
Onderzoek naar de ecologie en de bestrijdingsmogelijkheden van de wortelvlieg, *Psila rosae*

In samenwerking met LTO-Ruimte voor Groenten

Werkgroep Insectenbeheersing

Uitgevoerd door: F. Pereboom
Opleiding: Tuin- en Akkerbouw aan Agrarische Hogeschool Larenstein Deventer
Afstudeerrichting: International Horticulture and Marketing
Periode: Maart – Augustus

Uitgevoerd in opdracht van het project ' Ruimte voor Groenten'

Het project Ruimte voor Groenten werkt aan een geïntegreerde gewasbescherming en teeltwijze in de vollegrondsgroenteteelt. Lopende initiatieven en inspanningen op dit gebied worden gebundeld binnen Ruimte voor Groenten. Bij het project zijn zowel telers als deskundigen betrokken. Ruimte voor Groenten wordt gefinancierd door het Productschap Tuinbouw en initiatiefnemer LTO Nederland, en ontvangt een bijdrage van de Hagelunie.

PPO projectnummer 520396

Voorwoord

Dit rapport is geschreven door Freek Pereboom in opdracht van het project 'Ruimte voor Groenten' voor de werkgroep Insectenbeheersing. Het betreft een literatuurstudie naar de ecologie en de bestrijdingsmogelijkheden van de wortelvlieg, *Psila rosae*. Het onderzoek, waarvan het rapport nu voor u ligt, is uitgevoerd in kader van mijn afstudeeropdracht voor de opleiding Tuin- en Akkerbouw aan de Agrarische Hogeschool Larenstein Deventer

Langs deze weg zou ik graag een aantal mensen willen bedanken. Ten eerste zijn dit Dhr. G. van Kruistum en Dhr. H. Versluis van PPO Lelystad bedanken voor de begeleiding tijdens het uitvoeren van de literatuurstudie en voor de nuttige tips en informatie die ze mij hebben aangedragen. Vanuit Larenstein wil ik Dhr. Hoekstra bedanken voor de begeleiding tijdens mijn afstuderen

De mensen van de Werkgroep Insectenbeheersing wil ik bedanken voor de nuttige opmerkingen die ik van hun heb gekregen tijdens het bijwonen van een aantal vergaderingen.

Mevr. F. Wubben, bibliothecaresse bij PPO Lelystad wil ik bedanken voor het aanvragen van allerlei documenten die ik nodig had voor mijn literatuurstudie.

Dr. E. Städler wil ik bedanken voor het opsturen van eieren van de wortelvlieg vanuit Zwitserland.

Tot slot wil ik mijn ouders en vriendin bedanken voor hun steun tijdens mijn afstudeerperiode.

Eesveen, 16 augustus 2004

Inhoudsopgave

Voorwoord	5
Samenvatting.....	9
Inleiding	14
1 Peen	15
1.1 Algemene informatie	15
1.2 Van zaad tot zaad in de teelt van fijne peen	16
1.3 Grond	18
1.4 Bemesting.....	20
1.5 Zaaien.....	21
2 Ziekten en plagen	22
2.1 Schimmels	22
2.2 Bacteriën	24
2.3 Aaltjes.....	25
2.4 Insecten en overige plagen	27
2.4.1 Insecten.....	27
2.4.2 Overige plagen	29
3 De wortelvlieg	31
3.1 Inleiding	31
3.2 Levenscyclus wortelvlieg en beschrijving van de ontwikkelingsstadia	32
3.2.1 Levenscyclus van ei tot volwassen vlieg.....	32
3.2.2 Verschillende ontwikkelingsstadia.....	35
3.3 Waardplanten van de wortelvlieg	40
3.4 Schade van de wortelvlieg	41
3.4.1 Jong gewas.....	41
3.4.2 Ouder gewas.....	42
4 Bestrijding van de wortelvlieg	44
4.1 Chemische bestrijding	44
4.1.1 Zaadcoating	44
4.1.2 Bestrijdingsmiddelen.....	45
4.2 Geleide bestrijding	46
4.2.1 Vluchtverschijning wortelvlieg.....	46

4.2.2	Geleide bestrijding met behulp van de plakval	47
4.3	Beheersmethoden van de wortelvlieg.....	48
4.3.1	Cultuurmaatregelen.....	48
4.3.2	Mengteelten	50
4.3.3	Barrières.....	52
4.4	Biologische bestrijding	53
4.4.1	Natuurlijke vijanden	53
4.4.2	Commercieel beschikbare belagers van de wortelvlieg	55
5	Beheersmethoden vergelijkbare plagen als van de wortelvlieg	59
5.1	Koolvlieg	59
5.1.1	Inleiding	59
5.1.2	Cultuurmaatregelen.....	60
5.1.3	Mengteelt.....	61
5.1.4	Overige beheersmethoden.....	62
5.2	Uievlieg	63
5.2.1	Inleiding	63
5.2.2	Cultuurmaatregelen.....	63
5.2.3	Mengteelt.....	64
5.2.4	Steriele insectentechniek.....	64
6	Eigen onderzoek, kweek van de wortelvlieg	65
6.1	Inleiding	65
6.2	Materiaal en methode.....	65
6.3	Ovipositie	67
6.4	Voedsel wortelvliegen.....	68
7	Resultaten en discussie.....	70
7.1	Betekenis van proefresultaten eigen onderzoek	70
7.2	Naar een meer effectieve controle van de wortelvlieg	71
7.3	Controle vergelijkbare plagen van de wortelvlieg.....	73
8	Enkele conclusies en aanbevelingen.....	75
	Referenties.....	76
	Geraadpleegde internetsites	82
	Bijlage 1. Poster demodag gewasbescherming.....	83

Bijlage 2 Oppervlak en productie groenten open teelt.....	84
Bijlage 3 Werkplan afstudeeropdracht.....	86

Samenvatting

Peen of wortel, *Daucus carota*, behoort tot de familie der schermbloemigen, *Umbelliferae*. Nauw verwant aan de peen is pastinaak, terwijl ook selderij, peterselie, knolvenkel en knolselderij tot de familie van schermbloemigen behoren.

Er zijn verschillende typen peen te onderscheiden namelijk:

- Fijne peen, waspeen
- Grove peen, winterpeen
- Parijse peen, hoofdzakelijk voor de industrie
- Bospeen

De belangrijkste ziekten en plagen die voorkomen in de teelt van peen zijn onder te verdelen in de groepen schimmels, bacteriën, aaltjes, insecten en overige plagen. Één van de belangrijkste plagen in de teelt van peen is de wortelvlieg, *Psila rosae*.

De wortelvlieg, *Psila rosae*, behoort tot de familie van de roestvliegen, *Psilidae* en de orde van de tweevleugeligen, *Diptera*. De wortelvlieg komt voor in de gematigde streken van het noordelijk halfrond, maar ook wel in sommige subtropische streken.

De wortelvlieg kan schade veroorzaken in vele soorten behorend tot de familie van schermbloemigen, *Umbelliferae*. Tot deze familie behoren onder andere knolselderij, snijselderij, peterselie en peen.

Uit deze familie zijn ook enkele wilde varianten die waardplant zijn van de wortelvlieg. Dit zijn onder andere berenklauw, zevenblad, karwij, dille, venkel en koriander

Er zijn twee tot drie vluchten per jaar te onderscheiden waarbij de eerste vlucht ongeveer in mei – juni plaatsvindt, de tweede vanaf eind juli tot begin september en de derde vanaf begin september tot en met november.

De levenscyclus van de wortelvlieg, *Psila rosae*, bestaat uit 6 verschillende stadia, namelijk een eistadium, 3 larve stadia, het popstadium en het imago

Na het uit de pop komen, vliegt de wortelvlieg richting hoge bomen en opgaand struikgewas in de naaste omgeving. Hier zoekt de wortelvlieg schaduw en bescherming tegen de wind. Ongeveer 1 -10 dagen na het uitkomen uit de pop legt de wortelvlieg eitjes. Na het herkennen van de waardplant, door op het blad te gaan zitten, rent de wortelvlieg langs de bladstelen naar beneden om de eieren af te zetten. De eieren worden

afgezet in of op de grond rondom de voet van de planten, afzonderlijk of in groepjes, ongeveer een halve centimeter onder de oppervlakte van de bodem. Het aantal dat per keer afgezet kan variëren tussen de 5 en 22 eieren.

Na het eistadium volgt het larve stadium. De wortelvlieg heeft drie larvale stadia. Deze stadia doorlopen twee verschillende fasen wat de voeding betreft.

In het eerste stadium tasten de L 1 larven de kleine zijwortels aan. In het tweede stadium beginnen de L 2 larven de penwortel aan te tasten. Toch blijven de larven ook in dit stadium de zijwortels aantasten.

In het derde stadium voeden de L 3 larven zich volledig met de penwortel. Voordat de L 3 larve zich gaat verpoppen kruipt deze uit de peen en in de grond. De laatste larvale huid verhardt geleidelijk tot een vrij stevig chitine pantser, dat de wand van het puparium vormt.

Na het doorlopen van het popstadium kruipt de volwassen wortelvlieg uit de pop.

Wortelvlieg is in peen en knolselderij een belangrijke bedreiging voor de opbrengst en voor de kwaliteit.

Het zijn de larven van de wortelvlieg die de schade, wormstekigheid, veroorzaken. De larven vreten gangen in de peen. Deze vraatgangen hebben een typische roestkleur, vandaar de naam carrot rust fly.

Nadat de vraatgangen in de wortel zijn gemaakt vormen deze een invalspoort voor secundaire aantasting zoals rot.

De bestrijding van de wortelvlieg is onder te verdelen in:

- Chemische bestrijding
- Geleide bestrijding
- Het toepassen van beheersmethoden
- Biologische bestrijding

Onder de chemische bestrijding valt de toepassing met zaadcoating en bestrijding met het middel dimethoaat.

Bij het toepassen van zaadcoating worden gewasbeschermingsmiddelen met lijm of polymeren op het zaaizaad aangebracht.

Het middel dat wordt gebruikt voor deze coating is Birlane met als werkzame stof chloorfenvinfos.

De coating maakt dat de vliegen van de eerste vlucht geen kans maken op de peen. Pas de vliegen van de tweede vlucht kunnen zich weer aan peen verlustigen, doordat dan het middel in de coating is uitgewerkt.

Geleide bestrijding kan het gebruik van bestrijdingsmiddelen terugdringen.

De geleide bestrijding gebeurt met behulp van gele plakvallen. Deze vallen zijn langs de onderzijde met lijm behandeld. De meeste wortelvliegen worden aan de onderzijde van de plakval gevangen.

Wekelijks worden de vallen verwisseld en gecontroleerd op de aanwezigheid van wortelvliegen. Afhankelijk van het aantal gevangen vliegen kan de teler besluiten om een bestrijding te gaan uitvoeren.

De drempelwaarde die oorspronkelijk werd ontwikkeld is bij de eerste vlucht 7 vliegen per val per week en voor de tweede vlucht 3,5 vliegen per val per week.

Een andere manier van bestrijding is het toepassen van beheersmethoden. Hierbij moet gedacht worden aan het toepassen van cultuurmaatregelen en mengteelten, het telen van een vanggewas, het toepassen van verticale barrières of gebruik maken van insectengaas.

Voorbeelden van cultuurmaatregelen zijn het aanpassen van zaai- en oogsttijdstip en het toepassen van een ruime vruchtwisseling van 1:4 of 1:5. Het beperken van groundbewerking tijdens de teelt verkleint de kans op wortelvliedschade. In open grond krijgt de wortelvlieg meer kans om haar eieren af te zetten.

Gewassen worden om uitlopende redenen gemengd geteeld. Eén van de redenen is om het hoofdgewas vrij te houden van plaaginsecten. Door het toepassen van mengteelt is de wortelvlieg minder goed in staat haar waardplant te vinden. Voorbeelden van enkele mengteelten zijn peen met klaver, peen met ui en peen met tuinbonen.

Gebaseerd op de biologie van de wortelvlieg kan men er voor kiezen een vanggewas rondom een perceel peen te planten. Wanneer dit vanggewas op het juiste moment wordt vernietigd dan kan men de levenscyclus van de wortelvlieg verstoren. Het vanggewas kan een ander attractief lid uit de familie van schermbloemigen zijn.

Door het toepassen van een levende verticale barrière, graan of *Miscanthus*, of een gazen/plastic scherm rondom het perceel wordt de wortelvlieg belemmerd het

peengewas in te vliegen.

Bij kleine percelen en in de amateur-tuinderij wordt gebruik gemaakt van insectengaas. Dit gaas wordt over het gewas aangebracht voordat de wortelvlieg actief wordt.

Op deze manier kun je er voor zorgen dat er geen eiafzet kan plaatsvinden.

De biologische bestrijding van de wortelvlieg kan onderverdeeld worden in natuurlijke vijanden en commercieel beschikbare belagers van de wortelvlieg.

De natuurlijke vijanden van de wortelvlieg zijn onder te verdelen in parasieten, roofvijanden en roofvliegen.

