



Lupine in Zuidoostelijk bouwplan

Literatuurstudie naar vruchtwisselingsaspecten van lupine

Auteurs | J.Visser¹, R.Peters¹, R.D. Timmer¹ & W.J.M Cuijpers²

¹ WUR Open Teelten

² LBI

WPR-OT 1038



WAGENINGEN
UNIVERSITY & RESEARCH

Lupine in het Zuidoostelijk bouwplan

Literatuurstudie naar vruchtwisselingsaspecten van lupine

J. Visser¹, R. Peters¹, R.D. Timmer¹, W.J.M. Cuijpers²

1 Wageningen University & Research

2 LBI

Dit literatuuronderzoek is in opdracht van Innovatiehuis De Peel uitgevoerd door de Stichting Wageningen Research (WR), business Unit Open Teelten in samenwerking met het Louis Bolk Instituut.

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

Wageningen, november 2023

Rapport WPR-OT-1038

J.H.M. Visser, R. Peters, R.D. Timmer, W.J.M. Cuijpers, 2023. *Lupine in het Zuidoostelijk bouwplan. Literatuurstudie naar vruchtwisselingsaspecten van Lupine in het Zuidoostelijk bouwplan; Literatuurstudie naar vruchtwisselingsaspecten van lupine*. Wageningen Research, Rapport WPR-OT-1038. 29 blz.; 4 fig.; 3 tab.

Dit rapport is gratis te downloaden op <https://doi.org/10.18174/637817>

© 2023 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.

Rapport WPR-OT-1038

Foto's omslag: WUR-Open Teelten

Inhoud

1	Inleiding	7
2	Lupine	8
3	Bouwplannen in Zuidoostelijk zandgebied	9
4	Bodemschimmels	10
	4.1 Waardplantstatus bodemschimmels lupine	10
	4.2 Lupine en het voet- en wortelrotcomplex van vlinderbloemigen	12
5	Plantparasitaire nematoden	13
	5.1 Nematodensoorten in zuidoostelijk zandgebied	13
	5.2 Waardplantstatus en schadegevoeligheid	15
	5.2.1 Wortelstiepaaltjes (<i>Pratylenchus</i> spp)	15
	5.2.2 Wortelknobbelaaltjes (<i>Meloidogyne</i>)	15
	5.2.3 Trichodoriden	17
	5.2.4 Stengelaaltjes (<i>Ditylenchus</i>)	17
	5.2.5 Cysteaaltjes	17
6	Bovengrondse schimmels, insecten, onkruiden	19
7	Vruchtwisseling	21
	7.1 Bodemschimmels	21
	7.2 Nematoden	23
8	Aandachtspunten teelt lupine in Zuidoostelijk zandgebied	28
	8.1 Bodemschimmels	28
	8.2 Nematoden	28
	Literatuur	30

1 Inleiding

In het kader van de eiwittransitie waarbij het doel is dat er minder dierlijke- en meer plantaardige eiwitten worden geconsumeerd, bestaat er de laatste jaren een toenemende belangstelling voor de teelt van zogenaamde "eiwitgewassen". Meestal worden met eiwitgewassen droog te oogsten peulvruchten bedoeld, zoals droge erwten, veldbonen, lupinen en soja. De zaden van deze vlinderbloemige gewassen kunnen enerzijds onbewerkt worden gegeten maar veelal worden ze gebruikt als grondstof voor het maken van bijvoorbeeld vleesvervangers.

Hoewel deze gewassen economisch gezien nog niet zo interessant zijn, zijn er diverse telers die ermee van start zijn gegaan of willen gaan. Naast veldbonen is er ook belangstelling voor de teelt van lupine. Lupine is een gewas dat goed past bij de maatschappelijk gewenste overgang van dierlijke naar plantaardige eiwitten omdat vergeleken met bijvoorbeeld erwten (20-22%) en veldbonen (28-30%) lupine veel eiwit (32-36%) bevat.

Lupine is goed te telen onder Nederlandse omstandigheden maar niet alle grondsoorten zijn even geschikt. Lupine groeit het beste op percelen met een wat lagere pH (zuurdere gronden) en een niet te hoog kalkgehalte. Hierbij bestaat er wel verschil tussen de verschillende lupine-soorten. Breedbladige (witte) lupine is nog het meest succesvol te telen op gronden met een wat hogere pH en een hoger kalkgehalte. De teelt in Nederland is het meest te vinden op de Oostelijke- en Zuidoostelijke zandgronden maar ook op (rivier)klei wordt hier en daar wel lupine geteeld.

Net als de andere peulvruchten kan lupine van waarde zijn in de gewasrotatie o.a. door de vastlegging van stikstof en kan het zorgen voor eiwit van eigen land. Daarnaast is het als bloeiend gewas aantrekkelijk voor wilde bijen en insecten, en zorgt het voor diversiteit in het landschap.

Lupine is echter een nieuwe teelt voor de Peel. Wanneer een relatief nieuw gewas wordt geïntroduceerd in het bouwplan is het van belang na te gaan voor welke bodemziekten en -plagen en insecten het gewas gevoelig is en nog belangrijker om te weten welke bodemziekten en -plagen worden vermeerderd door lupine waardoor gewassen die na lupine worden geteeld eventueel schade zouden kunnen ondervinden.

In opdracht van Innovatiehuis De Peel is als onderdeel van het project Verbonden Peelproeftuinen – Slimme gewasrotaties, nagegaan wat hierover bekend is en wat de mogelijke gevolgen zijn voor de belangrijkste gewassen in het bouwplan in Zuidoost Nederland.

In de eerste drie hoofdstukken is algemene informatie over de teelt van lupine en het bouwplan (gewassen) in zuidoost Nederland opgenomen. Vervolgens wordt in de hoofdstukken 4 en 5 de waardplantstatus (hoe goed kan een ziekte of plaag zich vermeerderen) en schadegevoeligheid van lupine voor respectievelijk bodemschimmels en nematoden beschreven. In de laatste hoofdstukken wordt beschreven wat de mogelijke consequenties zijn van de teelt van lupine in de gewasrotatie in het zuidoostelijke zand gebied.

2 Lupine

Lupine is een plantengeslacht uit de familie van de vlinderbloemigen (Fabaceae) met in totaal meer dan 200 verschillende soorten. De soorten die geteeld worden voor humane consumptie zijn eenjarig.

De twee belangrijkste soorten die in Nederland worden geteeld voor humane consumptie zijn de breedbladige, witte lupine (*Lupinus albus*) en de smalbladige, blauwe lupine (*Lupinus angustifolius*).

Lupinen worden naast droge erwten, veldbonen en soja gerekend tot de zogenaamde eiwitgewassen, droog te oogsten peulvruchten waarvan de zaden een relatief hoog eiwitgehalte bevatten. In de jaren '80 en '90 van de vorige eeuw werden veel droge erwten en veldbonen in Europa en ook in Nederland geteeld. In die periode werd ook onderzoek gedaan naar het effect van deze gewassen op de andere gewassen in het bouwplan (o.a. waardplantstatus voor diverse pathogene aaltjes en de vermeerdering van bodemschimmels). Omdat van lupinen veel minder bekend is op dit gebied wordt in dit rapport ook gerefereerd naar onderzoeksresultaten van peulvruchten in bredere zin.

Lupines kunnen al vroeg in het voorjaar, vanaf half maart, worden gezaaid. Vroeg zaaien levert voordelen op (hogere opbrengst) maar ook enig risico (beperkte vorstresistentie). Het oogsttijdstip ligt, afhankelijk van het type en ras, tussen half augustus en begin oktober. De lengte van het groeiseizoen is o.a. van belang voor de mate waarin aaltjes en schimmels kunnen worden vermeerderd.

Lupine en andere eiwitgewassen worden vaak genoemd als een zogenaamd "rustgewas". Rustgewassen zijn goed voor de bodemkwaliteit, zowel voor de bodemvruchtbaarheid, bodemstructuur als de bodemgezondheid. Hierbij spelen factoren als organische stofaanvoer, effecten op relevante schadelijke bodemorganismen en te verwachten effecten op bodemstructuur een belangrijke rol. Kenmerkend voor rustgewassen is dat ze niet gepoot of geplant worden en/of bij het oogsten niet gerooid hoeven te worden. Ofwel, de bodem wordt zowel bij het poten/zaaien als het oogsten met rust gelaten. Er zijn hierbij enkele gewasgroepen te onderscheiden: granen, grassen, vlinderbloemigen (klavers en luzerne) en combinaties van granen of grassen met vlinderbloemigen. Daarnaast zijn er nog diverse maaigewassen die ook als rustgewas gelden, zoals o.a. koolzaad, quinoa en karwijzaad. Vaak hebben deze rustgewassen ook een positief effect op de bovengrondse biodiversiteit, bijvoorbeeld voor bestuivers (vanwege de bloeiwijze) en akkervogels (vanwege zaadvorming).

Is lupine een rustgewas? Eiwitgewassen als veldbonen, erwten, soja en lupinen worden genoemd in de RVO-lijst met rustgewassen bij de verplichting om 1x per 4 jaar een rustgewas te telen op zand- en lössgrond (<https://www.rvo.nl/sites/default/files/2023-07/Rustgewassen.pdf>). Eiwitgewassen zijn ook goed voor de bodemvruchtbaarheid (stikstof nalaten) en de biodiversiteit en vallen onder de eco-regeling uit het Gemeenschappelijk Landbouwbeleid (GLB; <https://www.rvo.nl/subsidies-financiering/eco-regeling>). Eiwitgewassen, en daarmee lupine, zijn echter niet altijd positief voor de bodemgezondheid. Dit heeft met name te maken vanwege hun rol bij de mogelijke vermeerdering van diverse bodemschimmels en aaltjes. Over dit laatste gaat dit rapport.

3 Bouwplannen in Zuidoostelijk zandgebied

Groenvoedergewassen zoals mais en luzerne en tijdelijk grasland zijn de meest geteelde gewassen in Zuidoost-Nederland en beslaan circa de helft van het landbouwareaal in deze regio (de regio's Westelijke Peel, Noord-Limburg, Maaskant en Land van Cuijk). Aardappel (11% van totale areaal), granen (13%) en suikerbiet (7%) zijn de belangrijkste akkerbouwgewassen in het zuidoostelijk zandgebied. Naast deze akkerbouwgewassen worden er in deze regio ook vrij veel industrie- en andere groentegewassen geteeld (zie tabel 1). De belangrijkste industrie-groentegewassen in deze regio zijn erwt, stamslaboon, peen, schorseneer, veld/tuinboon en spinazie. Prei, sla, knolselderij en enkele koolgewassen zijn de voornaamste groentegewassen die in deze regio geteeld worden. De laatste jaren neemt de teelt van zaaiuien in deze regio toe en worden er ook meer percelen verhuurd voor de teelt van bloembollen, voornamelijk lelies (zie tabel 1).

Tabel 1 Areaal akkerbouw- en groentegewassen in drie regio's in Zuidoost Nederland met tussen haakjes het percentage van het totaal. Bron: CBS, www.cbs.nl.

