodemschimmels waarmee de hier genoemde vezelgewassen (vezelvlas, vezelhennep, maïs) besmet kunnen raken die ook voor belangrijke cash crops in een typisch Flevolands bouwplan problemen kunnen geven zijn Rhizoctonia wortelrot (*Rhizoctonia solani* AG 2-2), rattenkeutelziekte (*Sclerotinia sclerotiorum*) en Verticillium verwelking (*Verticillium dahliae*). Het laatste vezelgewas, tarwe, is geen waard voor deze bodemschimmels en ondervindt er ook geen schade van).

Tarwe is dan ook voor alle cash crops (aardappelen, uien, suikerbieten) een geschikte voorvrucht. Maïs vermeerdert van bovenstaande bodemschimmels alleen *R. solani* AG 2-2 en is dus een goede voorvrucht voor alle cash crops behalve suikerbiet. Let wel dat *R. solani* AG 2-2 isolaten ook in veel andere gewassen schade kunnen geven waarbij de wortel het oogstbare deel is, zoals peen. Deze liggen buiten de scope van het rapport.

Vezelvlas en vezelhennep vermeerderen allebei *S. sclerotiorum* en *V. dahliae* en zijn daarmee slechte voorvruchten voor aardappel en suikerbiet. Bovendien kan vezelvlas naast opbrengstverlies ook kwaliteitsschade ondervinden van *V. dahliae* door vormen van microsclerotiën in de vezels, en wordt *S. sclerotiorum* genoemd als de bodemschimmel die in vezelhennep de meeste schade veroorzaakt. Op percelen met een matige tot zware besmetting is het dus niet verstandig om deze vezelgewassen te telen.

Ui vermeerdert *S. sclerotiorum* en *V. dahliae* maar licht en ondervindt er ook weinig schade van. Vezelvlas en vezelhennep kunnen dus veilig voor ui worden geteeld, en andersom is ui een veilige voorvrucht voor deze vezelgewassen. Het enige vraagteken hier is dat voor vezelhennep de waardplantstatus van *Fusarium oxysporum* f. sp *cepae* (Foc), die Fusarium verwelking in uien geeft, veel schade doet en lang in de bodem overleeft, niet bekend is. Vezelvlas vermeerdert Foc niet.

5.3 Nematoden

Voor de beheersing van nematoden is het als eerste noodzakelijk om de aaltjessituatie van een perceel te kennen; welke aaltjessoorten komen voor en in welke dichtheden.
Pas als bekend is met welke plant parasitaire nematoden een perceel besmet is kan een gerichte beheersingsstrategie worden opgesteld. Vruchtwisseling is dan eerste en belangrijkste maatregel om problemen met nematoden te voorkomen of te beperken.

Op percelen met vrij zware grond (>20-25% afslibbaar) zijn aardappel- en bietencysteaaltjes, stengelaaltjes en het graswortelknobbelaaltje de belangrijkste, meest schadelijke, aaltjessoorten.

Cysteaaltjes: cysteaaltjes zijn in het algemeen gewasspecifieke aaltjessoorten. Dat wil zeggen dat ze voornamelijk schade veroorzaken in het gewas waarnaar ze zijn vernoemd. Vezelgewassen zijn geen waard en niet schadegevoelig voor aardappel- en bietencysteaaltjes. Opnemen van vezelgewassen in de rotatie betekend mogelijk een verruiming van de rotatie en neemt het risico op schade door deze aaltjessoorten af.