De twee belangrijkste parasieten van de wortelvlieg zijn *Chorebus gracilis* (Nees) en *Basalys tritoma* (Thomson). De belangrijkste roofvijanden van de wortelvliegen komen uit de familie van *Carabidae* en *Staphylinidae*. Dit zijn loopkevers en kortschildkevers. Er treden ook enkele roofvliegen als vijand van de wortelvlieg op. Een van de meest algemene voorkomende roofvliegen in ons land is een *Coryneta*-soort.

De commercieel beschikbare belagers van de wortelvlieg zijn onder te verdelen in schimmels, bacteriën en entomopathogene nematoden.

De belangrijkste schimmels zijn *Entomophthora muscae*, *Tolypocladium cylindrosporum* en *Beauveria bassiana*.

Een specifieke stam van de bacterie *Bacillus thuringiensis* is werkzaam tegen *Diptera*, de orde waartoe de wortelvlieg behoort. Het gaat hierbij om de stam *Bacillus thuringiensis subsp israelensis*.

Voor de zogenoemde entomopathogene nematoden gaat om *Heterorhabditis bacteriophora* en *Steinernema carpocapsae*.

Vergelijkbare plagen van de wortelvlieg zijn de koolvlieg, *Delia radicum*, en de uievlieg, *Delia antiqua*.

Beheersmethoden van de koolvlieg zijn het toepassen cultuurmaatregelen, het toepassen van mengteelt, het telen van een vanggewas tezamen met het hoofdgewas en het toepassen van insectengaas. Het insectengaas kan op twee manieren worden toegepast, als omheining of het gaas kan over het gewas worden aangebracht.

Beheersmethoden van de uievlieg zijn het toepassen van mengteelt en de steriele insectentechniek.

Bij deze techniek worden steriele uievliegen in het veld uitgezet. De meest wilde

uievliegenvrouwtjes paren vervolgens met een steriel mannetje, waardoor niet levensvatbare eieren worden afgezet.

Om schade van de wortelvlieg te beperken worden de volgende maatregelen vanuit de praktijk aangedragen

- Het toepassen van zaadcoating
- Geleide bestrijding met dimethoat
- Het toepassen van een ruime vruchtwisseling
- Het telen van resistente/tolerante variëteiten

Inleiding

In de teelt van peen en knolselderij vormt de wortelvlieg, *Psila rosae*, een belangrijke bedreiging voor de opbrengst en vooral voor de kwaliteit. Het zijn de larven van de wortelvliegen die de schade aanrichten. De larven maken vraatgangen in de peen. Het product van zowel gangbare als biologische productie kent een lage tolerantie voor schade door de wortelvlieg.

De wortelvlieg kan bestreden worden met behulp van zaadcoating of door middel van geleide bestrijding. Deze geleide bestrijding is geheel afhankelijk van het middel dimethoaat, dat na 2007 en mogelijk al eerder niet meer toegelaten is. Daarom moet gezocht worden naar alternatieve bestrijdingsmethoden.

De kennis over de wortelvlieg is onvoldoende om te zoeken naar deze alternatieve bestrijdingsmethoden.

Daarom wordt een inventarisatie gedaan naar de bestaande binnenlandse en buitenlandse kennis over de wortelvlieg door middel van het uitvoeren van een literatuurstudie.

In hoofdstuk 1 wordt de teelt van peen beschreven en in hoofdstuk 2 de ziekten en plagen die in deze teelt voorkomen. In hoofdstuk 3 wordt de wortelvlieg beschreven en in hoofdstuk 4 worden middelen ter bestrijding van de wortelvlieg. Hoofdstuk 5 gaat over de natuurlijke vijanden van de wortelvlieg. In hoofdstuk 6 worden de beheersmethoden van de wortelvlieg besproken en in hoofdstuk 7 de beheersmethoden van vergelijkbare plagen als van de wortelvlieg.

In het rapport wordt er vaak verwezen naar van 't Sant uit 1961. De levenswijze en de verschillende ontwikkelingsstadia van de wortelvlieg worden hierin duidelijk en goed beschreven. Ook andere bronnen die zijn geraadpleegd voor de literatuurstudie verwijzen vaak naar van 't Sant uit 1961.

De cijfers tussen haakjes (1 – 13) die in het rapport zijn weergegeven staan voor de internetsites die als bron zijn gebruikt.

1 Peen

1.1 Algemene informatie

De peen of wortel behoort tot de familie der schermbloemigen, *Umbelliferae*. Nauw verwant aan de peen is pastinaak, terwijl ook selderij, peterselie, knolvenkel en knolselderij tot de familie van schermbloemigen behoren.

De Latijnse naam van peen is *Daucus carota*, die voor alle cultuurvormen geldt. Naast de cultuurvorm komt in heel Europa en Azië ook de wilde wortel voor langs wegen en bermen.

Peen is een tweejarig gewas. In het eerste jaar wordt een wortel gevormd, in het tweede jaar gaat de wortel bloeien en zaad vormen. Bij een zeer vroege zaai in het voorjaar komt er gewoonlijk een klein percentage schieters (eenjarige planten) voor.

De wilde wortel is eenjarig. Er treedt gemakkelijk verbastering op met cultuurvormen. Vandaar dat dit kan betekenen dat er nogal wat afwijkende peen voorkomt.

Er zijn verschillende typen peen te onderscheiden namelijk:

- Fijne peen, waspeen
- Grove peen, winterpeen
- Parijse peen, hoofdzakelijk voor de industrie
- Bospeen

(Schoneveld, 1991)

Het areaal was- en bospeen in 2001 bedroeg 3100 ha en het areaal winterpeen 4500 ha. De productie van was- en bospeen in 2001 bedroeg 118 miljoen kg en de productie van winterpeen 260 miljoen kg (13). Voor meer informatie wordt verwezen naar bijlage 2. De bospeenteelt bevindt zich voornamelijk op zand in het zuiden van Nederland. De grove peen bevindt zich vooral op de iets lichtere zavelgrond in de Flevopolder, Wieringemeer, het noorden van Groningen en Friesland en in het zuidwesten van het land. De waspeenteelt bevindt zich vooral op de zandgronden. De teelt van Parijse peen vindt in de Flevopolder, het noordoostelijke zandgebied en in Drenthe plaats.

1.2 Van zaad tot zaad in de teelt van fijne peen

Zie ook voor deze sectie (1.2) Schoneveld, 1991.

Algemeen

Er wordt gezaaid in de eerste helft van mei. De kiemingsfase duurt gemiddeld negen dagen. Het hypocotyl bevindt zich dan net onder de oppervlakte.

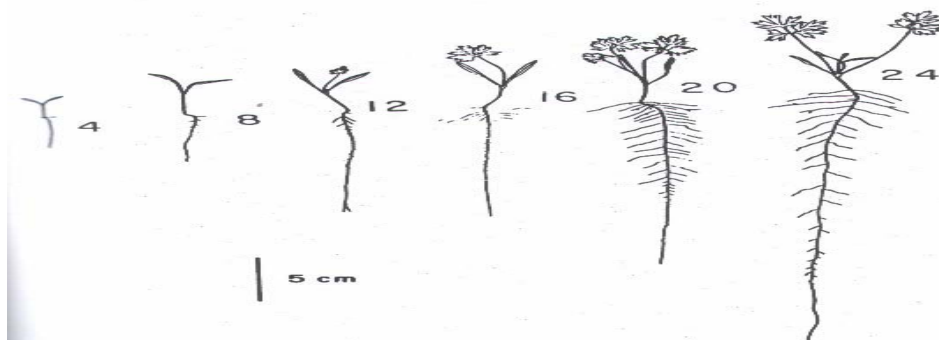
Na elf dagen is de plant opgekomen en zijn de eerste gevouwen blaadjes zichtbaar.

Tussen de vijftiende en achttiende dag is 80% van de opkomst gerealiseerd. De totale opkomstperiode kan circa drie weken duren.

Het vormen van nieuwe bladeren gaat door tot diep in de herfst en zij vormen samen een rozet. De eerste vier bladeren ontwikkelen zich snel, gemiddeld 4,5 dag per blad. Daarna vertraagt dit tot gemiddeld 15 dagen. Na afbreken van of vraat aan een blad splitst zich snel een nieuw blad af.

Wortelontwikkeling

Nadat de zaadhuid is opengebarsten, groeit de hoofdwortel recht naar beneden. Er vormen zich tevens haarwortels. De periode dat bij 10-90% van de planten de wortel zich verdikt, duurt afhankelijk van de temperatuur acht tot zestien dagen. Bij toenemende verdikking scheurt de epidermis open en vormt zich de peridermis, de nieuwe doorschijnende huid van de oranje kleurende peen. De door het blad gevormde koolhydraten worden in toenemende mate naar het opslagorgaan gevoerd, zodat circa 48 dagen na het zaaien een stabiel peil wordt bereikt in voor fijne peen circa 80% naar de wortel en 20% naar het blad. In deze periode vertraagt de bladaanleg. De wortelgroei is de eerste 14 dagen (39-53 dagen na het zaaien) exponentieel om vervolgens lineair toe te nemen tot eind augustus, begin september wanneer de productie afneemt. Enerzijds door de lagere straling, anderzijds door de mindere hoeveelheid groen blad.



Figuur 1: Ontwikkeling van blad en wortelstelsel gedurende de eerste 24 dagen na zaaien bij 24°C en 12 uur daglengte

Hergroei

In het tweede groei-jaar komt de wortel na koele bewaring in koelhuis of op het veld (overwinteringsteelt) in de generatieve fase. Dit kan ook reeds in het eerste groei-jaar bij een zeer vroege zaai. Peen kent een jeugdfase. De aanleg van de bloeiwijze kan pas beginnen na een bepaalde plantgrootte (8 bladeren), bij temperaturen tussen 0 en 10°C met een optimum van 2-6°C voor de duur van 5 – 12 weken.

Bloeiwijze

De bloeiwijze is een samengesteld scherm; een dergelijke bloeiwijze is opgebouwd uit meerdere kleine schermpjes. De afzonderlijke bloemen zijn gesteeld, klein en regelmatig van vorm, meerzijdig symmetrisch. De kelk is vijftienig en nauwelijks zichtbaar. Een scherm heeft een veelbladig omwindsel. De bloemen zijn wit met soms enkele paarsrode ertussen. De bloei van de hoofdstengel begint in juni. Na twee tot drie weken komen de schermen van de zijtakken tot bloei. De bloei van een scherm duurt vijf tot twaalf dagen. Evenals bij anderen schermbloemigen kunnen de bloemen tweeslachtig of zuiver mannelijk zijn. Het tweeslachtige bloempje heeft vijf meeldraden en een stamper. De bestuiving wordt voornamelijk verzorgd door insecten, vandaar de aanwezigheid van nectarklieren. De nectarproductie is afhankelijk van de temperatuur, beneden 12 tot 13°C is er geen nectarproductie en is de belangstelling van insecten gering.

Vrucht

De vrucht, die inwendig kanaaltjes heeft met aromatische olie, is een tweeledig splitvrucht. Tijdens het rijpen splitst de vrucht zich in twee deelvruchtjes. Het zaad zit in de deelvruchtjes, 1 zaad per vruchtje. Na splitsing blijven de rijpe deelvruchtjes nog enige tijd aan dunne steeltjes hangen. De vorm van de deelvruchtjes is vlak, eivormig en vrij zwak geribd. Het zaad is sterk behaard. Door het zaad te wrijven, komt er aromatische olie vrij. Aan de geur van het zaad is de ouderdom te bepalen. Nieuw zaad geurt sterk, oud zaad is (bijna) reukloos.

1.3 Grond

Zie ook voor deze sectie (1.3) Schoneveld, 1991.

De samenstelling van peengrond

Een goede peengrond moet aan de volgende eigenschappen voldoen:

- Een lichte bouwvoor die geen slempvorming vertoont, zonder kluiten;
- Een diepe bewortelbare ondergrond
- Een goede vochtvoorziening van het gewas gedurende het gehele groeiseizoen, voornamelijk tussen de vijftigste en honderdtwintigste dag na het zaaien waarin de grootste gewichtstoename plaatsvindt.

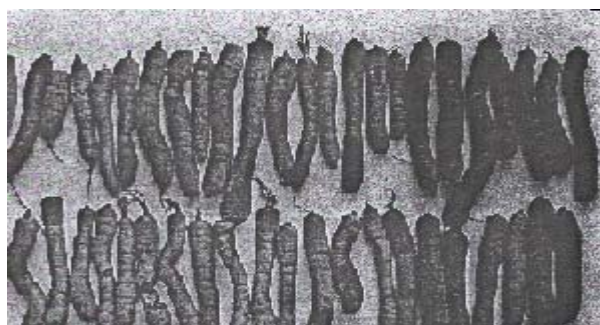
Naarmate de grond beter aan deze eisen voldoet, zal de opbrengst hoger zijn en de kwaliteit van de peen beter. De peenopbrengst loopt in Nederland ook sterk uiteen van 30 tot 100 ton per hectare, met een wisselende kwaliteit.

Waterhuishouding

Peen stelt hoge eisen aan de waterhuishouding. Peen heeft ongeveer 400 millimeter water per seizoen nodig. Dit water wordt verkregen uit de bodemvoorraad, capillaire opstijging, regenval en beregening. Het merendeel van deze 400 millimeter moet tussen de vijftigste en honderdtwintigste dag na het zaaien aanwezig zijn. Verdichte lagen in de grond kunnen de bewortelingsdiepte beperken en daardoor is de kans op droogteschade groter. Teveel water geeft aanleiding tot de vorming van bleke, korte wortels die minder smaken en tevens een lager caroteengehalte bevatten. Een slechte ontwatering van de grond geeft kans op rot. Vochttekort tijdens het groeiseizoen kan opbrengstvermindering en slechte kwaliteit peen veroorzaken.