Gewassen	Westelijk Peelgebied	Noord-Limburg	Maaskant en Land van Cuijk	Totaal (%)
Aardappel	4531	5123	2237	11892 (11)
Granen	4204	8131	2417	14752 (13)
Suikerbiet	1558	4271	1395	7224 (7)
Graszaad	33	105	106	244 (0.2)
Overige akkerbouwgewassen ⁽¹⁾	423	1156	422	2002 (2)
Akkerbouwgroente ⁽²⁾	1263	4401	989	6653 (6)
Handelsgewassen ⁽³⁾	164	629	120	914 (1)
Peulen ⁽⁴⁾	32	64	22	118 (0.1)
Bloembollen-knollen	296	1170	347	1813 (2)
Tuinbouwgroente ⁽⁵⁾	2374	6399	659	9432 (9)
Tijdelijk grasland	10019	8331	5427	23777 (22)
Groenvoedergewassen ⁽⁶⁾	13835	9568	7629	31032 (28)

1) Omvat onder andere *miscanthus* en graszoden.

2) Tot de akkerbouwgroenten worden gerekend: boerenkool, erwten (groen te oogsten), knolselderij, krotten/rode bieten, koolraap, schorseneren, spinazie, stamsperziebonen, suikermals, tuinbonen (groen te oogsten), uien, waspeen, winterpeen en witlofwortel.

3) Omvat onder andere blauwmaanzaad, cichorei, hennep, karwijzaad, kool- en raapzaad, lijnzaad, sojabonen, vlas en zonnebloemen.

4) Omvat bruine bonen, kapucijners en grauwe erwten, niet bittere lupinen, tuinbonen (droog te oogsten), veldbonen en voedererwten.

5) Tot de tuinbouwgroenten worden gerekend: aardbeien, andijvie, asperges, bloemkool, bospeen, broccoli, Chinese kool, komkommerachtigen, knolvenkel/venkel, koolrabi, peulen, prei, pronkbonen, rabarber, selderij (bleek/groen), sla, sluitkool (rode-, witte-, groene-/savooiekool, spitskool),

6) Omvat luzerne, snijmais en voederbieten.

4 Bodemschimmels

In het Zuidoostelijk zandgebied komen veel verschillende bodemschimmels voor. De verwelkingsschimmel *Verticillium dahliae*, Rhizoctonia rot van suikerbiet en aardappel, respectievelijk *Rhizoctonia solani* AG 2-2IIIB en AG 3, en de 'rattenkeutelziekte' veroorzaakt door *Sclerotinia sclerotiorum* zijn de meest bekende. Ook komen netschurft (*Streptomyces* spp.), poederschurft (*Spongospora subterranea*) en bietenschurft (*Aphanomyces cochlioides*) voor. Voor peen komt het zogeheten 'Zwarte vlekkencomplex' voor, bestaande uit tenminste vier bodemschimmels. Een aantasting met dit complex begint vaak met de ziekte holterot ('cavity spot') veroorzaakt door *Pythium sulcatum*. Kortom, daar waar op het Zuidoostelijk zand een gewas geteeld wordt, zijn vrijwel altijd de eraan verbonden bodemschimmels ook al dan niet latent aanwezig.

4.1 Waardplantstatus bodemschimmels lupine

De informatie over de waardplantstatus van bodemschimmels voor lupine in Best4Soil (www.Best4Soil.eu) laat zien dat de informatie nog erg incompleet is (figuur 1). De wetenschappelijke literatuur over lupine geeft een volledig beeld.

	Colletotrichum	Fusarium solani	Phytophthora	Pythium	Rhizoctonia solani	Sclerotinia	Andere bodempathogenen						
	Colletotrichum trifolii	Fusarium solani	Phytophthora sojae Phytophthora sojae	Pythium spp.	Rhizoctonia solani AG-2-2	Sclerotinia sclerotiorum	Aphanomyces euteiches	Cylindrocarpum destructans	Fusarium avenaceum	Sclerotium rolfsii	Thielaviopsis basicola	Verticillium dahliae	
	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 - 4	5 - 10	5 - 10	>= 11	2 - 4		2 - 4	5 - 10	
Lupine	?	-	■ B	?	? i	■ B	-	?	■ A	?	?	■ C	Lupine

©2023. Dit schimmelschema is een product van Wageningen University & Research | Open Teelten, Lelystad

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	loess

Legenda levensduur	
<= 1	After [] years of growing a non-host crop the pathogen is only present in such low numbers it will never lead to yield loss
2 - 4	
5 - 10	
>= 11	

Figuur 1 Het schema van de waardplantstatus van lupine voor enkele belangrijke bodempathogenen van vlinderbloemigen (Afkomstig van: www.best4soil.com).

Gould Jr (1939) beschrijft dat destijds in de VS stengelrot (*Ascochyta pisi*), blad- en stengelaantasting door *Pleiochaeta setosa* (voormalig *Ceratophorum setosum*), Rhizoctonia rot (*Rhizoctonia solani*), verwelking door rattenkeutelziekte (*Sclerotinia sclerotiorum*) en zwartwortelrot (*Thielaviopsis basicola*) tot de meest voorkomende door bodemschimmels veroorzaakte ziekten van lupine behoorden. Er wordt in dit overzicht geen onderscheid gemaakt naar witte, blauwe of gele lupine, maar er wordt gesteld dat deze ziekten alle varianten van lupine die veredeld waren op een lager gehalte aan alkaloiden konden treffen. Volgens een review (Tivoli & Banniza, 2007) behoort aantasting door *A. pisi* voor lupine niet tot de belangrijkste ziekten, onduidelijk is of bedoeld wordt op dat de ziekte niet vaak voorkomt of dat deze bij voorkomen weinig schade doet.

Dat *P. setosa* de veroorzaker is van de door Goud Jr (1939) beschreven blad- en stengelaantasting is later bevestigd door Kalis-Kuznia, Stewart, & Meronuck (1991) wie ook beschreef dat de schimmel op lupine zowel de kortlevende conidiosporen als langlevende chlamydosporen produceert. n, 1997) Bateman (1997) voerde kunstmatige inoculatieproeven uit met de schimmel op witte lupine en concludeerde dat er zeer veel schade ontstond aan de stengelvoet wat vrijwel altijd uitval van de plant tot gevolg had. Inoculatie van de stengelvoet gaf veel meer schade dan inoculatie van de wortels.

Een andere ziekte die vaak genoemd wordt is anthracnose (brandvlekkenziekte), een bladvlekkenziekte die door *Colletotrichum lupini* wordt veroorzaakt. In Nederland is dit de meest destructieve schimmelziekte in breedbladige (witte) lupine. Nirenberg, Helgard & Feiler (2002) stelden op basis van genetisch onderzoek vast dat het in feite om twee varianten van dezelfde soort gaat, namelijk *C. lupini* var. *lupini* en *C. lupini* var. *setosum*. Talhinhad et al (2016) schrijven in een review dat het *C. lupini* complex met zaad overdraagbaar is maar ook kort (<1 jaar) op gewasresten kan overleven om de periode tussen teelten te overbruggen. De symptomen zijn ongeacht of het om smalbladige (blauwe) of breedbladige lupine gaat hetzelfde; donkere, ingezonken lesies op stengel, bladsteeltjes en peulen, wat leidt tot een karakteristiek draaien van de aangetaste stengels en bladsteeltjes. Naast lupine is de enige bekende waardplant de kaneelboom (*Cinnamomum zeylanicum*) (Dubrulle et al., 2020), dus deze ziekte heeft verder geen gevolgen voor de vruchtwisseling.

Chang et al. (2005) en Tewoldemedhin (2006) bevestigden de aantasting van *R. solani* voor smalbladige lupine en stelden moleculair vast dat het gaat om de anastomose (AG) groepen 2-1, 2-2 en 4 en 11. Zij observeerden verder dat op lupine het seksuele vermeerderingsstadium van *R. solani* ook kan worden gevormd. Dit levert een gelijksoortig ziektebeeld als bij aardappel: een wit schimmelmanchet onderaan de stengel bij vochtig weer. Naast Gould Jr (1939) beschrijven ook Boland & Hall (1994) lupine als waardplant voor *S. sclerotiorum*. Recent werk van Mousavi-Derazmahalleh et al. (2019) aan de moleculaire interacties tussen *S. sclerotiorum* en lupine als waardplant bevestigen dat de ziekte nog steeds een probleem vormt. Zwartwortelrot (*Thielaviopsis basicola*) wordt door Gould Jr (1939) beschreven als een voor lupine ernstige ziekte waarbij aantasting vrijwel altijd de dood van de plant betekent. Meer recent werk van Mosma & Struck (2013) bevestigt in ieder geval blauwe lupine als waard voor *T. basicola* door microscopisch aan te tonen dat infectie en vorming van chlamydosporen plaatsvindt.

Bateman (1997) noemt ook *Fusarium solani* en *Fusarium avenaceum* als schadelijk voor witte lupine. Holtz (2013) stellen na onderzoek met verschillende isolaten vast dat *F. solani* relatief weinig schade veroorzaakt in smalbladige lupine, maar dat *F. avenaceum* zeer schadelijk is. Daarop volgend onderzoek van Hwang (2014) bevestigt dat *F. avenaceum* zeer schadelijk is voor smalbladige lupine (opbrengstverliezen tot 40% in Canada). Soms wordt in de literatuur verwezen naar een *forma specialis* van *Fusarium oxysporum* voor lupine (*F. oxysporum* f. sp. *lupini*) maar hiervoor bestaat tegenstrijdig bewijs. Een review (Weimer, 1944) beschrijft hoe isolaten van deze schimmels soms verwelking en soms rot veroorzaken, terwijl het veroorzaken van rot atypisch is voor *F. oxysporum forma specialis*. (Salleh & Owen, 1983) schrijft wel over een *F. oxysporum* f. sp. *lupini* die typisch *F. oxysporum* symptomen veroorzaakt (lichte droge rot, verwelking). Mogelijk is er verwarring ontstaan met een andere *forma specialis* (bijvoorbeeld *F. oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici*) of andere *Fusarium*soort. In de achtergrondinformatie van Best4Soil is geen literatuur opgenomen die verwijst naar een *forma specialis* van *F. oxysporum* voor lupine.

Cylindrocarpon destructans, een bodemschimmel die vooral in de bloembollenteelt gevreesd wordt, blijkt slecht in staat witte lupine te infecteren blijkt uit proeven van Bateman (1997). Een wat minder bekende maar ten onrechte minder gevreesde bodemschimmel van vlinderbloemigen, de oömyceet *Aphanomyces euteiches*, wordt samen met *Pythium* spp. genoemd in relatie tot lupineteelt door Kraft (2000). Uit een recent literatuuroverzicht van Kiselev (2022) blijkt echter dat in zeven verschillende onderzoeken onderzoekers waaronder (Weimer, 1944) er niet in slaagden om lupine te infecteren met *A. euteiches* middels kunstmatige inoculatie. Dit is een sterke indicatie dat dat lupine geen waard is voor deze oömyceet. Schulte (1950) voerde inoculatie-experimenten uit met verschillende *Pythium* spp. op lupine over meerdere jaren, en concludeerde dat *P. ultimum* en *P. debaryanum* het meest schadelijk waren. *P. irregulare* kon enige rot veroorzaken, maar niet zo ernstig als *P. ultimum* of *P. debaryanum*. Weimer (1944) schrijft ook dat in inoculatieproeven *P. irregulare* er niet in slaagde zichtbare schade te veroorzaken.