Stengelaaltjes: binnen de stengelaaltjes komen verschillende rassen voor die morfologisch niet van elkaar te onderscheiden zijn en elk een eigen waardplantenreeks hebben. Dit maakt een goede advisering op het gebied van vruchtwisseling bij een besmetting met stengelaaltjes zeer lastig zo niet onmogelijk. Tarwe is een slechte- en mais een matige waard voor stengelaaltjes. Vezelvlas lijkt een niet of zeer slechte waard. Vezelhennep lijkt wel een waard te zijn maar hoe sterk dit gewas stengelaaltjes kan vermeerderen is niet duidelijk. Het opnemen van vezelvlas in de rotatie zou een positief effect kunnen hebben voor de beheersing van een stengelaaltjes besmetting, voor de andere vezelgewassen is deze inschatting niet te maken.
Het enige advies dat nu in geval van een besmetting kan worden gegeven is geen vlinderbloemigen (zeer goede waardgewassen) meer te telen en ook met zeer schadegevoelige gewassen als uien en suikerbiet weg te blijven. Inundatie is een effectieve methode om stengelaaltjes te bestrijden.

Graswortelknobbelaaltje: Vezelvlas en vezelhennep (b)lijken geen waard te zijn voor het graswortelknobbelaaltje *M. naasi*. Wanneer deze gewassen in de rotatie worden opgenomen neemt de besmetting en daarmee het risico op schade door deze aaltjessoort af. Ook mais en aardappel zijn geen waard voor *M. naasi* en niet schadegevoelig en dragen bij aan de beheersing van dit aaltje. Het risico op schade door *M. naasi* is in een rotatie met relatief veel niet- of slechte waardgewassen (aardappel, mais, vlas, hennep, uien, suikerbiet) vrij klein.
Naast de hiervoor genoemde aaltjessoorten komen op de lichtere gronden (zand, dal en zavel) nog een aantal andere plantparasitaire aaltjessoorten voor die op zwaardere gronden niet of maar zelden worden aangetroffen. Wortellesieaaltjes (Pratylenchus penetrans), wortelknobbelaaltjes (Meloidogyne chitwoodi, M. fallax, M. hapla en M. naasi) en Trichodoride-aaltjes (Paratrichodorus pachydermus, P. teres en Trichodorus similis) zijn soorten die vrij algemeen voorkomen op de lichte gronden en aanzienlijke schade kunnen veroorzaken in veel akkerbouw- en vollegrondsgewassen.

Wortellesieaaltje: het wortellesieaaltje kent vele waardgewassen waaronder ook vlas, hennep, mais en tarwe. Vezelvlas en tarwe zijn een matige waard, mais een goede waard en vezelhennep staat bekend als een zeer goede waard. Door de teelt van vezelhennep kan een aanwezige besmetting zeer sterk toenemen. Wanneer vezelhennep in de rotatie wordt opgenomen neemt het risico op schade door *P. penetrans* (sterk) toe. Een zeer effectieve maatregel voor de beheersing van *P. penetrans* is de teelt van tagetes als "vanggewas". Een hoofd- of groenbemestersteelt van tagetes kan de besmetting zo sterk terugdringen dat deze voor meerdere jaren onder de schadedrempel blijft.

Wortelknobbelaaltjes: het maiswortelknobbelaaltje (*M. chitwoodi*), het bedrieglijk maiswortelknobbelaaltje (*M. fallax*) en het noordelijk wortelknobbelaaltje (*M. hapla*) zijn de belangrijkste soorten. Vezelvlas is een niet tot slechte waard voor deze aaltjessoorten. De teelt van vezelvlas zal bijdragen aan de beheersing van deze wortelknobbelaaltjes. Vezelhennep (b)lijkt een waard voor deze drie wortelknobbelaaltjessoorten maar de indruk bestaat dat rassen onderling verschillen in waardplantstatus. Het is belangrijk om deze verschillen te kennen. Hennep-rassen die een niet of zeer slechte waard zijn kunnen, vergelijkbaar met vlas, een belangrijke bijdrage leveren aan de beheersing van wortelknobbelaaltjes.