Vruchtwisseling en grondontsmetting

Peen staat bekend als een gewas dat gevoelig is voor een te nauwe vruchtwisseling. Het is aan te raden om minimaal 4 a 5 pauzejaren tussen twee opeenvolgende peenteelten te handhaven. Teelt van peen op hetzelfde perceel kan leiden tot behoorlijke opbrengstverliezen. De terugval in de kwaliteit van de peen is echter nog veel erger. Door het toepassen van intensieve peenteelt komen soms 'zieke' percelen voor. De ziekteverschijnselen kunnen veroorzaakt worden door aaltjes en/of bodemschimmels. Om de 'zieke' percelen weer gezond te krijgen kan de grond worden ontsmet. Dit gebeurt met metam natrium in doseringen van 4 liter (aaltjes) tot 10 liter (schimmels) per are. Dit middel is goed oplosbaar in water en kan worden ingespoeld of ingeregend. Het effect van de grondontsmetting is afhankelijk van de bodemtemperatuur en het vochtgehalte van de grond. De meest geschikte bodemtemperatuur ligt tussen de 10 en 15 °C. De meest geschikte tijd voor het ontsmetten is de periode tussen half september en begin oktober.



Figuur 2: Gevolg van te weinig vruchtwisseling

1.4 Bemesting

Zie ook voor deze sectie (1.4) Schoneveld, 1991.

Algemeen

Peen wordt meestal op grotere percelen geteeld. Voor de bemesting houdt dit in dat het bemestingsadvies van bouwland kan worden gehanteerd. Peen is gevoelig voor hoge zoutconcentraties, vooral in het kiemplantstadium. De bemesting moet daarom worden toegepast voor het ploegen of spitten zodat de meststoffen goed door de bovenste 25-30 centimeter grond worden gemengd. De optimale pH is 5,5-6,5.

Stikstof

In het algemeen kan gesteld worden dat peen weinig stikstof nodig heeft. De totale stikstofopname bedraagt 80-200 kilogram per hectare. Het stikstofaanbod mag niet hoger zijn dan 150 kilogram per hectare. De adviesgift bedraagt 100 kg per hectare. (Schoneveld, 1991)

Fosfaat

De fosfaatbehoefte van peen is meer dan 80 kilogram P₂O₅ per hectare. Van deze hoeveelheid wordt ongeveer 80% in de wortel opgeslagen.

Kalium

Peen is een gewas met een zeer hoge kaliumbehoefte. Peen is gevoelig voor een overmaat aan chloor. Dit betekent dat de kalibemesting gegeven moet worden in de vorm van patentkali of chloorarme kalimestoffen. Om optimaal te kunnen bemesten moet het K-getal en de grondsoort bekend zijn. Het percentage afslibbaar, de pH en het organische stof gehalte zijn tevens belangrijk bij de beschikbaarheid van kalium in de bodem.

Magnesium

Om de benodigde hoeveelheid MgO vast te stellen speelt het organische stof gehalte een rol omdat het volumegewicht van de grond in de berekening voor de advisering wordt meegenomen. De kaliumtoestand kan de beschikbaarheid van magnesium negatief beïnvloeden. Daarom moet de geadviseerde MgO-gift worden verhoogd. Is de kaliumtoestand goed of lager dan dient men de geadviseerde MgO-gift te verhogen met 50 kilogram. Is de kaliumtoestand hoog of zeer hoog dan dient men de geadviseerde

MgO-gift te verhogen met 100 kilogram.

Calcium

Op gronden met een lage pH is het gewenst om kalk te strooien. Bij een te hoge pH is het gewas gevoeliger voor ziekten.

Gebreksziekten

Op gronden die nooit voor de peenteelt zijn gebruikt, is het raadzaam om een grondmonster te laten nemen. De grond kan dan worden geanalyseerd op de N-, K-, B-, Mg- en Mn- toestand.

1.5 Zaaïen

Zie ook voor deze sectie (1.5) Schoneveld, 1991.

Algemeen

Peen wordt ter plaatse gezaaid en vrijwel nooit gedund. Uitdunnen is erg arbeidsintensief en verhoogt de kans op aantasting van de wortelvlieg.

De periode van zaaibedbereiding tot en met opkomst is een zeer belangrijke fase in de teelt van peen. De kwaliteit, de productie en de sortering wordt voor een groot deel in deze periode gedaan.

Bospeen

Bospeen wordt breedwerpig met pneumatische precisiezaaimachines gezaaid. Op de intensieve bedrijven wordt rijenteelt toegepast met een rijafstand van 12-17cm. Op de extensieve bedrijven wordt beddenteelt toegepast met 5-8 rijen op een bed van 1,5 meter breed.

Parijse peen

Parijse peen mag niet te grof worden. Er wordt niet alleen op bedden gezaaid met wordt er volledige rijenteelt toegepast met een rijafstand variërend van 12 tot 37,5 cm.

Grove peen

Grove peen wordt geteeld op ruggen van 75 cm. Er worden twee rijen per rug gezaaid.

2 Ziekten en plagen

In gebieden met een intensieve peenteelt heeft men vaak te kampen met verschillende ziekten en plagen. De belangrijkste ziekten en plagen zullen in dit hoofdstuk worden behandeld.

2.1 Schimmels

Kiemplantenziekten

Kiemend zaad en jonge kiemplantjes kunnen aangetast worden door een groot aantal schimmels, waardoor de kiem of het plantje weggroten. Onder andere *Pythium*-soorten, *Thanatephorus cucumeris*, *Alternaria spp*, *Phoma spp.*, *Fusarium spp*, zijn verantwoordelijk voor de wegval van kiemplanten.

Cavity spot

Een belangrijk kwaliteitsprobleem in peen is cavity spot, *Pythium spp*. De symptomen van cavity spot kunnen worden omschreven als kleine, al dan niet ingezonken plekjes op de wortel, dat in een vroeg stadium te zien is als ovale, bruine tot zwarte onderhuidse vlekjes omgeven door een licht hof.

In een later stadium vergroot het plekje en kan de opperhuid scheuren, wat resulteert in een open holte met een gerafelde rand. Door secundaire aantastingen kan vervolgens rot optreden.

Er zijn geen middelen toegelaten om cavity spot chemisch te bestrijden.

Loofverbruining

De kenmerken van loofverbruining, *Alternaria dauci*, zijn het ontstaan van grijszwarte langwerpige vlekjes. Na enige tijd worden eerst de punten van de bladeren zwart. Daarna kunnen zelfs de hele bladeren zwart kleuren. De schimmel groeit het best bij circa 20°C en tast voornamelijk het oudere blad aan.

Soms sterft het peenloof van het gehele perceel in vrij korte tijd af. De schimmel kan tevens met zaad overgaan. Bovendien kan de schimmel op plantenresten overwinteren

Echte meeldauw

Alleen bij droog en warm weer kan het loof van peen aangetast worden door echte meeldauw, *Erysiphe heraclei*. Het blad wordt bedekt met een witte poederachtige laag, vervolgens kleurt het loof langzaam bruin en sterft het af. Door het gewas aan de groei te houden, bijvoorbeeld door beregenen, wordt de vatbaarheid van het gewas sterk verminderd.

Rattekeutelziekte

De schimmel *Sclerotinia sclerotiorum* is zeer polyfaag en kan bijna alle dicotyle gewassen aantasten. Onder koele en vochtige omstandigheden veroorzaakt *Sclerotinia* een zachtrot. Na het vormen van dit zachtrot ontstaan witte schimmelpluizen. In deze schimmelpluizen worden na verloop van tijd zwarte sclerotiën (rattekeutels) gevormd.

Violet wortelrot

Een kenmerk van violet wortelrot, *Helicobasidium brebissonii*, is het ontstaan van een paarsachtig schimmelvilt op de wortel. In de praktijk wordt deze ziekte meestal 'het blauw' genoemd. Het is de buitenkant van de wortel die gaat rotten. In het schimmelvilt ontstaan kleine sclerotiën die in de grond achterblijven.

De schimmel komt bijna alleen maar voor op gronden met een verdichte laag. Aan de 'bleking' van de grond boven de verdichte laag is te zien dat hier het regenwater tijdelijk stagneert, zodat de wortels van peen in het water kunnen komen te staan. Ook op gronden met erg hoge grondwaterstanden komt soms 'blauw' voor.

Zwarte-plekkenziekte

Een kenmerk van zwarte plekkenziekte, *Alternaria radicina*, is het ontstaan van zwarte ingezonken plekken, meestal dicht tegen de kop van de wortel. De schimmel gaat met het zaad over en kan er dan de oorzaak van zijn dat de kiemplanten op de grens van grond en lucht zwart worden en doorrotten.

Alternaria veroorzaakt ook het zogenaamde bewaarrot. Dit zijn zwarte plekken op de wortel, die na enkele maanden bewaring ontstaan. De ziekte komt vooral voor op winterpeen van lichte grondsoorten.

2.2 Bacteriën

Schurft

Schurft, *Streptomyces sp*, wordt vaak roest genoemd en treedt vooral op in droge, warme zomers. Op de wortel komt een roodbruine oppervlakkige aanslag, die aanvankelijk vrij gemakkelijk kan worden verwijderd. Later vormt zich een wratachtig kurkweefsel, vaak gevormd in ringen. Nog later worden de plekken donker van kleur door secundaire schimmelaantasting. De bacterie kan in de peen dringen als op het moment van verdikking van de wortel de grond rondom de peen droog is, een hogere pH heeft dan 5, er voldoende groei in het gewas zit en de grond met de bacterie is besmet.

Schurftaantasting kan worden tegengegaan door de grond rondom de peen in deze periode goed vochtig te houden.



Figuur 3: Schurftaantasting in peen

Zacht rot

Een andere bacterie die kan voorkomen in peen is zacht rot, *Erwina carotovora*. Op de wortel ontstaan grijsbruine vlekjes. In een verder stadium wordt het wortelweefsel waterig en zacht. Nog later wordt het weefsel slijmerig en veroorzaakt een vieze geur. Deze bacterieaantasting treedt meestal secundair op na een aantasting door schimmels, bevriezing of beschadiging.

2.3 Aaltjes

Zie voor deze sectie, (2,3) Molendijk et al, 2002.

Er zijn verschillende typen aaltjes die schade kunnen aanbrengen in peen.

Cysteaaltjes

Het peencysteaaltje, *Heterodera carotae* vormt kleine witte, later roodbruine bolletjes op de wortels. Na een aanvankelijke goede opkomst blijft het gewas pleksgewijs in groei achter. Het wortelstelsel is veelal sterkt vertakt. De bestrijding bestaat uit het toepassen van een vruchtwisseling van één keer per zes jaar peen op hetzelfde perceel of grondontsmetting met aaltjesdodende middelen.

Wortelknobbelaaltjes

Het noordelijk wortelknobbelaaltje, *Meloidogyne hapla* komt het meest voor op dal- en zandgronden. Bij een gewas als peen leidt aantasting tot vertakkingen van de het hele wortelstelsel. Op de zijwortels zijn knobbeltjes zichtbaar die op de knobbel zelf weer zijwortels vormen, de zogenaamde spinnetjes of sterretjes. Bij lage besmettingsniveaus kan aanzienlijke schade ontstaan. Om het wortelknobbelaaltje te beheersen kan een niet waardgewas als voorvrucht worden geteeld. Hierbij moet worden gedacht aan granen, grassen en bolgewassen.



Figuur 4: Schade van het noordelijk wortelknobbelaaltje

Het maïswortelknobbelaaltje, *Meloidogyne chitwoodi* en het bedrieglijk maïswortelknobbelaaltje, *Meloidogyne fallax* komen beide voor op zand- en dalgronden. Gevaarlijk aspect van deze soorten aaltjes is dat ze overgaan met plant- en pootgoed. Met name gladiolen en poot aardappelen zijn potentiële besmettingsbronnen. In peen veroorzaken beide soorten aaltjes rechte maar 'puisterige' penwortels. Vertakking treedt zelden op. Op de zijwortels zijn fijne knobbeltjes zonder zijwortels zichtbaar. Op symptoom zijn beide aaltjessoorten niet van elkaar te onderscheiden. Door het telen van stamslaboon kunnen beide aaltjessoorten worden bestreden. Wanneer echter *Meloidogyne hapla* ook aanwezig is gaat dit niet op. Bonen verergeren de problemen met *Meloidogyne hapla*

Wortellesieaaltjes

Het wortellesieaaltje *Pratylenchus penetrans* kan grote kwaliteitsproblemen veroorzaken in de peenteelt. De huidige schadedrempel bedraagt 35 larven per 100 ml grond. Vlinderbloemigen moeten worden vermeden in het bouwplan indien *Pratylenchus penetrans* voorkomt. Biet is een goede voorvrucht voor een schadegevoelig gewas als peen.