Tussen 2005 en 2007 verrichtten Kaufmann, Thalmann, Pfeffer, Schachler, & Struck (2011) onderzoek aan bodemziekten van smalbladige lupine in Noordoost Duitsland met planten van drie verschillende locaties. Zij

isoleerden 1800 schimmels en brachten deze middels moleculaire technieken op naam. Zij toonden aan dat *Fusarium* spp., *Phoma* spp., *Cylindrocarpon destructans*, *Thielaviopsis basicola* en *Rhizoctonia solani* het meest voorkwamen, en dat zwartwortelrot (*T. basicola*) binnen de 1800 verzamelde monsters het vaakst de oorzaak van de schade was (althans in die jaren).

4.2 Lupine en het voet- en wortelrotcomplex van vlinderbloemigen

Op basis van de wetenschappelijke literatuur over bodemschimmels van lupine is het redelijk om te stellen dat breedbladige (witte) en smalbladige (blauwe) lupine in ieder geval deels, net zoals veel andere vlinderbloemigen (erwt, stamslaboon, veldboon) te lijden hebben onder het voet- en wortelrotcomplex van vlinderbloemigen. Aan dit complex is van 1991 tot 1994 uitgebreid onderzoek verricht bij het PAVG door Oyarzun (1994). Uit dit onderzoek bleek dat *Fusarium oxysporum*, *F. solani*, *Aphanomyces euteiches*, *Thielaviopsis basicola*, *Mycosphaerella pinnodes*, *Phoma medicinago* var. *pinnodes* en *Pythium* spp. tot de veroorzakers behoren. *Rhizoctonia solani*, *Botrytis cinerea*, *Stemphylium botryosum* en *Cylindrocarpon destructans* bleken een bijrol te (kunnen) spelen.

De schade die het complex aanricht in voor de schimmels gunstige jaren bleek zeer groot en kan tot volledig verlies van de oogst leiden, in het bijzonder als *A. euteiches* erbij betrokken in het betreffend perceel aanwezig was. Deze oömyceet kan tot ongeveer 10 jaar overleven zonder waardplant door beperkte saprofytische groei op organische stof in de bodem. De schade is het grootst in erwt, daarna in stamslaboon en relatief het minst in veldboon. Het optreden van schade lijkt sterk afhankelijk van welke schimmels er daadwerkelijk aanwezig zijn en de teeltomstandigheden in een gegeven jaar. Hoe groot de schade bij lupine kan zijn is nog niet duidelijk maar zoals eerder gesteld is de verwachting dat lupine eronder te lijden zal hebben.

5 Plantparasitaire nematoden

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. 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. In www.aaltjesschema.nl / www.best4soil.eu is voor veel gewassen de waardplantstatus en schadegevoeligheid voor plant-parasitaire nematoden te vinden (zie figuur 2). Van lupine is nog relatief weinig informatie beschikbaar en bevat dit schema nog veel witte vlekken.

5.1 Nematodensoorten in zuidoostelijk zandgebied

Op de zandgronden in Zuidoost Nederland komen een aantal cyste- en vrijlevende nematodensoorten vrij algemeen voor. Aardappel- en bietencysteaaaltjes komen vrij algemeen voor op de zandgronden, maar zijn door een ruime vruchtwisseling en de teelt van resistente rassen goed beheersbaar. Het zijn met name de vrijlevende, vaak polyfage, nematodensoorten die de meeste problemen veroorzaken. De voor het zuidoostelijke zandgebied belangrijkste vrijlevende aaltjessoorten zijn de wortellesieaaltjes (*Pratylenchus penetrans*, *P. crenatus* en *P. neglectus*), wortelknobbelaaltjes (*Meloidogyne chitwoodi*, *M. fallax*, *M. hapla* en *M. naasi*) en Trichodoride-aaltjes (*Paratrichodorus pachydermus*, *P. teres* en *Trichodorus similis*). Deze aaltjessoorten kunnen, soms al bij zeer lage dichtheden, aanzienlijke schade veroorzaken in akkerbouw- en vollegrondsgroentegewassen, industriegroenten en bolgewassen. De schade kan afhankelijk van de aaltjessoort zowel kwantitatief (lagere opbrengsten) als kwalitatief (aantasting op het geoogste product) van aard zijn. Deze vrijlevende aaltjessoorten kunnen zich op meerdere (vaak veel) gewassen vermeerderen en schade veroorzaken. Ze zijn daardoor moeilijk door een goed gekozen vruchtwisseling te beheersen, zeker als een perceel besmet is met meerdere plantparasitaire aaltjessoorten. In figuur 2 is de waardplantgeschiktheid en schadegevoeligheid van de voor de regio Zuidoost-Nederland belangrijke gewassen en aaltjessoorten weergegeven.

	Cysteaaftjes				Wortelknobbelaftjes			Worteltesaaltjes			Stengelaftjes		Vrijlevende wortelaftjes		Virussen					
	<i>Globodera rostochiensis</i> / <i>G. pallida</i> Aardappelcysteaaftje	<i>Heterodera betae</i> Geel bietencysteaaftjes	<i>Heterodera schachtii</i> Witte bietencysteaaftje	<i>Heterodera trifolii</i> f. sp. <i>trifolium</i> Klavercysteaaftje	<i>Meloidogyne chitwoodi</i> Maiswortelknobbelaftje	<i>Meloidogyne fallax</i> Bedrieglijk maiswortelknobbelaftje	<i>Meloidogyne hapla</i> Noordelijk wortelknobbelaftje	<i>Meloidogyne naasi</i> Graswortelknobbelaftje	<i>Pratylenchus crenatus</i> Graanworteltesieaaltje	<i>Pratylenchus neglectus</i> Bietenworteltesieaaltje	<i>Pratylenchus penetrans</i> Worteltesieaaltje	<i>Pratylenchus thornei</i> Tarweworteltesieaaltje	<i>Ditylenchus destructor</i> Destructoraaltje	<i>Ditylenchus dipsaci</i> Stengelaaltje	<i>Paratrichodorus pachydermus</i> Paratrichodorus pachydermus	<i>Paratrichodorus teres</i> Paratrichodorus teres	<i>Paratylenchus bukowinensis</i> Speldaaftje	<i>Trichodorus similis</i> Trichodorus similis	<i>Tabaksrattelvirus</i> Tabaksrattelvirus	
Wintergerst	ZD ZVK	ZD	ZD ZVK	ZD ZVK	ZD	Z	ZD	ZD ZVK	ZD ZVK	ZD ZVK	ZD ZVK	ZD ZVK	ZD ZVK	ZD ZVK	ZD ZVK	ZD ZVK	ZD ZVK	ZD ZVK	ZD ZVK	ZD ZVK
Wintertarwe	-	-	-	-	••	•	-	•••	••• i	••• i	••	?	-	•	•	•••	••	-	?	••• S
Zomergerst	-	-	-	-	•	•	-	•••	•••	•••	••	?	-	•	•	•••	••	-	?	••• S
Zomerarwe	-	-	-	-	••	••	-	•••	•••	•••	••	?	-	•	•	?	•• i	-	?	•••
Triticale	-	-	-	-	••	•	-	•••	•••	•••	••	?	-	•	•	?	?	-	?	?
Rogge	-	-	-	-	•••	•••	-	••	••• i	?	•••	?	-	••	••	•••	•••	-	?	••
Haver	-	-	-	-	•• i	?	-	-	•••	?	•••	?	-	••	••	?	•••	-	?	•••
Mais	-	-	-	-	••	•	-	-	•••	?	•••	?	-	••	••	?	••	-	?	••• S
Aardappel	••• R	-	-	-	•••	•	-	•••	•	•	•	?	-	•••	•••	•	•	-	•••	••• S
Suikerbiet	-	••• R	••• R	-	•	•••	•••	•	•	•	•	?	•	••	••	•••	•••	?	•••	••• S
Cichorei	-	-	-	-	-	?	?	?	?	?	•	?	?	-	•	•• i	•• i	?	•• i	-
Ui	-	-	-	-	•	•	•	•	?	?	•	?	-	•••	•••	-	••	?	?	••• S
Erwt	-	-	-	-	•	•	•	-	• i	?	•	?	-	•••	•••	?	•	?	•	•• S
Peen	-	•	-	-	••	•••	-	•	•	?	•	?	-	•	•	•	•	•••	•	•• S
Stamslaboon	-	-	-	-	-R	-	-	-	•• i	?	•••	?	-	•	•	•	•	?	?	••• S
Veld-/ruinboon	-	••	-	-	?	?	-	-	?	?	••• i	?	-	•••	••	?	?	?	?	?
Spinazie	-	••	••	-	-	-	•	-	•	?	•	?	-	•	•	•• i	• i	?	?	•••
Schorsener	-	-	-	-	•••	•••	•	•	•	?	•	?	-	•	•	•	••	?	?	•
Sla	-	-	-	-	?	?	•	?	?	?	•	?	?	••	•	?	?	?	?	?
Prei	-	-	-	-	••	•	•	-	?	?	•••	?	-	•	•	?	•	?	•	-
Broccoli	-	?	?	?	?	?	?	?	?	?	•••	?	?	?	?	?	••• i	?	?	?
Witlof	-	-	-	-	•	-	-	•	?	?	••	?	-	•	-	••	•••	?	?	-
Lelle	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	•••	?	-	-	-	-	-	?	?	-
Gladicool	-	-	-	-	••• R	••• R	-	-	-	?	• i	?	••• R	-	-	-	-	?	?	?
Tulp	-	-	-	-	-	?	-	-	-	?	••	?	••• R	•	•	•	•	?	•	?
Engels raaigras	-	-	-	-	•	•••	-	•••	••	?	••	?	-	•	•	•••	•	?	•••	•• S
Italiaans raaigras	-	-	-	-	•••	•••	-	•••	••	?	•••	?	-	•	•	•••	•	?	•••	•• S
Westenwolds raaigras	-	?	?	?	•	?	?	?	?	?	•	?	-	•	•	?	?	?	?	?
Luzerne	-	-	-	-	•	?	••	?	•	?	•••	?	-	•••	•	•	•	?	?	••
Lupine br	-	?	?	?	?	?	•••	?	?	?	••• i	?	?	?	?	?	?	?	?	•••

© 2023. Dit aaltjeschema is een product van Wageningen University & Research | Open Teelten, Leyland

© 2023. 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 Vermeerdering	
?	onbekend
-	actieve afname
•	natuurlijke afname
•	weinig
••	matig
•••	sterk
R	Rasafhankelijk
S	Serotypeafhankelijk
i	enige informatie

Legenda Grondsoort	
Z	Zand
D	Dalgrond
ZV	Zavel
K	Klei
L	Löss

Figuur 2 Waardplantstatus en schadegevoeligheid van gewassen voor een aantal belangrijke plantparasitaire aaltjessoorten (www.aaltjesschema.nl, www.Best4soil.eu).

5.2 Waardplantstatus en schadegevoeligheid

5.2.1 Wortellessieaaltjes (*Pratylenchus* spp)

Wortellessieaaltjes komen algemeen op de zandgronden in Nederland voor. *Pratylenchus penetrans* (het gewone wortellessieaaltje, *P. crenatus* (het graanwortellessieaaltje) en *P. neglectus* (het bietenwortellessieaaltje) zijn de meest voorkomende soorten, waarvan *P. penetrans* voor veel gewassen de meest schadelijke is. *Pratylenchus penetrans* heeft een zeer brede waardplantenreeks en is daardoor lastig door vruchtwisseling 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* en daarmee voor een zeer sterke afname zorgt.