Trichodoride:
Voor de beheersing van Trichodoride-aaltjes is het belangrijk te weten welke soort of soorten er in het perceel voorkomen, omdat vermeerdering en schadegevoeligheid van gewassen afhankelijk is van de soort. De meeste trichodoride-soorten kunnen zich matig tot goed vermeerderen op tarwe en mais maar veroorzaken relatief weinig schade bij deze gewassen. Mais is weinig- en tarwe niet gevoelig voor trichodoriden. Vezelvlas lijkt matig gevoelig voor trichodoride-aaltjes en een slechte waard voor de soort *P.teres*. Voor de andere trichodoride soorten is de waardplantstatus onbekend. De waardplantstatus en schadegevoeligheid van vezelhennep voor de verschillende trichodoride-soorten is eveneens niet bekend. Doordat deze informatie voor vezelhennep en grotendeels ook voor vezelvlas ontbreekt is het onduidelijk wat het effect van de teelt van deze gewassen is op een trichodoride besmetting en daarmee op het risico op schade in een volgteelt.

Literatuur

Nematoden:

Bernard, E. et all, 2022. Review of nematode interactions with hemp (Cannabis sativa), Journal of nematoloy, DOI: 10.21307/jofnem-2022-002 e2022-2 | Vol. 54

Dippenaar, M.C., C.L.N. du Toit and M.S. Botha-Greeff 1996. Response of hemp (Cannabis sativa L) varieties to conditions in Northwest Province, South Africa. Journal of the International Hemp Association 3(2): 63-66.

Gooris, J., 1974 Bijdrage tot de studie van verspreiding, de biologie, de pathogeniteit en de populatiedynamica van de Gramineeënwortelknobbelnematode Meloidogyne naasi. Proefschrift, Rijkuniversiteit Gent (B)

Hickman, P., L. Schulz, and L. M. Dandurand. 2023. Host status and hatching effect of hemp (Cannabis sativa) and teff (Eragrostis tef) on Globodera pallida. Nematropica 54:15-21.

Kok, C. J., G. C. M. Coenen, and A. De Heij. 1994. The effect of fibre hemp (Cannabis sativa L.) on selected soil-borne pathogens. Journal of the International Hemp Association 1:6-9.

Kok, C. J. and Coenen, G. C. M. 1996. Host suitability of alternative oilseed and fiber crops to Pratylenchus penetrans. Fundamental and Applied Nematology 19:205–6.

Meijer, E. P. M. de and Keizer, L. C. P. 1996. Patterns of diversity in Cannabis. Genetic Resources and Crop Evolution 43:41–52.

Visser, J., Teklu, M.G., Brinkman, P. & Molendijk,L.P.G., 2022. Waardplantgeschiktheid van akkerbouwgewassen en groenbemesters voor het Maiswortelknobbelaaltje Meloidogyne chitwoodi projectrapport WPR-OT-974, https://doi.org/10.18174/585736

Wijnholds, K.H., & Hoek, H., 2009. Effect van hennep op de populatiedichtheid van *Pratylenchus penetrans* PPO projectrapport nr. 3250150100, Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.

www.hempflax.com/wp-content/uploads/Hempflax-Handleiding-Hennepteelt.pdf

http://nemaplex.ucdavis.edu/Nemabase2010/PlantHostStatusDDResult.aspx?PgenusPspec=Cannabis

www.best4soil.eu

Bodemschimmels:

Blum, A., Bressan, M., Zahid, A., Trinsoutrot-Gattin, I., Driouich, A., & Laval, K. (2018). Verticillium wilt on fiber flax: symptoms and pathogen development in planta. *Plant Disease, 102*(12), 2421-2429.

Darwinkel, A. (1997). *Teelthandleiding wintertarwe*.

Fitt, B. D., Bauers, F., Burhenne, S., & Paul, V. (1992). Occurrence of Verticillium dahliae on linseed (Linum usitatissimum) in the UK and Germany. *Plant pathology, 41*(1), 86-90.

Gwinn, K. D., Hansen, Z., Kelly, H., & Ownley, B. H. (2022). Diseases of Cannabis sativa caused by diverse Fusarium species. *Frontiers in Agronomy, 3*, 796062.

Minier, D. H., & Hanson, L. E. (2021). Effect of low temperature on the aggressiveness of Rhizoctonia solani AG 2-2 Isolates on sugar beet (Beta vulgaris) seedlings. *Plant Disease, 105*(10), 3111-3117.