Stengelaaltjes

Het stengelaaltje *Ditylenchus dipsaci* kan peen aantasten. De symptomen zijn kiemplantenuitval en in een later stadium koprot. De aantasting komt vooral voor in de kop van Noord Holland. Wanneer ooit een besmetting met stengelaaltjes is geconstateerd is het beter erwten, stamslaboon en tuinboon/veldboon niet langer in het bouwplan op te nemen.

Vrijlevende wortelaaltjes

Het vrijlevende aaltje *Trichodorus* kan schade veroorzaken in peen. Deze schade is niet alleen kwalitatief maar ook kwantitatief. Een zware aantasting leidt tot wegval van kiemplanten en oppervlakkig weggroeien van de wortels. De gewasvolgorde in het bouwplan is heel belangrijk voor de beheersing van *Trichodoriden*. Voor een gevoelig gewas als peen moet geen graan worden geteeld. Graan is een sterke vermeerderaar van dit type aaltje. Bladrammenas is wel een goede keuze.

2.4 Insecten en overige plagen

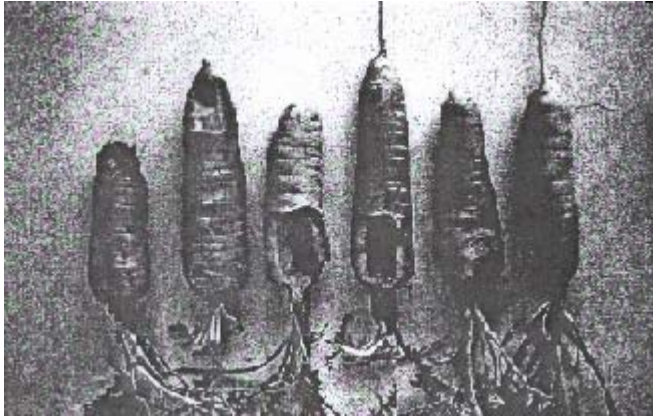
2.4.1 Insecten

Aardrupsen

Aardrupsen, *Noctua comes*, kunnen schade veroorzaken in warme, droge zomers. Deze rupsen zijn larven van uivlinders die in tegenstelling tot emelten poten bezitten. Deze vlinders vliegen afhankelijk van de soort, vanaf mei tot oktober. In de meeste gevallen is er één generatie per jaar. In een warme zomer kunnen er twee generaties per seizoen voorkomen. De vlinder legt de eieren afzonderlijk, in groepjes of in grote aantallen bij elkaar. Ze worden vooral gelegd aan de onderzijde van het blad en soms op de grond. De optimale temperatuur voor eiafzetting is tussen de 15 en 20°C. De uitkomende rupsen vreten kleine, ronde gaatjes in de bladeren waardoor het net lijkt alsof er met hagel door het blad is geschoten.

In hun eerste levensfase leeft de aardrups boven de grond. Na ongeveer 14 dagen gaan de rupsen ondergronds waar ze zich voeden met wortels, knollen en ondergrondse stengeldelen. In de peen veroorzaken ze grote ronde gaten, vaak met doorlopende brede horizontale gangen, die dikwijls zwart worden.

Voordat de rups volwassen is, vervelt hij vijf tot zeven keer. Vooral in het laatste stadium is de rups zeer vraatzuchtig. In ons land overwinteren de meeste aardrupsen als rups of pop.



Figuur 5: Schade van de aardrups

Snuitkevers

Snuitkevers, *Otiorhynchus clavipes*, kunnen schade aanrichten in het kiemplantstadium, meestal bij droog en warm weer. De snuitkevers bijten in de kiemblaadjes van het hypocotyl. Ze verschuilen zich onder kluiten en zijn zeer moeilijk te vinden.

Luizen

In peen komen twee soorten bladluizen en twee soorten wortelluizen voor. De bladluizen veroorzaken kunnen vooral in jonge planten schade veroorzaken.

De zevenbladluis, *Cavariella aegopodii*, brengt het peenroodbladigheidsvirus en overwintert op de wilg. De andere bladluis, *Semiaphis dauci*, overwintert op de wilde wortel.

De wortelluizen brengen geen grote economische schade toe. Zij scheiden een witte stof af.

Dysaphis crataegi overwintert op de witte doorn en *Pemphigus dauci* op populieren.

Peenbladvlo

De groene peenbladvlo, *Trioza apiculis*, komt soms in peen voor en veroorzaakt sterk krullend blad. Ze zijn 2 á 3 mm groot en zien er groengeel uit met rode ogen. De eieren worden met een steeltje aan het blad bevestigd. De larven zien er uit als schildluizen. Er komt één generatie per jaar voor en de overwintering vindt bij voorkeur plaats op

naaldbomen.

Wortelvlieg

Voor een beschrijving van dit plaaginsect wordt verwezen naar hoofdstuk 3 van dit rapport.

Wortelmineervlieg

De wortelmineervlieg, *Napomyza carotae*, zet zijn eieren af in de bladstengel van de waardplant. Deze eitjes zijn in het plantenweefsel goed beschermd. Na ongeveer een week komen er witte maden uit de eitjes. Deze graven kronkelige gangen in de bladstengel in de richting van de wortel. In de peen worden dan vanaf de kop kortere of langere gangen gegraven. Als de peen uitgroeit, verdwijnt deze opperhuid.

Omdat de vlieg in de wortel verpopt, is het essentieel om bij ernstige aantasting wel te oogsten om daarmee zoveel mogelijk wortels te vernietigen. Aanaarden geeft een aanzienlijke vermindering van de aantasting. De kop van de wortel kan na het aanaarden weer boven de grond uitgroeien en is dan attractief voor de mineervlieg. Er moet dus minimaal twee maal aangeaard soms zelfs vaker om er voor te zorgen dat de wortelkop de hele teeltduur met grond bedekt blijft.

2.4.2 Overige plagen

Konijnen

Konijnen willen nog wel eens een peenveld bezoeken en knagen dan vooral aan de kop van de peen.

Muizen

Muizen kunnen bij de bewaring van op het veld onder stro voor een ware plaag zorgen. De bestrijding bestaat uit strooien van veldmuiskorrels. Deze moeten vooral aan de randen van het perceel, onder een dakpan of in kokers, neergelegd worden. Ook kunnen muizenkorrels in plastic verpakking onder het stro verdeeld over het veld neergelegd worden.

Slakken

Slakken kunnen aan de wortels eten. Zowel de bruine veldslak, *Deroceras reticulatum* als

de zwarte met oranje zool uitgeruste tuinslak, *Arion hortensist*, kunnen oppervlakkige uithollingen in de peen maken.

3 De wortelvlieg

3.1 Inleiding

De wortelvlieg, *Psila rosae*, behoort tot de familie van de roestvliegen, *Psilidae* en de orde van de tweevleugeligen, *Diptera* (Crop Protection Compendium, CPC).

Tot deze orde horen zowel de vliegen als de muggen, welke variëren van kleine tot grote insecten, zoals huisvliegen en bromvliegen (de Lange, 1986).

Van de in totaal 119.000 soorten van de orde *Diptera* is ongeveer 30% plantenetend (Romeis et al, 2004).

De wortelvlieg komt voor in de gematigde streken van het noordelijk halfrond, maar ook wel in sommige subtropische streken. In het warme droge klimaat van Zuid Frankrijk en de Italiaanse Riviera is de wortelvlieg in staat te overleven gedurende de hete zomermaanden. Gedurende deze periode blijft de wortelvlieg in het popstadium (Finch et al, 1999).

Er zijn drie vluchten te onderscheiden waarbij de eerste vlucht ongeveer in mei - juni, de tweede vanaf eind juli tot begin september en de derde vanaf begin september tot en met november (Versluis en van Kruistum, 2004).

De eerste twee cycli zijn duidelijk van elkaar gescheiden, de tweede en de derde lopen vaak in elkaar over (Schoneveld en van den Berg, 1993).

De wortelvlieg wordt meestal pas herkend als de schade al is toegebracht, het resulteert in wormstekige peen. Het is de larve van deze vlieg die de schade aanricht. Om een aantasting van de wortelvlieg voor te zijn is kennis van het insect een belangrijk vereiste (Lans en Ester, 2000).

3.2 Levenscyclus wortelvlieg en beschrijving van de ontwikkelingsstadia

De levenscyclus van de wortelvlieg, *Psila rosae*, bestaat uit 6 verschillende stadia, namelijk een eistadium, 3 larve stadia, het popstadium en het imago. Dit staat hieronder in figuur 1.1, samen met de duur van de stadia.

Tabel 1. Duur van de verschillende ontwikkelingsstadia bij 20°C

Stadium	Aantal dagen
eistadium	6
larvestadia	35
popstadium	21
tijd tussen verschijnen vlieg en eiafzet	3
Totaal aantal dagen	65

Mc Leod et al, 1985

3.2.1 Levenscyclus van ei tot volwassen vlieg

Na het uit de pop komen, vliegt de wortelvlieg richting hoge bomen en opgaand struikgewas in de naaste omgeving. Hier zoekt de wortelvlieg schaduw en bescherming tegen de wind (de Lange, 1986).

Felle zon wordt gemeden, een relatieve vochtigheid van 85 – 100% geprefereerd. Er is een voorkeur voor ondergroei van kleine brandnetel, *Urtica dioica*, gevlekte scheerling, *Conium maculatum* en andere bloeiende planten (Mc Leod et al, 1985).

De wortelvlieg verplaatst zich traag en alleen bij goed weer (2).

Ongeveer 1 -10 dagen na het uitkomen uit de pop legt de wortelvlieg eitjes.(Schoneveld et al, 1995).

De wijfjes vliegen meestal aan het eind van de middag naar een peengewas (Ester, 1986). De vlieg vliegt maximaal 80 cm boven de grond richting het peengewas (7).

Tussen 16.00 uur en 20.00 uur zijn de meeste vliegen in het peenveld te vinden, dus dan worden ook de meeste eieren afgezet (Städler, 1975).

De vliegen bewegen zich heen en weer tussen hun schuilplaatsen, waar de paring plaatsvindt, en het gewas waar eieren worden afgezet. Deze schuilplaatsen zijn onder andere wegbermen, sloottaluds, heggen en struikgewas. Slechts 1 á 2% van de wortelvliegen vliegt verder dan 80 meter tussen hun schuilplaats en de plaats waar eieren afgezet worden (Mc Leod et al, 1985).

De wortelvlieg reageert op secundaire vluchtige stoffen via contactchemo-receptie. Na het herkennen van de waardplant, door op het blad te gaan zitten (waarnemen van de stoffen in de waslaag van het blad), rent de wortelvlieg langs de bladstelen naar beneden om de eieren af te zetten (de Lange, 1986), (Degen en Städler, 1997).

De eieren worden afgezet in of op de grond rondom de voet van de planten, afzonderlijk of in groepjes, ongeveer een halve centimeter onder de oppervlakte van de bodem. Het aantal dat per keer afgezet kan variëren tussen de 5 en 22 eieren. Dit is afhankelijk van de temperatuur (van 't Sant, 1961).

Het aantal eieren dat een vrouwtje kan produceren kan oplopen tot 160 (CPC).

De eieren kunnen door regen en wind omlaag zakken en staan dan niet bloot aan droog weer en zonneschijn (Ester, 1986).

Het eistadium is, evenals het larvale stadia, zeer gevoelig voor uitdrogen en hoge temperaturen (van 't Sant, 1961).

Na het eistadium volgt het larve stadium. Bij het doorlopen van de drie larvale stadia neemt de lengte van de wortelvlieglarve toe. Deze drie stadia doorlopen twee verschillende fasen wat de voeding betreft. In de eerste fase tasten de L1 larven de kleine zijwortels aan. De haarwortels en de vegetatieve groeipunten worden niet aangetast. Deze spelen een belangrijke rol bij de opname van de voedingsstoffen uit de bodem en hebben ten opzichte van de rest van het wortelstelsel nog een zacht waterig karakter(de Lange, 1986).

In het tweede larvale stadium beginnen de larven de penwortel aan te tasten. Toch blijven de larven ook in dit stadium de zijwortels aantasten(de Lange, 1986).

De L3 larve voedt zich volledig met de penwortel. Opvallend is dat de wortelvlieglarve het bovenste deel van de peen minder aantast. Met het doorlopen van de drie larvale stadia

zien we dat het voedsel van de larve steeds steviger wordt. Voordat de L 3 larve verpopt kruipt deze uit de peen in de grond. De laatste larvale huid verhardt geleidelijk tot een vrij stevig chitine pantser, dat de wand van het puparium vormt. Hierna kruipt de volwassen wortelvlieg uit de pop (de Lange, 1986).

Er zijn twee of drie vluchten van de wortelvlieg per jaar te onderscheiden, de voorjaarsvlucht, de zomervlucht en de herfstvlucht (Ester en Neuvel, 1986). De voorjaarsvlucht vindt plaats van eind april tot eind juni. Deze vliegen kunnen uit twee typen poppen voorkomen. Het ene type is voor de winter gevormd en is gedurende de winter in rusttoestand. Het tweede type brengt als made in de wortel de winter door en verpopt zich in het voorjaar. Bij de verschijningsduur speelt de rusttoestand en het weer in het voorjaar een grote rol. Een warm voorjaar kan vroege vliegen opleveren. Een zachte winter, gevolgd door een koud voorjaar kan betekenen dat de voor de winter gevormde poppen, een langere ontwikkelingsduur hebben (Ester en Neuvel, 1986). De zomervlucht duurt van half juli tot in september (Ester en Neuvel, 1986).