Het gewone wortellessieaaltje (*P. penetrans*)

Lupine lijkt een vrij goede waard voor *P. penetrans*. In veldproeven (Prins, 2018/ CNR-ISAFOM, 2019) nam de besmetting door de teelt van breedbladige, witte ('Feodora') en smalbladige, blauwe ('Regent') lupine toe van respectievelijk 317 en 431 naar 1167 en 1290 *P. penetrans* per 100 ml grond.

De toename was iets minder sterk dan bij de teelt van gerst (2128 Pp/100 ml grond), maar de besmetting was veel hoger dan bij de matige waard suikerbiet (533 Pp/100 ml grond). Ook Beers (2003) concludeerde op basis van potproeven dat lupine ('Isabel') een vrij goede waard is voor *P. penetrans*. Fried (1994) beschrijft bittere lupine als een zeer goede waard voor *P. penetrans*.

GRDC beschrijft in GROWNOTES van November 2017 dat lupine ook zeer schadegevoelig is voor *P. penetrans*, maar geeft hiervoor geen onderbouwing. Rens (2000) meldde valplekken (plekken waar de groei sterk achterblijft) in een perceel lupine die, na achteraf bleek, werd veroorzaakt door een *P. penetrans*-besmetting. Lupine lijkt gevoelig voor *P. penetrans*, maar de hoogte van de schadedrempel (dichtheid waarbij de eerste schade ontstaat) en hoe sterk de schade toeneemt bij hoge(re) dichtheden van *P. penetrans* is nog onduidelijk.

Het graanwortellessieaaltje (*P. crenatus*)

Zowel witte als blauwe lupine lijken een vrij goede waard voor het graanwortellessieaaltje. In een veldproef (Prins 2018, CNR-ISAFOM 2019) werd na de teelt van zowel breedbladige/witte ('Boros') als smalbladige/blauwe lupine ('Iris') een vrij hoge besmetting met *P. crenatus* gevonden, van circa 1100 *P. crenatus*/100 ml grond).

Het bietenwortellessieaaltje (*P. neglectus*)

Smalbladige/blauwe Lupine (*Lupinus angustifolius*) lijkt een niet of zeer slechte waard voor *P. neglectus*. Flower (2019) beschrijft een afname van de besmetting van *P. neglectus* door de teelt van blauwe lupine die vergelijkbaar is met de afname bij zwarte braak. Ferris (1993) concludeerde op basis van veldonderzoek dat breedbladige/witte lupine ('Sweetwhite') een zeer slechte tot niet-waard is voor *P. neglectus*.

Het tarwewortellessieaaltje (*P. thornei*)

Yildiz (2011) concludeerde op basis van veldonderzoek dat breedbladige (witte) lupine een niet- of zeer slechte waard is voor het tarwewortellessieaaltje. Informatie over de waardplantstatus en schadegevoeligheid van gewassen voor deze aaltjessoort ontbreekt. *Pratylenchus thornei* komt ook in Nederland voor, maar aangenomen wordt dat deze soort geen schade van betekenis veroorzaakt.

5.2.2 Wortelknobbelaaltjes (*Meloidogyne*)

In Nederland komen verschillende wortelknobbelaaltjessoorten voor. Het maiswortelknobbelaaltje (*Meloidogyne chitwoodi*), het bedrieglijk maiswortelknobbelaaltje (*M. fallax*), het noordelijk wortelknobbelaaltje (*M. hapla*) en het graswortelknobbelaaltje (*M. naasi*) zijn voor het Zuidoostelijke zandgebied de belangrijkste, meest schadelijke, soorten. Deze wortelknobbelaaltjessoorten hebben een brede waardplantenreeks en kunnen al bij vrij lage dichtheden aanzienlijke (economische) schade veroorzaken in veel akkerbouw- en groentegewassen. *Meloidogyne naasi* is voor de land- en tuinbouw het minst schadelijke, al komen er de laatste jaren vanuit de praktijk meer meldingen van schade in zaaiuien en

tulp door *M. naasi*. Vlinderbloemigen zoals klavers, bonen, luzerne staan bekend als goede waardgewassen voor wortelknobbelaaltjes.

Het (bedrieglijk) maiswortelknobbelaaltje (*M. chitwoodi*)

De informatie over de waardplantstatus van breedbladige (witte) en smalbladige (blauwe) lupine voor *M. chitwoodi* is niet éénduidig. Prins (2018, CNR-ISAFOM-2019) vond in een veldproef een lichte toename van de *M. chitwoodi*-besmetting van 36 naar 88 en van 17 naar 58 *M. chitwoodi* per 100 ml grond voor resp. breedbladige/witte ('Feodora') en smalbladige/blauwe ('Regent') lupine. Bij veldboon, een gewas dat bekend staat als een vrij goede waard voor *M. chitwoodi*, werd een toename van 17 naar 428 gevonden. Ook Ferris (1993) vond in zijn veldproef relatief lage dichtheden *M. chitwoodi* na de teelt van witte lupine ('Sweetwhite'): circa 125 *M. chitwoodi*/100 ml grond na lupine en ruim 1000 *M. chitwoodi*/100 ml grond na de goede waard erwt. Op basis van deze resultaten lijkt lupine een vrij slechte waard voor *M. chitwoodi*. In tegenstelling tot de resultaten van dit veldonderzoek werd er in potproeven van Prins (2018) en Ferris (1993) ook een vrij sterke vermeerdering van *M. chitwoodi* op lupine vastgesteld. Prins vond gemiddeld 22 eipakketten per gram wortel op smalbladige lupine (7 rassen) en gemiddeld 35 eipakketten per gram wortel op breedbladige lupine (3 rassen). Op veldbonen, een gewas dat bekend staat als goede waard, werden gemiddeld 15 (winterveldbonen) tot 20 (zomerveldbonen) eipakketten per gram wortel geteld. Bij de smalbladige lupinerassen varieerde het gemiddeld aantal eipakketten per gram wortel van 8 ('Boruta') tot 50 ('Boregine', 'Iris') en bij de breedbladige lupine van 19 ('Feodora') tot 45 ('Boros'). Door een grote spreiding in de resultaten konden er geen betrouwbare rasverschillen worden vastgesteld. Ferris (1993) toetste de waardplantgeschiktheid van zes breedbladige (witte) lupinerassen en vond rassen die een matige tot goede, een vrij matige of een zeer slechte waard zijn voor *M. chitwoodi*. Ook van andere vlinderbloemigen (wikke, luzerne, veld-/tuinboon, zie www.aaltjesschema.nl) is bekend dat er soms grote rasverschillen zijn in de mate waarin *M. chitwoodi* wordt vermeerderd.

Het bedrieglijk maiswortelknobbelaaltje (*M. fallax*)

Er is weinig tot geen betrouwbare informatie gevonden over de waardplantstatus en schadegevoeligheid van lupine voor *M. fallax*. In de rapportage CNR-ISAFOM (2019) worden breedbladige en smalbladige lupine, op basis van veldonderzoek, beschreven als mogelijk slechte waard voor *M. fallax*. De *M. fallax*-besmetting op dit perceel was echter zo laag dat er geen betrouwbare conclusies getrokken konden worden. In dit rapport wordt ook verwezen naar informatie vanuit Australië (Duke, 1981). In dit handboek wordt gemeld dat de, in Australië meest gebruikte smalbladige lupinecultivar 'Mandelup' licht vatbaar is voor *M. fallax*.

Het noordelijk wortelknobbelaaltje (*M. hapla*)

Lupine lijkt een vrij goede waard voor *M. hapla*. Lammers (1993) vond in zijn veldonderzoek een vrij sterke vermeerdering van *M. hapla* door gele lupine (*Lupinus luteus*) en blauwe lupine. In deze proef werd een biotoets met sla gebruikt om het besmettingsniveau vóór en na de teelt van de verschillende gewassen vast te stellen. De eindbesmetting na de voor *M. hapla* goede waardgewassen rode- en witte klaver was gemiddeld 160 knobbels per slaplant. Na gele- en bittere lupine werd een eindbesmetting gevonden van respectievelijk 170 en 210 knobbels per slaplant. In een veldproef van Prins (2018, CNR-ISAFOM 2019) werd na de teelt van veldboon een dichtheid van 1278 *M. hapla*/100 ml grond gemeten. Na de teelt van smalbladige, blauwe ('Iris') en breedbladige, witte ('Boros') lupine werd een *M. hapla*-besmetting van respectievelijk 430 en 62 aaltjes/100 ml grond gevonden. Een betrouwbare conclusie over de waardplantstatus van lupine voor *M. hapla* kan op basis van deze resultaten niet worden getrokken, omdat gegevens over de uitgangssituatie vóór aanvang van de teelt ontbreken. In een potproef met meerdere rassen werden op smalbladige lupine gemiddeld 75 ei-pakketten geteld en op breedbladige lupine gemiddeld 31 (Prins 2018). Er werden geen duidelijke rasverschillen waargenomen. De verschillen tussen de rassen waren relatief klein. Op de, als goede waard bekendstaande, gewassen zomer- en winterveldboon werden gemiddeld respectievelijk ruim 10 en bijna 15 ei-pakketten per gram wortel geteld. Op basis van deze resultaten lijkt lupine een zeer goede waard. Echter, als op het wortelstelsel ei-pakketten worden waargenomen, betekent dit alleen dat het betreffende gewas een waard is. Maar wat exact de waardplantstatus is, is moeilijk aan te geven omdat aantal eieren per ei-pakket sterk kan variëren.

Het graswortelknobbelaaltje (*M. naasi*)

Er is weinig informatie beschikbaar over de schadegevoeligheid en vermeerdering van *M. naasi* op lupine. Gooris (1974) meldt dat smalbladige (blauwe) lupine geen waard is voor *M. naasi*, evenals veldboon en

voederwikke. Erwt, Alexandrijnse klaver en witte klaver worden in dit proefschrift als waard voor *M. naasi* genoemd.

5.2.3 Trichodoriden

In Nederland komen meerdere Trichodoride-soorten voor. Voor de zandgronden in Zuidoost-Nederland zijn *Paratrichodorus pachydermus*, *P. teres* en *Trichodorus similis* de belangrijkste soorten. Trichodoriden kunnen opbrengstschade (verlies in hoeveelheid geoogst product) maar ook kwaliteitsschade veroorzaken. Bij penvormende gewassen als peen, schorseneer en witlof vertakt de pen door het aanprikken van het aaltje. Naast directe schade door het aaltje kunnen trichodoride aaltjes ook enkele virussen overbrengen. o.a. het tabaksratelvirus (TRV), wat kringrigheid in aardappel kan veroorzaken (TRV) en het vroege verbruiningsvirus van erwten (PEBV). Er is weinig tot geen informatie beschikbaar over de vermeerdering van de verschillende trichodoride-soorten op lupine en de schadegevoeligheid van lupine voor deze aaltjessoorten. Beers (2006) vond in een potproef een vrij sterke vermeerdering van *P. teres* en het tabaksratelvirus op lupine ('Rosalin') en concludeerde dat deze lupine-soort een vrij goede waardplant is voor zowel het aaltje als het tabaksratelvirus.

5.2.4 Stengelaaltjes (*Ditylenchus*)

De voor de open (vollegrond)teelten in Nederland belangrijkste stengelaaltjessoorten zijn *Ditylenchus dipsaci* (het stengelaaltje) en het destructor-aaltje, *Ditylenchus destructor*.