Moyse, J., Lecomte, S., Marcou, S., Mongelard, G., Gutierrez, L., & Höfte, M. (2023). Overview and management of the most common eukaryotic diseases of flax (Linum usitatissimum). *Plants, 12*(15), 2811.

Paauw, J. G. M. (2005). Teelthandleiding vezelvlas: schimmelziekten. Retrieved from https://research.wur.nl/en/publications/teelthandleiding-vezelvlas-schimmelziekten

Pepping, M., Raaijmakers, E., Hanse, B., van Beers, T., & Molendijk, L. (2012). *Interactie tussen diverse aaltjessoorten en Verticillium in suikerbieten*.

Schroers, H.-J., Baayen, R., Meffert, J., De Gruyter, J., Hooftman, M., & O'Donnell, K. (2004). Fusarium foetens, a new species pathogenic to begonia elatior hybrids (Begonia× hiemalis) and the sister taxon of the Fusarium oxysporum species complex. *Mycologia, 96*(2), 393-406.

Thiessen, L. D., Schappe, T., Cochran, S., Hicks, K., & Post, A. R. (2020). Surveying for potential diseases and abiotic disorders of industrial hemp (Cannabis sativa) production. *Plant Health Progress, 21*(4), 321-332.

Thomsen, G., Birr, T., Klink, H., & Verreet, J.-A. (2018). Geographic distribution and disease severity of different Rhizoctonia species pathogenic towards maize in different regions in Germany and France. *Journal of Plant Diseases and Protection, 125*, 461-468.

Van der Werf, H. M. (2004). Life cycle analysis of field production of fibre hemp, the effect of production practices on environmental impacts. *Euphytica, 140*(1), 13-23.

van der Werf Msc, H., van Geel, W., & en de Voücsrondsgroenteteelt, A. (1994). Vezelhennep als papiergrondstof Teeltonderzoek 1990-1993.

van Dijk, W., Zwanepol, S., van der Schans, D., Groten, J., & Lieffijn, H. (1993). *Teelt van mais*.

Visković, J., Zheljazkov, V. D., Sikora, V., Noller, J., Latković, D., Ocamb, C. M., & Koren, A. (2023). Industrial hemp (Cannabis sativa L.) agronomy and utilization: A review. *Agronomy, 13*(3), 931.

Vreeke, S., Zwanepol, S., Borm, G., Hotsma, P., & Martinet, L. (1991). *Teelt van vezelvlas*.

Wigg, K. S., & Goldman, I. L. (2020). Variability in reaction to root and crown rot caused by Rhizoctonia solani among table beet cultivars, breeding lines, and plant introductions in controlled environment conditions. *HortScience, 55*(9), 1482-1494.

Woodhall, J., Brown, L., Harrington, M., Murdock, M., Pizolotto, C., Wharton, P., & Duellman, K. (2022). Anastomosis groups of Rhizoctonia solani and binucleate Rhizoctonia associated with potatoes in Idaho. *Plant Disease, 106*(12), 3127-3132.

Yang, S., Min, F., Wang, L., Wei, Q., Wang, W., Gu, X., . . . Li, Z. (2020). First Report of Potato Stem Canker Caused by Rhizoctonia solani AG-2-2IIIB in Heilongjiang Province, China. *Plant Disease, 104*(12), 3253.

To explore the potential of nature to improve the quality of life



Wageningen University & Research
Open Teelten
Edelhertweg 1
Postbus 430
8200 AK Lelystad
T (+31)320 29 11 11

www.wur.nl/openteelten
info.openteelten@wur.nl
Rapport WPR-OT 1122

De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen University & Research bundelen Wageningen University en gespecialiseerde onderzoeksinstituten van Stichting Wageningen Research hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 7.200 medewerkers (6.400 fte) en 13.200 studenten en ruim 150.000 Leven Lang Leren-deelnemers behoort Wageningen University & Research wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.