Een deel van de larven uit de zomervlucht blijft overliggen tot het volgende voorjaar en een deel komt uit, de herfst vlucht (1).

De herfstvlucht kan plaats vinden van september tot eind november (Ester en Neuvel, 1986).

Bij gunstige weersomstandigheden in september en oktober kunnen de vliegen van de derde vlucht nog eieren af zetten. Uit deze eieren kunnen zich hetzelfde jaar nog larven ontwikkelen, die nog grote schade aan kunnen brengen in bewaarpeen op het veld. (de Lange, 1986).

3.2.2 Verschillende ontwikkelingsstadia

Imago

De wortelvlieg is ongeveer 4-5 mm groot. Zijn borst en achterlijf zijn zwart. De kop van de vlieg is geel, de ogen rood, de pootjes zijn geelachtig en de vleugels zijn doorzichtig net als glas (2).

Het achterlijf en het borststuk zijn zwart metaalachtig (de Lange, 1986) .

De beharing van de wortelvlieg is licht. De vleugels zijn in rusttoestand naar achteren gericht (van 't Sant, 1961).

De gemiddelde levensduur van de vliegen bedraagt twee weken. (Ester, 1986)

De wortelvlieg voedt zich met nectar, afkomstig van de wilde soorten van de familie van *Umbelliferae*, waartoe peen ook behoort. Nectar is een belangrijke bron van koolhydraten en proteïnes (Städler, 1971).

De wortelvlieg wordt aangetrokken door vluchtige stoffen geproduceerd door planten en de kleur van het wortelloof (Polspoel, 1998).

De productie van eieren is geheel afhankelijk van proteïne rijk voedsel dat genuttigd word door de adulten. Vrouwelijke wortelvliegen hebben water en koolhydraat rijk voedsel nodig voor een normale ovipositie. Ook moet het voedsel aminozuren en proteïnes bevatten. (Romeis et al, 2004).

De chemische samenstellingen van het blad zijn bepalend voor de wortelvlieg in de selectie van de waardplant (Degen en Städler, 1998).

Verse mest heeft een aantrekkende werking op de wortelvlieg. Het lijkt waarschijnlijk dat voor de aantrekking het vluchtige NH₃, wat bij het rottingsproces in de verse mest ontstaat, verantwoordelijk is (de Lange, 1986).

In het peengewas verplaatst de wortelvlieg zich door middel van korte vluchtjes, meestal korter dan 1 meter. De wortelvlieg blijft dicht bij de aarde en maakt zich telkens voor korte perioden los van de aarde om zich te verplaatsen. Wortelvliegen verplaatsen zich over het algemeen niet over grote afstanden. Gebeurt dit wel dan laten ze zich drijven op de wind en maken ze gebruik van de thermiek in de lucht (de Lange, 1986).

Wanneer wortelvliegen op zoek gaan nieuwe peen verplaatsen ze zich ongeveer 100 meter per dag (Finch and Collier, 2003).



Figuur 6: Volwassen wortelvlie



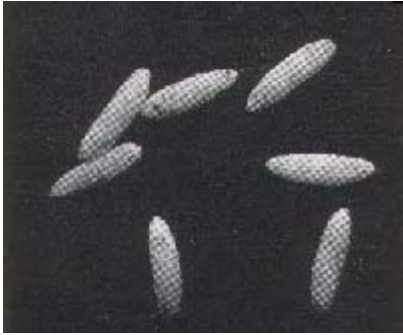
Figuur 7: Wortelvlie op een plakval

Het ei

Het langwerpige ei van de wortelvlie is sneeuwwit van kleur. De lengte varieert van 0,46 – 0,64 mm. De eischaal vertoont een duidelijke sculptuur, die bij vergroting te vergelijken is met de schil van een pindanoot. De eieren worden oppervlakkig in de grond gelegd, ook wel tussen en onder kluitjes grond. Door regen en wind kunnen de eieren die in en op de grond gelegd zijn omlaag zakken; zij komen dan terecht in een gunstiger milieu, terwijl de eieren, die aan de oppervlakte blijven bij droog weer en veel zonneschijn aan uitdroging blootstaan. De eieren worden afzonderlijk of in groepjes bij elkaar in de nabijheid van de plantvoet gelegd. Slechts bij uitzondering wordt afzetting van eieren op het loof waargenomen. (Van 't Sant, 1961).

Eieren van de wortelvlie kunnen worden gedood door een zeer lage of een zeer hoge bodemvochtigheid (Vincent et al, 1999).

Ook de temperatuur van de bovenste laag in de bodem speelt hierbij een rol (Freuler et al, 1988).



Figuur 8: Eieren van de wortelvlieg, 32 keer vergroot.

Larve

De larve van de wortelvlieg is evenals de larven van alle andere vliegen een pootloze made. De larve die uit het ei komt, is doorschijnend. (Van 't Sant, 1961)

De larven zijn 6 tot 7mm groot en zijn helderwit en geelachtig van kleur (2).

Aan de kopzijde heeft ze een paar zwarte mondhaken van chitine, die uitgestoken kunnen worden om het wortelweefsel aan te boren. De eischaal laat op de plaats, waar de larve het ei verlaten heeft, een eigenaardige karteling zien. De eilarve verlaat het ei steeds aan de zijde van het micropylaire kapje. (Van 't Sant, 1961).

In het larvestadium vervelt de made twee keer. Dit gebeurt buiten de wortel en in de grond (Schoneveld en van den Berg, 1993).

Dit is er mede de oorzaak van, dat het aantal aangetaste wortels in de loop van het seizoen toeneemt. Iedere made kan dus meerdere planten aantasten (Ester en Neuvel, 1986).

De larven penetreren de wortel waar het vraatgangen maakt in de buitenste laag van de wortel (2).

De larven worden aangetrokken door stoffen uitgescheiden door de haarwortels (Polspoel, 1998).

De eerste stadium larven voeden zich uitsluitend op de fijne (zij) worteltjes van de waardplant en het tweede en derde stadium op de dikkere wortels; er is een voorkeur

voor de wortelpunt. De larven vermijden droge plekken en kunnen zich over tientallen centimeters, maximaal 60cm, verplaatsen van wortel tot wortel. Dit wordt gestimuleerd door een hoge bodemvochtigheid. (den Ouden et al., 1989). In de zomer zal de ontwikkeling van de larve ophouden wanneer de temperatuur boven de 22°C komt te liggen. Op het einde van het seizoen zal een temperatuur lager dan 10°C elke verder ontwikkeling onmogelijk maken (Polspoel, 1998).

Temperaturen beneden de 15°C zorgen ervoor dat de larven in diapauze gaan. Dit zorgt ervoor dat de larven kunnen overwinteren (1).

Larven uit het eerste stadium zijn tevens gevoelig voor een lage bodemvochtigheid, hierdoor kunnen ze sterven (Vincent et al, 1999).

Afhankelijk van de temperatuur kunnen de larven vier tot zeven weken oud worden. Hoe warmer het is, des te sneller ze ontwikkelen (Lans en Ester, 2000)



Figuur 9 Larve van de wortelvlieg



Figuur 10 L-3 larve in eenpeen

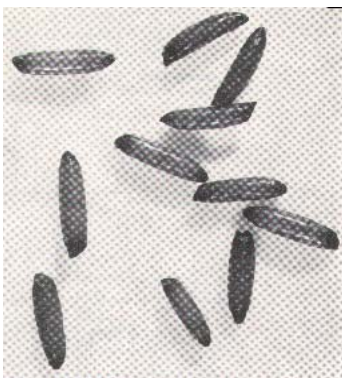
Puparium

Zodra de made geheel volwassen is, gaat ze binnen de laatste larvehuid tot verpopping over. Dit gebeurt buiten de peen en in de grond. De larve bezit de eigenschap zich te verkorten. De laatste larvehuid verhardt geleidelijk tot een vrij stevig chitinepantser, dat de wand van het puparium vormt. Verschillende kleurstadia worden hierbij doorlopen. Het puparium wordt achtereenvolgens melkwit, geelwit en in een later stadia geelbruin tot donkerbruin wordt. Het puparium is gekenmerkt door een scherp afgesneden uiteinde, wat een typisch *Psiliden* kenmerk is. De lengte van het puparium kan sterk variëren en de oorzaak hiervan moet vermoedelijk worden gezocht in verschillen in voedingsomstandigheden van de maden (Van 't Sant, 1961).

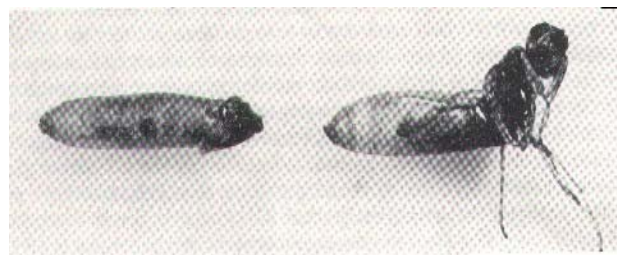
Bij temperaturen tussen de 10 – 13 °C gaan de poppen in diapauze (McLeod et al, 1985)

Bij het uitkomen uit de pop drukt de vlieg met behulp van zijn voorhoofdsblaas het puparium aan de voorzijde open en werkt zich door de aldus ontstane opening naar buiten. De huid van het puparium blijft met opengeslagen 'deksel' in de grond achter. Doordat de puparia zich van 4 tot 15 cm in de grond bevinden, moet de vlieg zich door de grond naar de oppervlakte begeven, hetgeen mogelijk wordt gemaakt door beurtelings in- en uitstulpen van de voorhoofdsblaas tezamen met strekken en intrekken van de poten. Door het uitstulpen van de voorhoofdsblaas wordt de grond boven de kop van de vlieg weg geduwd. Bij het intrekken van de voorhoofdsblaas zet de vlieg zich met haar poten af en vult de vrijgekomen ruimte weer op. Op deze manier werkt de vlieg zich geleidelijk naar boven (Van 't Sant, 1961).

De volwassen wortelvlieg komt 's nachts of in de vroege ochtend uit de pop (de Lange, 1986).



Figuur 11 Poppen van de wortelvlieg



Figuur 12 Wortelvlieg die uit pop komt

3.3 Waardplanten van de wortelvlieg

De wortelvlieg kan schade veroorzaken in vele soorten behorend tot de familie van schermbloemigen, *Umbelliferae*. Tot deze familie behoren onder andere knolselderij, snijselderij, peterselie en peen. In het laatstgenoemde gewas is de schade het bekendst en economisch het belangrijkste. Niet alle gewassen in de familie van schermbloemigen worden door de wortelvlieg aangetast (de Lange, 1986).

In de familie van schermbloemigen zijn tevens een aantal wilde varianten die waardplant zijn voor wortelvlieg. Dit zijn onder andere berenklauw, zevenblad, karwij, dille, venkel en koriander (2).

De mate van gevoeligheid, voor de schade van de wortelvlieg, van de verschillende waardplanten neemt af in de volgende volgorde: Peen, pastinaak, peterselie en selderij (Dufault and Coaker, 1987).

Twee belangrijke componenten die zorgen dat de wortelvlieg wordt aangetrokken door planten zijn kleur en geur. Voor de geur zijn dit propenylbenzeen (trans-asarone), coumarin (Osthol), furanocoumarins (Bergapten en Xanthotoxin) en polyacetylene (Falcarindiol). Deze componenten zijn aanwezig in de waslaag van peenbladeren. Het is aangetoond dat deze stoffen de ovipositie voor de wortelvlieg stimuleren.

Wanneer deze componenten door wat voor reden dan ook niet worden waargenomen, dan gaat de wortelvlieg op zoek naar een andere plant (Städler and Buser, 1984).

De wortelvlieg reageert op kleuren tussen de 300 en 450 nm, dit is een stimulans om eieren af te zetten (Finch et al, 1999).

De voorkeur van de wortelvlieg voor de afzet van zijn eieren gaat uit naar peen die nog niet is bezocht door andere wortelvliegen. Peen die al is aangetast of bezocht door een wortelvlieg is minder aantrekkelijk (Vincent et al, 1999).

3.4 Schade van de wortelvlieg

3.4.1 Jong gewas

Bij een lichte aantasting vindt men steeds enkele roestbruine vlekjes op de zijwortels, daarnaast soms ook op de dunne hoofdwortel en later op de jonge peen. In een later stadium kan het peentje enkele oppervlakkige gangen van beperkte afmetingen vertonen, echter zonder dat schade wordt veroorzaakt aan de stofwisseling van de plant. Bij lichte aantasting zijn aan het loof geen bijzonder symptomen te zien; het is dan nog normaal groen en fris.

Bij zwaarder aantasting zijn meestal vele roestbruine vlekjes op de zijwortel te vinden; soms zijn al gedeelten van de zijwortels helemaal bruin verkleurd. Ook vindt men weer bruine vlekjes op de dunne hoofdwortel en op de al gevormde peen. Indien de fijne hoofdwortel doorboord en daardoor geheel of gedeeltelijk vernield wordt, ziet men allerlei verkleuringen aan het loof (paars, roodbruin, bruin en geel). Door storingen in de voedselopname en de voedselstroom krijgt de plant gebrek en komen de bovengenoemde loofsymptomen geleidelijk tot uiting (van 't Sant, 1961).