Het stengelaaltje (*D. dipsaci*)

Het stengelaaltje komt op zowel de lichte als zwaardere grondsoorten voor. Er zijn inmiddels meer dan 20 verschillende rassen stengelaaltjes bekend. Elk met een eigen waardplantenreeks maar die elkaar ook sterk overlappen. Uiterlijk zijn de rassen 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 en kunnen al bij zeer lage dichtheden aanzienlijke schade veroorzaken. *D. dipsaci* kan zich op veel vlinderbloemigen goed vermeerderen. Hooper (1984) vond in een potproef sterke schade van het haver-stengelaaltjesras op breedbladige (witte) lupine ('Kievski'). De vermeerdering van dit stengelaaltjesras op deze lupine was echter zeer laag. Op smalbladige (blauwe) lupine (ras onbekend) werd geen schade en ook geen vermeerdering van het haver-stengelaaltjesras waargenomen, maar het vermeerderde zich wel op erwt, boon en uien. In een zeer oude publicatie van Mayer Gmelin uit 1906 wordt melding gemaakt van een sterke vermeerdering van het rogge-stengelaaltjesras op gele lupine. De waardplantstatus en schadegevoeligheid van lupine voor andere stengelaaltjesrassen is niet bekend.

Het destructor-aaltje (*D. destructor*)

D. destructor gaf in het verleden veel problemen in de fabrieksaardappelteelt en wordt daarom ook wel het Veenkoloniale aardappelaaltje genoemd. De laatste jaren zijn er nog maar zeer weinig tot geen meldingen meer van problemen met deze aaltjessoort. Lupine lijkt een (zeer) slechte waard voor *D. destructor*. Basson (1990) vond in *in vitro* experimenten zeer lage dichtheden van *D. destructor* in de wortels van breedbladige (witte) lupine en concludeerde dat breedbladige lupine mogelijk een slechte waard is voor *D. destructor*. Ook in de wortels van soja en luzerne werden in deze proef zeer lage dichtheden van *D. destructor* gevonden.

5.2.5 Cysteaaltjes

In Nederland komen verschillende cystevormende aaltjessoorten voor. Het aardappelcysteaaltje en de bietencysteaaltjes zijn daarvan de belangrijkste. Er zijn twee soorten aardappelcysteaaltjes: *Globodera rostochiensis* (geel aardappelcysteaaltje) en *Globodera pallida* (wit aardappelcysteaaltje). Dit zijn zeer gespecialiseerde aaltjessoorten die in de vollegrondsteelten alleen aardappel als waardplant kennen en ook alleen in aardappel schade veroorzaken.

Bietencysteaaltjes (*H. schachtii*, *H. betae*)

Er komen in Nederland twee soorten bietencysteaaltjes voor; het witte bietencysteaaltje (*Heterodera schachtii*) en het gele bietencysteaaltje (*Heterodera betae*). Maas (1982) vond in een potproef, waarin hij de waardplantgeschiktheid van meerdere vlinderbloemigen voor het gele bietencysteaaltje toetste, geen

vermeerdering van deze aaltjessoort op gele lupine (*Lupinus luteus*), maar wel op een aantal andere vlinderbloemigen zoals Alexandrijnse klaver (*Trifolium alexandrinum*), veldboon (*Vicia faba*) en wikke (*Vicia sativa*). Hij concludeerde dat gele lupine geen waard is voor het gele bietencysteaaltje. Er is geen informatie gevonden over de vermeerdering van het gele bietencysteaaltje op breedbladige (witte) en smalbladige (blauwe) lupine.

Prins (2018, CNR-ISAFOM 2019) vond in een potproef met het witte bietencysteaaltje gemiddeld 30 cysten per gram wortel op smalbladige lupine (drie rassen), maar geen cysten op de zeven breedbladige lupinerassen die werden getoetst. Op een aantal winter- en zomerveldboonrassen werden eveneens geen cysten gevonden. De resultaten (vermeerdering op smalbladige lupine) zijn tegenstrijdig aan de algemene veronderstelling dat het witte bietencysteaaltje zich niet op vlinderbloemigen kan vermeerderen.

Erwtencysteaaltjes (*H. goettingiana*)

Het erwtencysteaaltje veroorzaakt geen schade in niet-vlinderbloemige (akkerbouw)gewassen. Deze soort staat dan ook niet bekend als een probleem dat vaak voorkomt. *Heterodera goettingiana* kan zich sterk op erwt, tuin- en veldboon vermeerderen en in erwt ook aanzienlijke schade veroorzaken. Tuin- en veldbonen zijn weinig gevoelig. In de waardplantenreeks van *H. goettingiana*, beschreven door Di Vito (1991), wordt breedbladige (witte) lupine als een niet-waard genoemd.

6 Bovengrondse schimmels, insecten, onkruiden

Niet alleen de populatie van bodemschimmels en aaltjes kunnen worden beïnvloed door de introductie van lupine in het bouwplan, ook op bovengrondse schimmels, insecten en onkruiden kan dit mogelijk effect hebben.

Bovengrondse schimmels

Belangrijke schimmelziekten in een latere ontwikkelingsfase van het gewas zijn Anthracnose (brandvlekkenziekte veroorzaakt door *Colletotrichum lupini*), Bruinevlekkenziekte (*Pleiochaeta setosa*), Rattenkeutelziekte (*Sclerotinia sclerotiorum*), Phytophthora, Fusarium (late verwelking) en Botrytis (Cuijpers, 2023).

- Anthracnose aantasting wordt vrijwel altijd veroorzaakt door besmet zaaizaad. Aangezien er weinig gewassen zijn die waard zijn voor Anthracnose bestaat er weinig risico voor andere gewassen in het bouwplan.
- De Bruinevlekkenziekte (*Pleiochaeta setosa*) is zaadoverdraagbaar en dit is meestal ook de oorzaak van infectie. De enige andere bekende waardplant voor *Pleiochaeta* is Serradelle. Ook bruinevlekkenziekte vormt derhalve weinig risico voor andere gewassen in het bouwplan.
- Aantasting door Botrytis wordt veroorzaakt door zowel *Botrytis cinerea* als door *Botrytis fabae*. De schimmel kan alle bovengrondse plantendelen aantasten, zowel blad, stengel als peulen. *B. cinerea* komt voor op een groot scala aan gewassen, o.a. veldboon, erwt, aardbei, sla, andijvie en koolsoorten zijn een belangrijke andere waard voor Botrytis. Veldboon is een belangrijke andere waard voor *B. fabae*. Meerdere gewassen in het bouwplan die waard zijn voor Botrytis kunnen het risico voor deze schimmel doen toenemen.

Insecten

Lupine is gevoelig voor aantasting door de bonenvlieg, ritnaalden en emelten. De bonenvlieg heeft een zeer brede waardplantenreeks, waarbij *Phaseolus vulgaris* (o.a. stamslabonen, stokbonen, bruine bonen) en mais de belangrijkste zijn, maar daarnaast ook meloen, komkommer, spinazie, asperge, tomaten, graan, gladiolen ui, kool en spinazie. Inpassing van lupine in het bouwplan betekent een extra waard voor de bonenvlieg en daarnaast ook voor ritnaalden en emelten (Rozen, 2013).

Onkruidbestrijding

Peulvruchten in het algemeen, en lupines in het bijzonder, zijn veel minder concurrerend voor onkruid dan bijvoorbeeld granen. Met name in een jaar met een matige ontwikkeling en een open gewas kunnen lupinen snel onder het onkruid lopen. Het aantal toegelaten herbiciden is zeer beperkt en sommigen zijn niet getest op fytotoxiciteit in lupine waardoor het gebruik van deze middelen niet zonder risico op gewasschade is (Cuijpers, 2023). Het zijn met name enkele bodemherbiciden, die voor opkomst moeten worden gespoten, waarmee de onkruiddruk kan worden tegengegaan. Wanneer bodemherbiciden onder gunstige omstandigheden worden toegepast (vochtige grond), dan kunnen ze zeer effectief zijn. Op zandgrond met name onder wat drogere omstandigheden kan de werking echter tegenvallen en moet er teruggevallen worden op maatregelen na opkomst. Na opkomst is er echter alleen beperkte mogelijkheid voor bestrijding van grassen. Voor bestrijding van tweezaadlobbige onkruiden zijn er geen geschikte mogelijkheden in lupine. Hoewel het middel Basagran (bentazon) in lupine is toegelaten, veroorzaakt het veelal gewasschade aan zowel blauwe als witte lupine. Ook Lentagran (pyridaat) kent een toelating maar is zeer risicovol (Cuijpers, 2023). In proeven op de WUR-locaties Valthermond en Vredepeel veroorzaakte het aanzienlijke schade in witte lupine.

Bij de teelt van lupine dient er rekening gehouden te worden dat er ook op een gangbaar bedrijf naast een chemische- ook een mechanische- (eggen, schoffelen) of handmatige onkruidbestrijding nodig is.

Het is daarom belangrijk dat lupine wordt geteeld op een perceel met een zo laag mogelijke onkruiddruk. De onkruidbestrijding in de voorvrucht dient dus goed geslaagd te zijn. Daarnaast is het verstandig om na lupine een volgteelt te kiezen waarin ruime mogelijkheden voor onkruidbestrijding bestaan.

7 Vruchtwisseling

Pathogene bodemschimmels en plantparasitaire aaltjes kom op veel landbouwpercelen voor en kunnen aanzienlijk schade veroorzaken in diverse akkerbouw-, vollegrondsgroenten- en bolgewassen. De schade kan oplopen tot een volledige misoogst van een gewas. Veel problemen met bodemschimmels en aaltjes kunnen beperkt of zelfs voorkomen worden door een goed doordachte vruchtwisseling, die is afgestemd op de aanwezige aaltjes- en bodemschimmelbesmetting. De gewas- en raskeuze vormen de basis van een geïntegreerde beheersing van bodemgebonden ziekten (ICM; integrated Crop Management), waarbij het doel is om door een juiste vruchtopvolging lage besmettingsniveaus te creëren voorafgaand aan de teelt van een schadegevoelig gewas.

Voor het inschatten van risico's op schade door bodemgebonden ziekten is het noodzakelijk om de uitgangssituatie 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.

7.1 Bodemschimmels

In het onderzoek van Oyarzun (1994) bleek de frequentie van de vlinderbloemigen slecht te correleren met de schade die door het voet- en wortelrotcomplex werd veroorzaakt. Hierbij moet echter rekening worden gehouden dat de meeste van zijn monsters afkomstig waren van zeer zwaar besmette velden waarop vaak meerdere jaren achtereen erwit was geteeld. Het advies dat werd gegeven, namelijk niet vaker dan 1:6 vlinderbloemigen te telen, is gezien de negatieve impact van continueelt, en de overleving van *A. euteiches* in de bodem (5-10 jaar) wel goed om te volgen (zie ook van Dijk et al., 2020).

	<i>Fusarium solani</i>	<i>Phoma medicaginis</i> var. <i>pinodella</i>	<i>Pythium aphanidermatum</i>	<i>Pythium irregulare</i>	<i>Pythium ultimum</i>	<i>Rhizoctonia solani</i> AG-2-2	<i>Rhizoctonia solani</i> AG-4	<i>Sclerotinia sclerotiorum</i>	<i>Aphanomyces euteiches</i>	<i>Ascochyta blight</i>	<i>Cylindrocarpum destructans</i>	<i>Fusarium avenaceum</i>	<i>Myosphaerella pinodes</i>	<i>Thielaviopsis basicola</i>
	12345	12345	12345	12345	12345	12345	12345	12345	12345	12345	12345	12345	12345	12345
					2-4	2-4	2-4	5-10	5-10		>= 11	2-4		2-4
Lupine	-	■ B	?	?	?	? i	■ B	■ B	-	-	?	■ A	■ A	?