De plant tracht zich dan te herstellen door het vormen van adventiefwortels, dit zijn zijwortels aan de peen en dunne hoofdwortel. De plant teert dan op het laatste reservevoedsel en kwijnt spoedig weg, wat in de verwelking van loof tot uiting komt. Het vormen van adventiefwortels kost enige productie. Voor wortelvliegsschade geldt in principe een nul tolerantie (Schoneveld en van den Berg, 1993).

Wordt de dunne hoofdwortel niet vernield, maar wordt de jonge peen doorboord, waarbij gangen gevormd worden, die het cambiumweefsel plaatselijk beschadigen, dan zal de peen op deze plaatsen niet meer in dikte kunnen toenemen (van 't Sant, 1961).



Figuur 13 Aantasting wortelvlieg in jong gewas

3.4.2 Ouder gewas

Als symptoom van lichte en oppervlakkige aantasting ziet men bij een volgroeid gewas roestkleurige vlekjes op de zijwortels, hoofdwortel en peen, die ontstaan zijn door oppervlakkige vredeurij van de maden (van 't Sant, 1961).

Ontstaan er gangen in de hoofdwortel, dan wordt deze stug. Dit wordt wormstekigheid genoemd (Brakeboer, 1990).

Deze vragangenen hebben een typische roestkleur. (3)

De kleur komt door de uitwerpselen van de larven, vandaar de naam carrot rust fly. (4)

Nadat de vragangenen in de wortel zijn gemaakt vormen deze een invalspoort voor secundaire aantasting zoals rot. (1)

Als deze gangenen oppervlakkig blijven en het cambium wordt niet beschadigd, dan vindt men duidelijke, vrij smalle gangenen onder de opperhuid van de peen. Is de peen op het tijdstip dat de aantasting plaatsvindt nog in volle ontwikkeling, dan zal het weefsel rondom de gangenen nog verder uitgroeien. Dit heeft tot gevolg, dat de opperhuid boven de gang barst en verdwijnt, terwijl de gangenen breder en daardoor duidelijker zichtbaar worden. Deze laatste verschijnselen treft men vaak aan bij winterwortelen. Ze zijn dan veroorzaakt door larven van de eerste generatie. Een duidelijk symptoom van aantasting is ook de sterke smaak. Een gave rauwe wortel heeft een ietwat zoetige smaak, de peen die door de wortelvlieg is aangetast smaakt wrang of samentrekkend. Bij het gekookte product is de toestand anders. De gekookte gezonde peen smaakt flauw zoet tot matig zoet. De aangetaste peen heeft mufte, ietwat wrange smaak. Het gedeelte van de peen, dat aangetast wordt door de wortelvlieg, is hoofdzakelijk het onderste en middelste gedeelte (van 't Sant, 1961).

Zonder bestrijding is een teelt nauwelijks mogelijk. Vaak ontstaat de grootste schade aan de buitenkanten van het perceel (Brakeboer, 1990).

De mate waarin deze schade plaatsvindt, is afhankelijk van het niveau van de aantasting. Een bespuiting van alleen de perceelsrand, spuitbreedte, met een middel tegen de larve van de wortelvlieg is alleen mogelijk bij een populatiedichtheid net boven de shadedrempel. Bij hogere dichtheden zal het hele perceel behandeld moeten worden. Wanneer een systeem van akkerrandbeheer wordt doorgevoerd, om zo de emissie van middelen naar de sloot te beperken, moet de rand van het perceel braak, zwart, blijven. Een onbeteelde strook beperkt de aanvoer van vliegen (Schoneveld et al, 1995).



Figuur 14 en 15: Schade van de larven van de wortelvlieg aan peen

4 Bestrijding van de wortelvlieg

4.1 Chemische bestrijding

4.1.1 Zaadcoating

Bij zaadcoating, ook wel coating genoemd, worden gewasbeschermingsmiddelen met lijm of polymeren op het zaaizaad aangebracht (Ester, 1990).

Het middel dat wordt gebruikt voor deze coating is Birlane met als werkzame stof chloorfenvinfos.

Bij toepassing van coating komen de agressieve insecticiden soms rechtstreeks op het zaadje, waardoor groeistagnatie en kiemplantmisvorming kan optreden. Daarom moet bij een insecticide niet alleen het bestrijdingseffect worden onderzocht, maar ook de invloed van het insecticide op het kiemgedrag op het zaadje (Brakeboer, 1990).

Voordeel van het coaten is dat het gebruik van gewasbeschermingsmiddelen enorm wordt teruggebracht (Ester, 1990).

De coating maakt dat de vliegen van de eerste vlucht geen kans maken op de peen. Pas de vliegen van de tweede vlucht kunnen zich weer aan peen verlustigen, doordat dan het middel in de coating is uitgewerkt (de Putter en Ester, 2002).

Zaadcoating wordt vooral toegepast in de teelt van bospeen en winterpeen. In de teelt van waspeen is het al het snel te duur. In de teelt van waspeen wordt het soms langs bosranden en ruigten langs de buitenste rijen van het perceel toegepast (Drenth, 2003). In verband met het mindere gebruik aan middel en de lagere kosten is het gebruik van tegen wortelvlieg gecoat peenzaad zeer aantrekkelijk. Daarnaast heeft gecoat zaad nog enkele andere voordelen. Bij het coaten komt een heel dun laagje om het zaad heen. Daardoor wordt het gladder, waardoor het beter verzaait (Brakeboer, 1990).

4.1.2 Bestrijdingsmiddelen

AA Fleur Granulaat

AA Fleur Granulaat is een middel dat preventief werkt tegen de wortelvlieg. De werkzame stof van het middel is chloorfenvinfos. Het middel heeft een lange nawerking en door de systemische werking beschermt het in principe alle plantendelen

Bij het uitplanten van de wortelen of nadat de eerste eitjes zijn afgezet 0,75 gram AA Fleur Granulaat per plant rond de wortelhals aanbrengen. Voor een goede verdeling van het middel verdient het de aanbeveling een mengsel van 37,5 gram middel op 1 kilo zand of grond te maken. Vervolgens strooit men per plant 20 gram van dit mengsel rond de wortelhals.

Korter dan 2 maanden voor de oogst van de wortelen mag dit product niet gebruikt worden. Dit product wordt vooral gebruikt in de amateur-tuinderij (7).

Dimethoat

Het insecten- en mijtenbestrijdingsmiddel Dimethoat werd oorspronkelijk gebruikt voor de bestrijding van bladluizen. Door het toedienen van dit middel voorkomt men zuigschade. De geadviseerde dosering bedraagt 0,5 liter per hectare. Het middel is tevens werkzaam tegen de wortelvlieg(8).

Birlane granulaat

Birlane granulaat is een middel dat werkt tegen de wortelvlieg. De werkzame stof van het middel is chloorfenvinfos.

Bij het uitplanten van de wortelen of nadat de eerste eitjes zijn afgezet 0,75 gram Birlane granulaat per plant rond de wortelhals aanbrengen. Voor een goede verdeling van het middel verdient het de aanbeveling een mengsel van 375 gram middel op 10 kg zand of grond te maken. Vervolgens strooit men per plant 20 gram van dit mengsel rond de wortelhals (9).

Dit middel is vooral geschikt voor de amateur tuinderij.

Birlane strooimiddel

Birlane strooimiddel is een middel dat werkt tegen de wortelvlieg. De werkzame stof van Birlane strooimiddel is chloorfenvinfos.

Tijdens de grondbehandeling voor het zaaien van de wortelen kan het middel 5 – 7 cm

door de toplaag van de grond worden gewerkt.

De dosering hiervan is 4 gram per m² als volveldsbehandeling. Bij humus arme zandgronden (beneden 3 % humusgehalte) gebruikt men een dosering van 3 gram per m² als volveldsbehandeling (10).

Tijdens het zaaien kan het middel in de zaaivoor worden toegepast. De dosering hiervan is 2 gram per m² (7).

In onderzoek zijnde middelen

Bestrijding van de wortelvlieg kan door middel van het toepassen van geleide bestrijding. Met behulp van plakvallen wordt gekeken naar de aanwezigheid van wortelvliegen in het veld. Wanneer het aantal wortelvliegen op de plakvallen de drempelwaarde overschrijd, wordt geadviseerd om een bestrijding uit te voeren.

Deze geleide bestrijding is geheel afhankelijk van het middel dimethoaat. Dit middel zal na 2007 en mogelijk al eerder niet meer beschikbaar zijn. Er moet dus gezocht worden naar alternatieve middelen voor dimethoaat. Bij een aantal onderzoeksinstellingen in Nederland lopen daarom proeven om alternatieve middelen in de praktijk te testen, zodat er een nieuw middel voor handen is wanneer dimethoaat verdwijnt.

4.2 Geleide bestrijding

4.2.1 Vluchtverschijning wortelvlieg

Geleide bestrijding kan de inzet van middelen terugdringen. Daarvoor is het nodig te weten wanneer de vlucht van de wortelvlieg begint; dat is het moment om plakvallen te plaatsen. Daarom heeft het Horticultural Research Institute (HRI) te Wellesbourne, Engeland een vluchtverschijningsmodel ontwikkeld. Aan de hand van gemeten maximum en minimum bodem- en luchttemperaturen zijn de vluchten van de wortelvlieg te beschrijven en te voorspellen. De werkelijke temperaturen moeten tot vlak voor het begin van de vlucht worden ingevoerd. Het model kan rekening houden met de opkomstdatum van het gewas, met de al dan niet geïsoleerde ligging van het veld en, achteraf, met de populatiedichtheid (Schoneveld et al, 1995).

Ook zonder het Engelse model is vast te stellen wanneer plakvallen geplaatst moeten

worden. Het tijdstip is te bepalen door vanaf 1 februari de som te nemen van de etmaaltemperaturen van de lucht boven de 6 °C. Bij 160 en 950 graaddagen moeten de vallen worden geplaatst voor respectievelijk de eerste en de tweede vlucht. Deze methode is minder nauwkeurig dan het model van het HRI, waardoor de kans groot is dat men over een langere periode moet waarnemen (Schoneveld et al, 1995).

In Finland wordt gebruik gemaakt van GIS (geografisch informatie systeem) om de activiteit van de wortelvlug te voorspellen. Luchttemperaturen van 35 automatische weerstations werden verzameld om het vluchtverloop van de wortelvlug te bepalen. Het begin van de eerste vlucht werd vastgesteld op 255 graaddagen en de piek van de eerste vlucht op 355 graaddagen. Het begin van de tweede vlucht werd vastgesteld op 800 graaddagen en de piek op 860 graaddagen. De voorspellingen van de eerste en tweede vlucht waren in lijn met de verzamelde luchttemperaturen (Tiilikkala et al, 1999).

4.2.2 Geleide bestrijding met behulp van de plakval

De plakval bestaat uit een vierkant oranje-geel plaatje van 20 × 20 cm. Dit plaatje is langs de onderzijde behandeld met een kleverige lijm/spray. De meeste wortelvliegen worden aan de onderkant van de plakval gevangen. De gele kleur van het plaatje werkt attractief op de wortelvlug. Belangrijk is wel dat het plaatje in een hoek van 45 ° op de staander wordt bevestigd, met de bovenrand van de val naar het oosten. Op deze manier kan men op een vrij eenvoudige manier de volwassen wortelvliegen opvangen terwijl heel wat andere insecten niet op het plaatje belanden. Dit zorgt voor minder problemen bij de determinatie en telling van de wortelvliegen. De plaatjes, bevestigd aan een staander, worden per vier in het veld gebracht. Belangrijk daarbij is dat men er zich goed van bewust van moet zijn dat de aantasting in het veld niet overal even intensief en even snel verloopt (Polspoel, 1998).

Hierbij is de aanwezigheid van opgaande landschapselementen belangrijk. In het geval van opgaande landschapselementen dienen de plakvallen in deze richting te worden georiënteerd. Wanneer dit niet het geval is, kunnen ze het beste richting het oosten worden geplaatst (Polspoel, 1998).

De plakvallen, meestal per vier, worden op één rij, met een tussenafstand van 5 meter en ongeveer 0,5 – 1 meter van de rand, in het veld geplaatst (Schoneveld et al, 1995).

Wekelijks worden de vallen verwisseld en gecontroleerd op de aanwezigheid van wortelvliegen. Afhankelijk van het aantal gevangen vliegen kan de teler besluiten om een bestrijding met dimethoaat te gaan uitvoeren (van Oeveren, 1994). De drempelwaarde die oorspronkelijk werd ontwikkeld is bij de eerste vlucht 7 vliegen per val per week en voor de tweede vlucht 3,5 vliegen per val per week (gebruikershandleiding plakvallen)



Figuur 16: Geleide bestrijding in het veld met plakvallen

4.3 Beheersmethoden van de wortelvlieg

4.3.1 Cultuurmaatregelen

Door het toepassen van cultuurmaatregelen kan men er voor zorgen dat de kans op schade van de wortelvlieg beperkt wordt. Het doel van cultuurmaatregelen is het verhogen van de weerstand van het gewas. Voorbeelden van teeltmaatregelen zijn aanpassen van de plantdichtheid of het tijdstip van zaaien en oogsten. Verschillende soorten cultuurmaatregelen worden hieronder toegelicht.

Men kan een zekere aantasting van de wortelvlieg tolereren. In de biologische dynamische teelt is het gebruikelijk om die delen van het perceel die het meest zijn aangetast (meestal de perceelranden) niet voor de verse consumptie te gebruiken (Schoneveld en van den Berg, 1993).

Het toepassen van een ruimere vruchtwisseling verkleint de kans op een aantasting van de wortelvlieg. Er wordt aangeraden ompeen niet intensiever te telen dan 1:4, 1:5. Ook een voorvrucht van andere schermbloemigen (peterselie, selderij, knolvenkel etc) kan problemen veroorzaken (Schoneveld en van den Berg, 1993).

Het toepassen van een goed perceelsrandbeheer is ongunstig voor de wortelvlieg . In de levenscyclus van de wortelvlieg speelt een luwe plek een belangrijke rol. Door te voorkomen dat in sloten en bermen de planten te hoog groeien wordt een belangrijke luwe schuilplaats weggenomen, zodat de leefomstandigheden voor de wortelvlieg minder gunstig worden. Tevens moet worden voorkomen dat in bermen en sloten andere waardplanten van de wortelvlieg voorkomen (Schoneveld en van den Berg, 1993).

Men kan er voor kiezen om alleen de rand van het perceel te behandelen tegen de wortelvlieg. Dit dient dan wel te gebeuren op grote en open percelen. De schade aan de rand van het perceel is groter dan verderop in het perceel. De mate van dit randeffect hangt af van de infectiedruk. In Duitsland en Frankrijk is deze wijze van bestrijden gebruikelijk (Schoneveld en van den Berg, 1993).

Het voorkomen van grondbewerking tijdens de teelt verkleint de kans op wortelvliegschade. Door tijdens de teelt te schoffelen wordt de aantasting van wortelvlieg verergerd. Door de open grond krijgt de wortelvlieg meer kans om haar eieren in de grond te brengen (Schoneveld en van den Berg, 1993). Tijdens het schoffelen wordt er door het gewas gereden waardoor bladeren aangeraakt en gekneusd worden. De peen verspreidt als gevolg hiervan extra duidelijk haar specifieke geur, waardoor de wortelvlieg wordt aangetrokken (de Lange, 1986).

Men kan rekening houden met het zaaitijdstip van de peen. Door te zaaien op het moment dat de eerste vlucht zijn piek heeft bereikt wordt schade voorkomen. Drie tot vier weken na het zaaien is er namelijk pas voldoende gewas gevormd om de wortelvlieg aan te trekken (de Lange, 1986).

Men kan rekening houden met het oogsttijdstip van de peen. De schade aan de wortels wordt pas 3 á 4 weken na de piek van de vlucht zichtbaar. Door binnen drie weken na de piek van een vlucht te oogsten wordt schade voorkomen (Schoneveld en van den Berg, 1993). De wijze van oogsten is eveneens van belang. Men dient zoveel mogelijk in zijn geheel of in grote partijen te oogsten (Van 't Sant, 1961).

Ook kan ervoor worden gekozen om eerder te rooien zodat schade van de latere generaties voorkomen kan worden (Finch en Collier, 2000).

Het komt in de praktijk vaak voor, dat men aangetaste wortelen op het veld laat staan, omdat oogsten niet lonend is. De wortelen blijven dan staan totdat ze al dan niet ondergespit worden of weggroten. In een dergelijk geval hebben maden ruim de gelegenheid zich in de grond te verpoppen. Uit deze poppen ontwikkelen zich dan nieuwe vliegen. Door vroegtijdig opruimen kan dit voorkomen worden (Van 't Sant, 1961).

Mulchen met 5 cm grassnijdsel verhindert de vliegen hun eitjes te leggen in de grond. De mulchlaag kan worden aangebracht zodra de wortelplantjes 10 cm hoog zijn. De mulchlaag moet het gehele seizoen worden onderhouden (1).

Na de oogst de grond culteren of anderszins bewerken zodat larven in de grond blootgesteld worden aan vorst of vogels (1).

In Ontario, Canada werden larven en poppen van de wortelvlieg gedood doordat percelen grond twee tot drie weken onder water hadden gestaan. Dit werd veroorzaakt door een orkaan (Dufault and Coaker, 1987).

4.3.2 Mengteelten

Algemeen

Mengteelt kan worden omschreven als het telen van twee of meerdere gewassen op hetzelfde gebied of perceel. De gewassen hoeven niet op hetzelfde moment te worden gezaaid of geoogst, maar ze groeien samen gedurende een langere periode in het groeiseizoen. Een gewas dat niet wordt geoogst voor de consumptie wordt een levende mulch genoemd. Om een groot aantal redenen worden deze gewassen gebruikt als levende mulch. Ze kunnen het hoofdgewas vrij houden van plaaginsecten, ze kunnen het organische stof gehalte verhogen, ze kunnen erosie beperken, ze kunnen extra stikstof leveren en ze kunnen onkruidgroei onderdrukken (Rämert, 1996).

Mengteelt met klaver

In sluitkool en spruitkool zijn onderdrukkende effecten gevonden op een reeks van aantastingen, zoals onder andere koolvlieg. In prei en venkel veroorzaakt onderzaai met klaver geïnduceerde resistentie tegen trips. Van koolluis en koolvlieg is bekend dat beiden problemen hebben met het vinden van hun waardplant in een groen op groen onderzaai situatie. Hiervoor is klaver zelfs niet eens nodig. Als een insect zijn waardplant niet

effectief kan vinden dan ontstaan er problemen door energieverlies en hogere kans op sterfte. Deze visuele misleiding is dus erg effectief voor een aantal plagen. In het geval van de wortelvlieg is het mogelijk dat zij zich niet zodanig in het gewas met onderzaai kan oriënteren om de eieren op de juiste plaats te leggen. Dit zou de aantasting al geweldig kunnen beperken in de teelt van biologische wortelen (Schelling en Theunissen, 2000).

Mengteelt met tuinbonen

De tussenteelt van tuinbonen met peen, met een 40 cm rijafstand, zorgde ervoor dat plaaginsecten gedesorienteerd raakten zodat de schade van onder andere de wortelvlieg significant afnam. Hetzelfde effect was te zien door het mulchen met zaagsel. Wanneer men een mulch met zaagsel aanbrengt wordt de wortelvlieg verhinderd om zijn eieren in de grond af te zetten. Het toepassen van deze twee beheersmethoden zorgde er tevens voor dat er 19 verschillende soorten *Carabidae* in het proefveld werden waargenomen (Luik et al, 2000).

Mengteelt met ui

Reuk speelt bij de wortelvlieg pas een rol als ze dicht bij de peen aangekomen is. Door de overheersende lucht van uien is de wortelvlieg niet in staat de specifieke peenlucht te onderscheiden (de Lange, 1986).

Uit onderzoek kwam naar voren dat het effect van tussenteelt met ui een behoorlijke verlaging van de schade laat zien. Peen geteeld met ui liet een schadepercentage zien van 11, 14 en 17%. Peen zonder tussenteelt liet een schadepercentage zien van 41, 64 en 38% (Paroussi, 2002).

Deze mengteelt kan het beste gedaan worden met jonge uien. Wanneer de uien ouder worden neemt de effectiviteit van de mengteelt af. Jonge uien zorgen er tevens voor dat het percentage *Carabidae* en *Staphylinidae* predatoren in de mengteelt toeneemt (Uvah en Coaker, 1984).

Andere gewassen die sterk ruiken en de wortelvlieg verwarren zijn rozemarijn, knoflook en salie. *Pimpinella major*, grote bevernel, kan mogelijk het proces van waardplant selectie verstoren (Degen en Städler, 1998).

Vanggewas

Gebaseerd op de biologie van de wortelvlieg kan men er voor kiezen om een vanggewas rondom een perceel peen te planten. De meeste schade die de wortelvlieg aanricht is in

de rand van het perceel. Naarmate men meer naar het midden van het perceel komt wordt de aantasting van wortelvlieg minder.

Wanneer men in de perceelsrand een wortelvlieg vatbaar ras plant wordt de mogelijkheid dat het hoofdgewas aangetast wordt beperkt. Men kan ook kiezen voor een ander attractief lid uit de familie van schermbloemigen. Wanneer dit vanggewas op het juiste moment wordt vernietigd dan kan men de levenscyclus van de wortelvlieg verstoren. Er dient veldonderzoek gedaan te worden naar deze methode van beheersing (Davies, 2002).

Telen van resistente/tolerante variëteiten

Sommige variëteiten van peen kennen resistentie of tolerantie. Misschien berust deze eigenschap op een verlaagd gehalte chlorogenic acid. Dit zuur is een voedingsstof en trekt de larven aan (1).

Voorbeelden van variëteiten zijn: Carrot F1 Fly Away, T&M Fly Away (beide resistent) en Sytan, Jaune Obtuse du Doubs, Gelbe Rheinische (tolerant) Sommige variëteiten zijn juist zeer gevoelig en die moeten vermeden worden. Gedeeltelijke resistentie is gevonden bij sommige Nantes variëteiten: schade en populatie worden tot de helft gereduceerd. De resistentie heeft te maken met chlorogenic acid in de wortelen. Het gedeeltelijk resistente gewas kon langer in het veld blijven. In wilde wortelsoorten werd nog hogere resistentie gevonden. Planten werden uitgegeven aan zaadfirma's die zo ondermeer de resistente variëteit Flyaway konden kweken (6) (Ellis and Derridj, 1999) (Ellis et al, 2003).

4.3.3 Barrières

Verticale barrières en insectengaas

Verticale barrières rondom de perceelsrand kunnen er voor zorgen dat wortelvliegen niet in staat zijn het peengewas in te vliegen. De wortelvlieg vliegt maximaal 80 cm boven de grond richting het peengewas, om vervolgens haar eieren af te zetten (7).

Door het toepassen van een levende verticale barrière, graan of *Miscanthus*, of een gazen/plastic scherm rondom het perceel wordt de wortelvlieg belemmerd het peengewas in te vliegen.

Er is onderzoek nodig om de effectiviteit en het financiële aspect van deze zogenoemde barrières te onderzoeken (Davies, 2002).

Onderzoek heeft uitgewezen dat het toepassen van een 1,20 meter hoog gazen scherm rondom een perceel peen de aantasting van de wortelvlieg significant doet verminderen. Wanneer er tevens een schuine flap van 50 cm wordt toegevoegd kan het aantastingspercentage nog verder worden verminderd. Het percentage onverkoopbare wortelen, beschadigde wortelen en verminderde opbrengst was significant hoger in het niet met gaas omgeven proefveld (Vernon en Mc Gregor, 1999).

Tussenteelt van peen en luzerne, *Medicago littoralis*, vermindert de intensiteit van de schade door de wortelvlieg. Naarmate de wortelvlieg populatie groter werd, werd het beschermende effect van luzerne groter. Een nadeel van deze tussenteelt is dat van zowel de luzerne als de peen de opbrengst wordt verminderd (Rämert, 1996).

Bij kleine percelen en in de amateur-tuinderij wordt gebruik gemaakt van insectengaas. Het gebruik van dit gaas is echter kostbaar (Schoneveld en van den Berg, 1993). Dit gaas wordt over het gewas aangebracht voordat de wortelvlieg actief wordt. Op deze manier kun je er voor zorgen dat er geen eiafzet kan plaatsvinden (Finch en Collier, 2000).

4.4 Biologische bestrijding

4.4.1 Natuurlijke vijanden

Algemeen

Enkele studies hebben aangetoond dat sommige weersomstandigheden dodelijk kunnen zijn voor de wortelvlieg. Een hoge doding van de eieren van de wortelvlieg werd waargenomen wanneer de temperatuur boven de 26°C uitkwam met een lage luchtvochtigheid. Een vroege doding van de larven van de wortelvlieg was te wijten aan een lage luchtvochtigheid (54%), een lage bodemvochtigheid (lager dan 10%), een hoge temperatuur iets boven het grondoppervlak (meer dan 35°C) (Dufault and Coaker, 1987).

Parasieten

Een belangrijke parasiet van larven en poppen van de wortelvlieg is *Chorebus gracilis* (Nees) *Chorebus gracilis* (Nees) wordt ook wel *Dacnusa gracilis* of *Dacnusa postica* genoemd. *Chorebus gracilis* (Nees) behoort tot de orde van vliesvleugeligen,

Hymenoptera en tot de familie van *Braconidae*. Deze parasiet komt voor in de Verenigde Staten, Frankrijk, Duitsland, Nederland, Noorwegen, Polen en Zwitserland (CAB International, 2003).

Een andere belangrijke parasiet van larven en poppen van de wortelvlieg is *Basalys tritoma* (Thomson). *Basalys tritoma* wordt ook wel *Loxotropa tritoma* (Thomson) genoemd. *Basalys tritoma* (Thomson) behoort tot de orde van vliesvleugeligen, *Hymenoptera*, en tot de familie van *Diapriidae*. Deze parasiet komt voor in de Verenigde Staten, Duitsland en Noorwegen (CAB International, 2003).