©2023. Dit schimmelschema is een product van Wageningen University & Research | Open Teelten, Lelystad

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 1 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 Huidige, in het schimmelschema (www.best4soil.eu) beschikbare informatie over de waardplantstatus en schadegevoeligheid van lupine voor de in de wetenschappelijke literatuur beschreven ziekten veroorzakende bodemschimmels.

Anders dan met een ruime afstand tussen vlinderbloemigen in het bouwplan zijn er geen bekende, effectieve beheersingsmaatregelen tegen het voet- en wortelrotcomplex van vlinderbloemigen. Het hoge aantal organismen dat aan het complex kan bijdragen en de diversiteit van hun biologie maken beheersing met specifieke maatregelen ook erg lastig. Technisch gezien kan er bijvoorbeeld bekalkt worden op erg zure gronden en brengt dit enige verlichting van de symptomen, maar de invloed op de uiteindelijke opbrengstderving veroorzaakt door het complex als geheel, is marginaal.

Lupine lijkt echter geen waard te zijn voor *A. euteiches* (Kiselev et al., 2022) en lijkt meer last te hebben van *F. avenaceum* dan van *F. solani* (Hwang et al., 2014). Dit betekent dat qua gewasrotatieniveau voor lupine met net wat andere gewassen rekening gehouden moet worden dan voor andere vlinderbloemigen. Uit het werk van (Oyarzun, 1994) bleek dat klaver (*Trifolium* spp.) en luzerne (*Medicago sativa*) niet of nauwelijks door het complex aangetast worden. (Huiskamp & Lamers, 1992) noemen verder mais (*Zea mays*), haver (*Avena sativa*) en Soedangras (*Sorghum sudanese*) als gunstige voorvrucht voor erwt, maar baseerden hun advies sterk op de waardplantstatus van de gewassen voor *A. euteiches*.

Wanneer we ons alleen focussen op de voor lupine zeer schadelijke schimmels (*S. sclerotiorum*, *T. basicola*, *F. avenaceum*) stuiten we op het probleem dat kwantitatieve data over de vermeerdering van *F. avenaceum* momenteel niet voorhanden zijn, maar dat de schimmel zich wel op de gewasresten van zeer veel gewassen saprofytisch kan vermeerderen en overleven. Granen en grassen zijn een geschikte voorvrucht voor de onderdrukking van *S. sclerotiorum*, maar hebben vermoedelijk ook de sterkste vermeerdering van *F. avenaceum* tot gevolg. Vanuit *T. basicola* vallen andere vlinderbloemigen (erwt, stamslaboon, veldboon), peen (*T. basicola* is onderdeel van het zwarte-vlekken-complex van peen) en cichorei af. Mais en soedangras zijn potentieel goede waarden voor *F. avenaceum*, maar niet-waarden voor *S. sclerotiorum* en *T. basicola*.

De beste voorvrucht voor lupine is hiermee dus met name afhankelijk van welke bodemziekten er spelen op een specifiek perceel en in welke mate. Soedangras is potentieel gunstig, maar bij dit gewas als voorvrucht moet wel goed gelet worden op de aanwezigheid van plantparasitaire aaltjes in het perceel.

Specifiek gelet op het Zuidoostelijke bouwplan en zonder in acht name van plantparasitaire aaltjes is suikerbiet de meest gunstige voorvrucht (mits een *R. solani* resistent ras wordt geteeld). Vlinderbloemige- of kruisbloemige groenbemesters zijn slechte voorvruchten voor lupine en moeten worden vermeden.

Lupine zelf is een zeer slechte voorvrucht voor aardappels en vlinderbloemige gewassen vanwege de vermeerdering van rattekeutelziekte, Verticillium en het voet- en wortelrotcomplex. Een monocotyle niet-waard voor deze ziekten (grassen en granen) zou een goede volgvrukt zijn en omdat lupine ook *F. avenaceum* potentieel sterk kan vermeerderen is ui een betere volgvrukt dan granen.

In tabel 2 wordt een overzicht gegeven van de verzamelde informatie over de waardplantstatus van lupine-soorten voor een aantal ziekte veroorzakende bodemschimmels. In figuur 3 de schadegevoeligheid en waardplantstatus van lupine zoals deze momenteel via <https://fungi.soilhealthtool.eu/nl-nl/Pathogen-scheme> beschikbaar is.

Tabel 2 Waardplantstatus en gevoeligheid aangegeven op basis van in literatuuronderzoek gevonden informatie, met in het aantal stippen (O) de vermeerdering en tussen haakjes () het niveau van schade. Voor legenda: zie figuur 3.

Bodemschimmel	Breedbladige, witte lupine	Smalbladige, blauwe lupine	Gele lupine	Lupine (soort onbekend)	Gevoelige gewassen
<i>A. euteiches</i>				-	Erwt, stamslaboon, veldboon
<i>A. pisi</i>				?	Erwt
<i>C. destructans</i>				•	Lelie, narcis, tulp, hyacint
<i>C. lupini</i>	•••	•	•••	•	Lupine
<i>F. avenaceum</i>	••	••			Alle granen, bij hoge ziektedruk aardappel
<i>F. oxysporum</i> f. sp. <i>lupini</i>				?	Lupine
<i>F. solani</i>		?			Erwt, stamslaboon, veldboon, bij hoge ziektedruk aardappel
<i>P. aphanidermatum</i>		?			Suikerbiet, spinazie
<i>P. irregulare</i>		?			Spinazie
<i>P. medicaginis</i> var. <i>pinodella</i>				?	Erwt, stamslaboon, luzerne
<i>P. setosa</i>	•••	•••			?
<i>P. ultimum</i>		?			Erwt, stamslaboon, veldboon, suikerbiet, spinazie
<i>R. solani</i> AG 2-2		••			Suikerbiet, schorseneer, pastinaak, peen, bij hoge ziektedruk maïs
<i>R. solani</i> AG 4		••			Suikerbiet
<i>S. sclerotiorum</i>				•••	Vrijwel alle akkerbouwgewassen behalve suikerbiet en granen, koolachtigen zéér gevoelig
<i>T. basicola</i>		•••			Erwt, stamslaboon, veldboon, peen

7.2 Nematoden

Pratylenchus penetrans (gewone wortellesieaaltje)

Veel vlinderbloemige gewassen (erwt, boon, luzerne, klavers, soja) en daarnaast ook aardappel, uien, en mais zijn goede waardplanten voor *P. penetrans*. Veel andere akkerbouw- en groentegewassen zijn matige tot goed waard voor deze aaltjessoort.

Lupine lijkt ook een goede waard voor *P. penetrans* en is op besmette percelen een ongunstige voorvrucht voor *P. penetrans* gevoelige gewassen zoals aardappel, ui, erwt, peen, schorseneer, cichorei en lelie.

Bijkomend probleem is dat veel vlinderbloemigen ook waard zijn voor *Verticillium dahliae*, de bodemschimmel die onder andere de verwelkingsziekte bij aardappel veroorzaakt (lupine lijkt een vrij slechte waard te zijn voor *V. dahliae*). De combinatie met *P. penetrans* versterkt de aantasting van *V. dahliae*.

Lupine lijkt vrij schadegevoelig voor *P. penetrans*. Het risico op schade is groot als lupine wordt geteeld na een voor *P. penetrans* goede waardgewassen zoals aardappel, uien en mais.

Omdat veel akkerbouw- en vollegrondsgroente gewassen matige tot goede waard zijn voor *P. penetrans* is het in algemene zin lastig om deze aaltjessoort door gewasrotatie goed te beheersen. 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 voor meerdere jaren sterk terug te dringen, wat de teelt van gevoelige gewassen voor meerdere jaren weer mogelijk maakt.

Pratylenchus crenatus (graanwortellesieaaltje)

Zowel breedbladige (witte) als smalbladige (blauwe) lupine lijken een vrij goede waard voor het graanwortellesieaaltje. Deze wortellesieaaltjessoort komt vrij algemeen voor op de zandgronden maar veroorzaakt in het algemeen weinig problemen. Veel gewassen zijn niet of maar zeer weinig gevoelig voor *P. crenatus*. Granen, en met name gerst, zijn in combinatie met een lage pH, schadegevoelig voor hoge aantallen *P. crenatus*. Op percelen met een te lage pH en een besmetting met *P. crenatus* is lupine een ongunstige voorvrucht voor graangewassen.

Pratylenchus neglectus (bietenwortellesieaaltje)

Het bietenwortellesieaaltje is één van de meest voorkomende wortellesieaaltjessoorten op zand- en zavelgronden. Er is echter weinig bekend over de vermeerdering en schadegevoeligheid van gewassen voor deze aaltjessoort. Smalbladige (blauwe) lupine lijkt een niet of zeer slechte waard voor *P. neglectus*. Deze aaltjessoort wordt echter zelden in verband gebracht met schade in gewassen. De indruk is dan ook dat deze aaltjessoort weinig schade veroorzaakt in de belangrijkste akkerbouw- en groentegewassen. Voor gewassen die wel gevoelig zijn voor *P. neglectus* is smalbladige lupine een gunstige voorvrucht.

Meloidogyne chitwoodi (maïswortelknobbelaaltje)

Lupine is een waard voor *M. chitwoodi*. Hoe sterk *M. chitwoodi* zich kan vermeerderen op lupine (waardplantstatus) is onduidelijk. Er lijken grote rasverschillen te bestaan. Ook van andere vlinderbloemigen (wikke, luzerne, veld/tuinboon, zie www.aaltjesschema.nl) is bekend dat er soms grote verschillen zijn tussen rassen in de mate waarin *M. chitwoodi* wordt vermeerderd. Het is belangrijk om (mogelijke) rasverschillen te kennen. Een vatbaar ras vormt een risico voor een volgteelt van een gevoelig gewas. Terwijl de teelt van een resistent ras een volgteelt van een gevoelig gewas als aardappel en peen juist weer mogelijk maakt.

Op besmette percelen, zijn gewassen/rassen die een matige tot goede waard voor *M. chitwoodi* zijn een ongunstige voorvrucht voor *M. chitwoodi* gevoelige gewassen als aardappel, peen, schorseneer en gladiool. Suikerbiet en spinazie zijn matig gevoelig en granen weinig gevoelig voor *M. chitwoodi*.

Een weinig tot niet vatbaar ras zou een welkome aanvulling zijn op het vrij beperkt aantal mogelijkheden (gewassen), om door middel van een goed gekozen gewasrotatie *M. chitwoodi* te beheersen.

Meloidogyne fallax (bedrieglijk maïswortelknobbelaaltje)

Er is weinig tot geen betrouwbare informatie gevonden over de waardplantstatus en schadegevoeligheid van lupine voor *M. fallax*. Ondanks dat *M. fallax* en *M. chitwoodi* zeer verwante soorten zijn en veel dezelfde waardgewassen hebben kan de kennis van *M. chitwoodi* niet zomaar worden doorvertaald naar *M. fallax*. Zo is bijvoorbeeld suikerbiet een slechte waard voor *M. chitwoodi* maar een zeer goede waard voor *M. fallax*. Stamslaboon staat juist bekend als een niet-waard voor *M. fallax* maar er zijn stamslaboonrassen die *M. chitwoodi* wel vermeerderen. Indien lupine een goede waard is voor *M. fallax*, dan is dit gewas een ongunstige voorvrucht voor gevoelige gewassen als aardappel, peen, schorseneer, erwt en gladiool. Suikerbiet is matig gevoelig.

Meloidogyne hapla (Het noordelijk wortelknobbelaaltje)

Evenals op veel andere vlinderbloemige gewassen (erwt, stamslaboon, veld- en tuinboon en luzerne) lijkt *M. hapla* zich ook op lupine sterk te kunnen vermeerderen en is daarmee een ongunstige voorvrucht voor de zeer schadegevoelige penvormende gewassen peen, schorseneer en witlof. Al bij lage dichtheden van *M. hapla* kan in deze gewassen kwaliteitsschade (vertakking van de pen) ontstaan. Ook zaaiuien zijn vrij gevoelig voor *M. hapla*. Erwt en stamslaboon zijn eveneens vrij schadegevoelig maar deze vlinderbloemige zullen, in verband met andere bodemziekten, niet na lupine worden geteeld. Aardappel, suikerbiet en cichorei zijn matig gevoelig en is er een risico op (onacceptabele) schade als deze gewassen na een voor *M. hapla* goede waard worden geteeld. Monocotylen (grassen, granen en maïs) vermeerderen het aaltje niet en ondervinden ook geen schade van deze aaltjessoort. Monocotylen zijn dan ook belangrijke gewassen voor de beheersing van *M. hapla*. Er zijn geen gegevens gevonden over de schadegevoeligheid van lupine voor *M. hapla*. Bekend is dat een aantal vlinderbloemige, waaronder erwt en stamslabonen, vrij gevoelig zijn. Lupine is, op met *M.*

hapla besmette percelen, een ongunstige voorvrucht voor een gewas dat sterk door deze aaltjessoort wordt aangetast, zoals uien, erwten, peen en schorseneren. Aardappel, cichorei en biet zijn matig gevoelig voor *M. hapla*.

Meloidogyne naasi (Het graswortelknobbelaaltje)

Smalbladige (blauwe) lupine lijkt geen waard te zijn voor *M. naasi* (Gooris, 1974). Vooral zomergerst en zomertarwe kunnen op percelen met wat lagere pH te lijden hebben van het graswortelknobbelaaltje. De laatste jaren wordt er steeds vaker melding gemaakt van schade door *M. naasi* in zaaiuien en suikerbiet. Indien lupine daadwerkelijk geen waard blijkt te zijn voor *M. naasi*, is dit gewas een gunstige voorvrucht voor de *M. naasi*-gevoelige gewassen zaaiuien, suikerbiet en zomertarwe (en erwt).

Trichodorida

Voor de beheersing van Trichodoride 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. Lupine lijkt een goede waard voor *P. teres* en het tabaksratelvirus (veroorzaker van kringerigheid in aardappel, ratel in tulp en kartelrand in gladiool). Lupine is, bij de aanwezigheid van *P. teres*, daarom een slechte voorvrucht voor aardappel, een gewas dat gevoelig is voor zowel *P. teres* als TRV en de bolgewassen tulp en gladiool. Maar ook voor penvormende gewassen als peen, schorseneren en witlof waarbij *P. teres* kwaliteitsschade (vertakking van de pen) kan veroorzaken.

Stengelaaltje (Ditylenchus dipsaci).

Binnen de stengelaaltjes komen verschillende rassen voor elk met een eigen waardplantenreeks.

Morfologisch zijn de rassen op dit moment niet van elkaar te onderscheiden.

Het haver-stengelaaltjesras lijkt schadelijk voor witte lupine maar lijkt zich maar slecht op witte lupine te kunnen vermeerderen. Smalbladige (blauwe) lupine lijkt niet schadegevoelig en geen waard te zijn voor dit stengelaaltjesras. De informatie hierover beperkt zich echter tot één publicatie. Over waardplantstatus en schadegevoeligheid van lupine voor andere stengelaaltjesrassen is niets bekend.

Suikerbiet, uien, luzerne en ook een aantal bolgewassen waaronder tulp zijn erg gevoelig voor stengelaaltjes. Aardappel, peen, mais, haver, rogge, erwt, veld/tuinbonen en spinazie zijn matig gevoelig. De lange overleving en de moeilijkheden bij de identificatie van het ras maken een goede advisering op het gebied van vruchtwisseling onmogelijk. Het enige advies dat nu in geval van besmetting wordt gegeven is geen vlinderbloemigen meer te telen en ook met schadegevoelige gewassen als uien en suikerbiet weg te blijven.

Destructor-aaltje (Ditylenchus destructor)

Lupine lijkt een (zeer) slechte waard voor *D. destructor*. Rode en witte klaver staan bekend als goede waard voor deze aaltjessoort. Naast aardappel zijn kleinbloemige gladiolen en hardschalige tulp gevoelig en ook waard voor *D. destructor*. De laatste jaren zijn er echter weinig tot geen problemen gemeld met deze aaltjessoort. In een akkerbouwrotatie is alleen aardappel een redelijke waardplant voor het destructoraaltje. Op percelen met een *D. destructor*- besmetting zou lupine, als het gewas daadwerkelijk een slechte waard is voor *D. destructor*, een goede voorvrucht zijn voor aardappel, gladiool en tulp.

Witte- en gele bietencysteaaltje (Heterodera schachtii, H. betae)

Het gele bietencysteaaltje geeft vooral op zandgronden problemen. Het komt in vergelijking met het witte bietencysteaaltjes (dat overal in Nederland voorkomt) veel minder vaak op zandgronden voor.

Het witte bietencysteaaltje is naast biet (suiker- voeder- en rode bieten) ook schadelijk voor spinazie. Het gele bietencysteaaltjes is daarnaast 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. Het gaat hier om stamslaboon, veldboon, wikke en enkele klavers zijn waard voor het gele bietencysteaaltje. Erwt wordt wel aangetast maar de gele bietencysteaaltjes vermeerderen er niet op.

Het witte bietencysteaaltje lijkt zich niet te kunnen vermeerderen op breedbladige (witte) lupine. Door teelt van breedbladige lupine zal de besmetting, door de natuurlijke sterfte, afnemen. Smalbladige (blauwe) lupine lijkt wel een waard te zijn voor het witte bietencysteaaltje. Algemeen werd aangenomen dat witte bietencysteaaltjes zich niet op vlinderbloemigen vermeerderen. Op besmette percelen is smalbladige lupine een slechte voorvrucht voor suikerbiet en spinazie.

Gele lupine lijkt geen waard voor het gele bietencysteeltje. Er is geen informatie gevonden over de vermeerdering van het gele bietencysteeltje op breedbladige en smalbladige lupine. Kennis over de vermeerdering van het gele bietencysteeltjes op witte lupine is noodzakelijk om het risico op schade in suikerbiet of spinazie, na de teelt van lupine, in te kunnen schatten. Ook erwten, veldbonen en stamslabonen zijn vrij gevoelig voor het gele bietencysteeltje maar deze gewassen zullen, vanwege problemen met andere bodemziekten, niet in een nauwe rotatie met lupine worden geteeld.

In tabel 3 staat een overzicht van de verzamelde informatie over de waardplantstatus van lupine-soorten voor een aantal belangrijke plantparasitaire aaltjessoorten. In figuur 4 is de schadegevoeligheid en de waardplantstatus van lupine weergegeven zoals deze momenteel via www.aaltjesschema.nl/www.best4soil.eu beschikbaar is.

Tabel 3 Overzicht waardplantstatus van lupine-soorten voor plantparasitaire nematoden (op basis van literatuuronderzoek).

Aaltjessoort	Witte lupine	Blauwe lupine	Gele lupine	Lupine (soort onbekend)	Gevoelige gewassen
<i>H. schachtii</i>	-	waard	?		biet, spinazie
<i>H. betae</i>	?	?	-		biet, spinazie, erwt, stamslaboon, tuin/veldboon, gladiool
<i>H. goettingiana</i>	-	?	?		erwt
<i>M. chitwoodi</i>	Waard (R?)	Waard (R?)	?		aardappel, peen, schorseneer, gladiool, suikerbiet erwt, spinazie
<i>M. fallax</i>	?	?	?		Aardappel, peen, schorseneer, gladiool, suikerbiet erwt
<i>M. hapla</i>	O O O (R?)	O O O (R?)	O O O (R?)		aardappel, suikerbiet ui, erwt, peen, schorseneer, witlof, cichorei, luzerne
<i>M. naasi</i>	?	-	?		zomertarwe, zomergerst, ui, suikerbiet, engels- en Italiaans raaigras
<i>P. penetrans</i>	O O O	O O O	O O O		aardappel, cichorei, ui, erwt, peen, schorseneer, mais, stamslaboon, lelie
<i>P. neglectus</i>	-	-		?	???
<i>P. crenatus</i>	O O O	O O O	?		granen op percelen met lage pH
<i>P. teres</i>				O O O	aardappel, witlof, suikerbiet, peen, schorseneer, erwt, bonen, prei, mais
<i>P. pachydermus</i>	?	?	?		Zie <i>P.teres</i>
<i>T. similis</i>	?	?	?		Zie <i>P.teres</i>
TRV	?	?	?	O O O	aardappel, tulp, gladiool
<i>D. dipsaci</i>	?#	?#	O O O (rogge-ras)		suikerbiet, ui, tulp, luzerne, meerdere andere gewassen afhankelijk van het stengelaaltjesras

?=onbekend, - =geen waard, "waard"= aaltjessoort kan zich vermeerderen maar hoe sterk is onbekend, O O O = lijkt goede waard, (R?)= mogelijk bestaan er rasverschillen

het haver(stengelaaltjes)ras lijkt zich niet of maar zeer slecht te kunnen vermeerderen, informatie over andere stengelaaltjesrassen ontbreekt

Klik op een vakje voor achtergrondinformatie over de gewas-aaltje combinatie

	Cysteaaltjes		Wortelknobbelaaltjes				Worteltesieaaltjes			Stengelaaltjes		Vrijlevende wortelaaltjes			Virussen
	<i>Heterodera betae</i> Geel bietencysteaaltjes	<i>Heterodera schachtii</i> Witte bietencysteaaltje	<i>Meloidogyne chitwoodi</i> Maïswortelknobbelaaltje	<i>Meloidogyne fallax</i> Bedrieglijk maïswortelknobbelaaltje	<i>Meloidogyne hapla</i> Noordelijk wortelknobbelaaltje	<i>Meloidogyne naasi</i> Graswortelknobbelaaltje	<i>Pratylenchus crenatus</i> Graanworteltesieaaltje	<i>Pratylenchus neglectus</i> Bietenworteltesieaaltje	<i>Pratylenchus penetrans</i> Worteltesieaaltje	<i>Ditylenchus destructor</i> Destructoraaltje	<i>Ditylenchus dipsaci</i> Stengelaaltje	<i>Paratrichodorus pachydermus</i> Paratrichodorus pachydermus	<i>Paratrichodorus teres</i> Paratrichodorus teres	<i>Trichodorus similis</i> Trichodorus similis	<i>Tabaksrattelvirus</i> Tabaksrattelvirus
	Z D	Z D ZV K	Z D	Z	Z D	Z D ZV	Z D ZV	Z D ZV K	Z D ZV	Z D ZV K	Z D ZV K	Z D ZV	Z D ZV	Z D ZV	Z D ZV
Lupine br	?	?	?	?	●●●	?	?	?	●●● i	?	?	? i	●●●	? i	●●●

© 2023. Dit aaltjesschema is een product van Wageningen University & Research | Open Teelten, Lelystad

Figuur 4 Huidige, in aaltjesschema (www.best4soil.eu) beschikbare informatie over de waardplantstatus en schadegevoeligheid van lupine voor een aantal belangrijke plantparasitaire nematoden (legenda's; zie figuur 2).

8 Aandachtspunten teelt lupine in Zuidoostelijk zandgebied

Bij het introduceren van lupine in het Zuidoostelijk bouwplan dient rekening te worden gehouden met diverse soorten bodemschimmels en aaltjes. Of deze voor schade kunnen zorgen aan enerzijds de lupine zelf of aan een volggewas hangt sterk af van de overige gewassen in het bouwplan en de plaats in de vruchtwisseling van lupine ten opzichte van deze andere gewassen. En natuurlijk of de betreffende aaltjes en/of schimmels op het betreffende perceel voorkomen. Belangrijk is het daarom om een bodemanalyse te laten doen op de aanwezigheid van aaltjes (diverse commerciële laboratoria) en bodemschimmels (DNA-multiscan). Hieronder zijn de belangrijkste conclusies weergegeven over bodemschimmels en plantparasitaire aaltjes die in het Zuidoostelijk zandgebied voorkomen.

8.1 Bodemschimmels

Op basis van het verrichte literatuuronderzoek heeft lupine last van in ieder geval een deel van de schimmels/oömyceten die het 'voet- en wortelrotcomplex' van vlinderbloemigen veroorzaken, te weten *S. sclerotiorum*, *R. solani* AG 2-2, *T. basicola* en *F. solani*. Opvallend hierbij is dat, anders dan andere vlinderbloemigen als erwt (*Pisum sativum*), stamslaboon (*Phaseolus vulgaris*) en veldboon (*Vicia faba*), lupine ongevoelig lijkt voor *A. euteiches*, welke in andere vlinderbloemigen juist zeer schadelijk is. Hier staat tegenover dat lupine veel meer schade kan ondervinden van *F. avenaceum*, die in andere vlinderbloemigen dan weer veel minder een rol speelt.

De meest schadelijke bodemschimmels zijn *S. sclerotiorum*, *T. basicola*, en *F. avenaceum*, schimmels met een brede tot zeer brede waardplantstatus ofwel op planten zelf of op gewasresten. Het is hierdoor lastig om er qua gewasrotatie op te sturen. Specifiek gelet op het Zuidoostelijke bouwplan en zonder inachtnaam van plantparasitaire aaltjes is suikerbiet de meest gunstige voorvrucht (mits een *R. solani* resistent ras wordt geteeld). Vlinderbloemige of kruisbloemige groenbemesters moeten worden vermeden. Lupine zelf is een zeer slechte voorvrucht voor aardappels en vlinderbloemige gewassen. Ui is een betere volgvrucht dan granen, omdat deze teelt *S. sclerotiorum* en *T. basicola* niet vermeerdert en *F. avenaceum* minder vermeerdert dan granen.

8.2 Nematoden

***Pratylenchus penetrans* (Pp)**

* Lupine is een waard en lijkt schadegevoelig.

* Lupine niet als voorvrucht telen voor Pp-gevoelige gewassen zoals aardappel, ui, peen, schorseneer, cichorei en lelie.

* Lupine niet telen na goede waardgewassen als mais, aardappel, zaaiuien, rogge, haver en lelie.

--> Advies: Tagetes opnemen in rotatie om *P. penetrans* te beheersen

***Meloidogyne chitwoodi* (Mc)**

* Lupine is een waard voor Mc maar er lijken grote rasverschillen in waardplantstatus (resistentie); dit biedt mogelijkheden in de rotatie om Mc te beheersen en gevoelige gewassen te telen.

* Een vatbaar lupine-ras is een ongunstige voorvrucht voor aardappel, peen, schorseneer en gladiool.

Suikerbiet en spinazie zijn matig gevoelig.

--> Onderzoek naar rasverschillen bij lupine is noodzakelijk.

***Meloidogyne fallax* (Mf)**

* Betrouwbare informatie over waardplantgeschiktheid en schadegevoeligheid ontbreken.

Trichodoriden

* Lupine lijkt een goede waard voor *P. teres* en het TabaksRatelVirus en is daarmee een slechte voorvrucht voor aardappel, peen, schorseneer en witlof; en in verband met TRV ook voor tulp en gladiool. Onduidelijk is echter welke soort of soorten gevoelig en/of waard zijn voor *P. teres*.

* Informatie over waardplantgeschiktheid en schadegevoeligheid van lupine voor *P. pachydermus* en *T. similis* (twee voor zuidoost Nederland belangrijke soorten) ontbreekt. Laat bij twijfel een bodemanalyse uitvoeren na de teelt van lupine. Onderzoek naar de waardplantstatus voor deze twee aaltjessoorten is noodzakelijk.

***Ditylenchus dipsaci* (Dd)**

* Het is niet bekend of en zo ja welke stengelaaltjesrassen zich op breedbladige (witte)- en smalbladige (blauwe) lupine kunnen vermeerderen en/of schadelijk zijn. Omdat veel vlinderbloemigen waard zijn voor stengelaaltjes is het advies om op besmette percelen geen vlinderbloemigen meer te telen en ook met schadegevoelige gewassen als uien en suikerbiet weg te blijven.

***Bietencysteaaaltjes* (BCA)**

* Breedbladige (witte) lupine lijkt een niet-waard voor witte BCA; de waardplantgeschiktheid van breedbladige lupine voor het gele BCA is niet bekend. Kennis over de vermeerdering van het gele bietencysteaaaltjes op breedbladige lupine is noodzakelijk om het risico op schade in suikerbiet of spinazie, na de teelt van lupine, in te kunnen schatten.

* Smalbladige (blauwe) lupine lijkt een waard voor het witte BCA en daarmee een ongunstige voorvrucht voor suikerbiet en spinazie. Waardplantgeschiktheid van blauwe lupine voor het gele BCA is niet bekend.

Over de schadegevoeligheid van lupine voor de verschillende plantparasitaire aaltjes is, met uitzondering van *P. penetrans*, geen informatie gevonden.

Literatuur

- Basson e.a. (1990) An evaluation of crop plants as hostst for Ditylenchus destructor isolated from peanut, *Nematropica*, Vol. 20, No1, p23- 29.
- Bateman, G. (1997). Pathogenicity of fungi associated with winter loss and injury in white lupin. *Plant Pathology*, 46(2), 157-167.
- Boland, G., & Hall, R. (1994). Index of plant hosts of Sclerotinia sclerotiorum. *Canadian Journal of Plant Pathology*, 16(2), 93-108.
- Chang, K. F., Hwang, S. F., Gossen, B. D., Howard, R. J., Lopetinsky, K., & Olson, M. (2005). First Report of Rhizoctonia solani AG-4 and AG-2-2 on *Lupinus angustifolius* in Canada. *Plant Disease*, 89(6), 685.
- Gould Jr, C. J. (1939). Diseases of cultivated Lupines. Paper presented at the *Proceedings of the Iowa Academy of Science*.
- Holtz, M., Chang, K., Hwang, S., Gossen, B., & Strelkov, S. (2013). Characterization of Fusarium spp. associated with lupin in central Alberta, Canada. *Canadian Journal of Plant Pathology*, 35(1), 56-67.
- Huiskamp, T., & Lamers, J. G. (1992). *Teeltfrequentie-effecten bij erwten, veldbonen, bruine bonen, snijmais, vlas en zaaiuien= Cropping frequency experiments with peas, field beans, kidney beans, forage maize, flax and onions*.
- Hwang, S., Chang, K., Strelkov, S., Gossen, B., & Howard, R. (2014). The impact of Fusarium avenaceum on lupin production on the Canadian prairies. *Canadian Journal of Plant Pathology*, 36(3), 291-299.
- Kalis-Kuznia, R. A., Stewart, E. L., & Meronuck, R. A. (1991). First record and notes on Pleiochaeta setosa in Minnesota. *Mycologia*, 83(6), 826-828.
- Kaufmann, K., Thalmann, R., Pfeffer, H., Schachler, B., & Struck, C. (2011). *Resistance tests for soil-borne fungal diseases in narrow-leaved lupin (Lupinus angustifolius L.)*. Paper presented at the Lupin crops: an opportunity for today, a promise for the future. Proceedings of the 13th International Lupin Conference, Poznań, Poland, 6-10 June 2011.
- Kiselev, A., San Clemente, H., Camborde, L., Dumas, B., & Gaulin, E. (2022). A comprehensive assessment of the secretome responsible for host adaptation of the legume root pathogen Aphanomyces euteiches. *Journal of Fungi*, 8(1), 88.
- Kraft, J., Haware, M., Halila, H., Sweetingham, M., & Bayaa, B. (2000). Soilborne diseases and their control. Paper presented at the Linking Research and Marketing Opportunities for Pulses in the 21st Century: *Proceedings of the Third International Food Legumes Research Conference*.
- Mosma, S., & Struck, C. (2013). Studies on penetration, infection and colonization of lupin roots infected by Thielaviopsis basicola. *Science Research Reporter*, 3, 97-101.
- Mousavi-Derazmahalleh, M., Chang, S., Thomas, G., Derbyshire, M., Bayer, P. E., Edwards, D., . . . Clements, J. (2019). Prediction of pathogenicity genes involved in adaptation to a lupin host in the fungal pathogens Botrytis cinerea and Sclerotinia sclerotiorum via comparative genomics. *BMC genomics*, 20, 1-11.
- Oyarzun, P. J. (1994). Root rot peas in the Netherlands: fungal pathogens, inoculum potential and soil receptivity: Wageningen University and Research.
- Salleh, B., & Owen, H. (1983). Resistance of white lupin (*Lupinus albus*) cultivars to wilt caused by *Fusarium oxysporum* f. sp. *lupini*. *Journal of Phytopathology*, 107(1), 70-80.

Schulte, H. (1950). Studies on the role of *Pythium* species as agents of Lupin foot rot. II. Results of inoculation experiments. *Phytopathologische Zeitschrift*, 17(2), 200-214 pp.

Tewoldemedhin, Y., Lamprecht, S., McLeod, A., & Mazzola, M. (2006). Characterization of *Rhizoctonia* spp. recovered from crop plants used in rotational cropping systems in the Western Cape province of South Africa. *Plant Disease*, 90(11), 1399-1406.

Tivoli, B., & Banniza, S. (2007). Comparison of the epidemiology of ascochyta blights on grain legumes: Springer.

van Dijk, W., Brinkman, P., Bijker, J., Verstand, D., Stienezen, M., Zom, R., . . . Jager, J. (2020). Effecten van klimaatverandering, eiwittransitie en gezamenlijk grondgebruik op akkerbouw-en melkveebedrijven.

Weimer, J. (1944). Some root rots and a foot rot of lupines in the southeastern part of the United States. *Journal of Agricultural Research*, 68(12).

www.nemaplex.ucdavis.edu/Nemabase2010/PlantHostStatusDDResult.aspx?PgenusPspec=Lupinus%20albus%20L

www.aaltjeschema.nl

www.best4soil.com

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

Rapport WPR-OT 1038

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.