Onder de mindere belangrijke parasieten van larven en poppen van de wortelvlieg vallen *Kleidotoma nigra* en *Kleidotoma psiloides* Westwood. Beide parasieten behoren tot de orde van vliesvleugeligen, *Hymenoptera* en tot de familie van *Eucoilidae*. *Kleidotoma nigra* komt voor in Duitsland en *Kleidotoma psiloides* Westwood komt voor in Engeland (CAB International, 2003).

Verder worden de volgende parasieten nog genoemd. *Aphaereta cephalotis*, een soort die ook parasiteert op de uivlieg, *Alysia apii* en *Adelura apii* (van 't Sant, 1961).

Roofvijanden

De twee belangrijkste roofvijanden van de wortelvlieg behoren tot de familie van *Carabidae* en *Staphylinidae*.

Carabidae, loopkevers, eten eieren van de wortelvlieg in de Verenigde Staten (CAB International, 2003).

Een van de soorten uit deze familie is *Bembidion quadrimaculatum*. Deze roofvijand voedt zich met eieren van de wortelvlieg onder laboratorium omstandigheden. Tijdens veldomstandigheden in het voorjaar viel een groot verlies aan eieren samen met een hoge activiteit van deze kever (Rämert, 1996).

Een ander soort uit deze familie is *Trechus quadristriatus*. Deze soort voedt zich ook met de eieren van de wortelvlieg, maar dan wel de eieren afkomstig uit de tweede generatie wortelvliegen. De predatie ging gepaard met een hoge activiteit van de kever (Rämert, 1996).

Staphylinidae, kortschildkevers, prederen wortelvliegen van de eerste generatie (Rämert,

1996).

Een van deze predatoren is *Aleochara sparsa*, die behoort tot de orde van *Coleoptera* en tot de familie van *Staphylinidae*. *Aleochara sparsa* komt voor in Engeland (CAB International, 2003).

Kleinere soorten van Aleocharinae, uit de familie van de kortschildkevers, voeden zich tevens met eieren van de wortelvlieg (Burn, 1982).

Met behulp van potvallen heeft men in Nieuw Zeeland gekeken naar de aanwezigheid van predatoren in een perceel peen. De volgende predatoren bleken aanwezig te zijn in het perceel peen: kortschildkevers, hangmatspinnen, wolfspinnen, hooiwagens en loopkevers (Sivasubramaniam et al, 1997).

Behalve vogels en spinnen, die als roofvijanden van de vliegen ongetwijfeld een rol spelen, treden enkele roofvliegen als vijanden van de wortelvlieg op. Één van de meest algemene voorkomende roofvliegen in ons land is een *Coryneta*-soort (van 't Sant, 1961).

4.4.2 Commercieel beschikbare belagers van de wortelvlieg

Schimmels

De schimmel *Entomophthora muscae*, letterlijk insectendoder van de vlieg, maakt vooral in de herfst menig slachtoffer. De meeste slachtoffers maakt *E. muscae* onder huisvliegen, luisterend naar de Latijnse naam *Musca domestica*. In Nederland kan de wortelvlieg ook aangetast worden door deze schimmel (CAB International, 2003).

De sporen van *E. muscae* zijn van een speciale, zeer kleverige slijm laag voorzien en blijven daarom makkelijk aan een nietsvermoedende vlieg plakken. De sporen kiemen en de schimmeldraad die uit de spore groeit, breekt met kracht door het exoskelet van de vlieg en groeit de vlieg in. Eenmaal binnen groeit de schimmel in het vliegenbloed, vermenigvuldigt zich daar snel en bereikt uiteindelijk de hersenen van het vliegje. Daar gekomen grijpt *E. muscae* de macht; hoe of wat precies is onbekend, maar de vlieg krijgt een uitgesproken voorkeur voor hoge, lichte plekken. Eenmaal aangekomen op de top van een grasspriet of de bovenkant van het vensterglas, begint *E. muscae*. Eerst kleeft de vlieg met zijn zuignuit (proboscis) vast aan het oppervlak en op het moment dat de aanhechting verzekerd is, beginnen de stuiptrekkingen, waarbij zowel poten als vleugels betrokken zijn. Nu begint de uitgroei van *E. muscae*. Op de zwakke, zachte plekken

tussen de platen van het exoskelet komen sporendragende schimmeldraden van de schimmel te voorschijn. De sporen worden met kracht weggeschoten en belanden in de omgeving van de dode vlieg. Om infectie van een volgende vlieg te waarborgen, zorgt *E. muscae* er via de stuip trekkingen bovendien voor dat de vlieg sterft in een houding die volgens sommige onderzoekers duidt onweerstaanbaarheid voor andere vliegen. *E. muscae* is dus uitermate goed aangepast aan het parasiteren van vliegen (5).

Er zijn echter hoge kosten aan verbonden om deze schimmel te produceren. Tevens is de schimmel erg vatbaar voor omgevingsfactoren (Finch, 1993).

De wortelvlieg dient geïnfecteerd te worden, wanneer hij 1 tot 4 dagen oud is. Wanneer dit gebeurt, is de wortelvlieg niet in staat zijn eieren bij de waardplant af te zetten.

Wanneer de wortelvlieg wordt geïnfecteerd als hij 5 dagen of ouder is dan wordt er een normaal eileg patroon vertoond (Eilenberg, 1987).

Tolypocladium cylindrosporum is een schimmel die ook in staat is om de wortelvlieg te parasiteren (Lam et al, 1988).

Beauvaria bassiana is een bodemschimmel die wereldwijd voorkomt. De schimmel dood zowel volwassen insecten als verschillende stadia's van insecten (larven). Voorbeelden van deze insecten zijn witte vlieg, luis, sprinkhaan, termieten, verschillende soorten kevers etc. De schimmel kent verschillende soorten stammen met ieder hun eigen specifieke insectengroep die geïnfecteerd worden. In de bodem leeft de schimmel van organisch materiaal (12).

Beauvaria produceert sporen die bestendig zijn tegen extreme omgevingsfactoren. Met het produceren van deze sporen begint de infectie. De sporen infecteren het insect via de buitenkant van de huid. Onder invloed van de juiste temperatuur en vochtigheid dringen de schimmelsporen door in de opperhuid van het insect. De hyfe die groeit uit de sporen scheiden enzymen af die zorgen dat de opperhuid oplost, zodat de huid wordt gepenetreerd en de sporen in het insect verder kunnen groeien (12).

Eenmaal in het insect wordt er een gif geproduceerd, *Beauvericin*, dat het immuunsysteem van het insect aantast. Het insect sterft uiteindelijk. De fungus is in staat verder te groeien door het lichaam. Wanneer de omstandigheden gunstig zijn, groeit de fungus door de zachtere delen van lichaam en ontstaat de karakteristieke witte huid. De relatieve luchtvochtigheid moet 92% of hoger zijn voordat dit gebeurt. *Beauvaria*

bassiana is verkrijgbaar als bacteriologisch insecticide. Het duurt ongeveer 3 tot 7 dagen voordat het insect is gedood. Daarom moet men rekening houden dat langer duurt voordat resultaat zichtbaar (12).

Bacteriën

Pogingen in Duitsland om het gebruik van pesticiden terug te dringen zijn gericht op het gebruik van stammen van de bacterie *Bacillus thuringiensis*. Een specifieke stam van deze bacterie, *Bacillus thuringiensis subsp israelensis* is werkzaam tegen *Diptera*. (Gerritsen, 2003).

Entomopathogene nematoden

Er is onderzoek gedaan naar de mogelijkheid om de wortelvlieg te bestrijden met behulp van entomopathogene nematoden. Vanaf het midden tot eind juni werd door middel plakvallen de aanwezigheid van wortelvlieg bekeken. Deze plakvallen stonden langs de rand van het perceel, twee tot drie vallen per 4000 m². De nematoden werden toegediend op het moment dat het aantal vliegen op de plakvallen de vastgestelde drempel, 3,5 vliegen per val per week bereikte, 10 dagen na het verschijnen van de tweede generatie wortelvliegen.

Voor het toedienen van de nematoden moet de bodem vochtig zijn, de bodemtemperatuur moet boven de 10 ° graden liggen. De nematoden zijn 24 uur na het toedienen aan de grond actief.

De nematode die in deze proef is gebruikt is *Steinernema*. Er werden 330 miljoen nematoden per hectare toegediend. Deze nematoden werden toegediend in water, 400 liter per ha. Het resultaat was erg positief, 1,8% van de wortelen was aangetast, dit in vergelijking met een perceel waar gespoten was met insecticide's en waar het aantastingspercentage op 6,2% lag (Cooke, 2000).

Onder laboratorium omstandigheden is een 100% doding waargenomen van larven van het eerste stadium van de wortelvlieg door entomopathogene nematoden. Het gaat hierbij om *Heterorhabditis bacteriophora* en *Steinernema carpocapsae* (Jaworska et al, 1998).

Steriele insectentechniek

Een selectieve en doeltreffende methode om insecten te bestrijden is de steriele insectentechniek (SIT). De methode berust op het massaal loslaten van door bestraling

(met gammastralen) steriel gemaakte vliegen. Het aantal steriele mannetjes moet een veelvoud zijn van het aantal in de natuur vrij voorkomende mannetjes. Op deze manier zullen de meeste vrouwtjes met een steriel mannetje paren en niet levensvatbare eieren leggen. Door het toepassen van deze techniek is het mogelijk een populatie insecten terug naar nul te brengen. Met deze technieken zijn in Amerika al successen behaald tegen de vleesvlieg, *Callitroga hominivorax* en de fruitvliegen *Dacus cucurbitae* en *Ceratitis capitata*.

Voor het succesvol toepassen van de steriele insecten techniek moet wel aan een aantal voorwaarden worden voldaan. De voorwaarden staan hieronder vermeld.

- Het insect moet in de eerste plaats massaal gekweekt kunnen worden
- De gevoeligheid voor straling moet dusdanig zijn, dat de dosis die steriliteit verwekt niet hoger is dan de dosis waardoor de vruchtbaarheid wordt geschaad (Zwiers, 1992).
- Het insect mag alleen voorkomen in een bepaald gebied dat niet in regelmatig contact staat met een gebied waar het insect veelvuldig voorkomt (Tesch, 1964).

In de bestrijding van de uievlieg, *Delia antiqua* wordt al gebruik gemaakt van de SIT techniek. In geklimatiseerde ruimten worden grote aantallen uivliegen gekweekt die in popstadium door middel van bestraling worden gesteriliseerd. De steriele vliegen worden op een bepaalde plaats in het veld vrijgelaten waarna ze zich zelf verdelen. Het aantal vliegen dat vrijgelaten wordt, wordt bepaald aan de hand van de in de natuur voorkomende mannelijke uivliegen.

Deze techniek is goed toe te passen doordat wilde uien zeldzaam zijn en dus niet in bermen en slootkanten staan. Anders zouden hier ook steriele mannetjes uitgezet moeten worden (Zwiers, 1992).

Kijkend naar de wortelvlieg zien we een ander beeld.

De wortelvlieg komt niet alleen op geteelde schermbloemigen voor, maar ook op wilde varianten zoals berenklaauw, die aanwezig zijn in bermen en slootkanten rondom de percelen. Hier zouden dus ook steriele mannetjes moeten worden uitgezet voor de bestrijding. Deze methode is dus bij de wortelvlieg moeilijker toepasbaar.

5 Beheersmethoden vergelijkbare plagen als van de wortelvlieg

5.1 Koolvlieg

5.1.1 Inleiding

De koolvlieg, *Delia radicum*, is de grootste plaag van koolgewassen. Door vraat van de larven van de koolvlieg ontstaat er wegval en opbrengstderving of kwaliteitsverlies. De koolvlieg lijkt veel op de gewone huisvlieg maar is iets kleiner en slanker.

De gemiddelde levenscyclus van de koolvlieg wordt geschat op drie weken. De vliegen verschijnen van half april tot eind oktober. Na paring bezoeken de vrouwtjes de koolplant om de eitjes af te zetten. De koolvliegen worden door koolplanten aangetrokken door een vluchtige stof die de koolplanten afscheiden. Vanaf het blad verplaatsen ze zich via de bladsteel naar de grond. Rond de plantvoet zetten zij in kleine, oppervlakkige spleetjes in de grond hun eieren af. De koolvliegmaden komen drie tot acht dagen later te voorschijn. Deze maden gaan op zoek naar de plantvoet en dringen daar naar binnen. De maden voeden zich 19 tot 33 dagen, afhankelijk van het weer, met de kool.

Per jaar komen meestal drie generaties voor die elkaar min of meer overlappen. De vliegen komen niet altijd tot aan de grond en blijven in het hart van de kool of in de krop tussen de bladeren en zetten daar hun eieren af. Dit heeft tot gevolg dat de larven daar gaan vreten en schade ontstaat. Schade aan de plantvoet leidt meestal tot wegval in vooral droge perioden. Aantasting van larven in de kool leidt in grotere mate tot kwaliteitsverlies omdat er gangen ontstaan in de buitenste bladeren van de kool. Als de aantasting hevig is voldoen de kolen niet meer aan de kwaliteitseisen voor de veiling. Chinese kool wordt tot ongeveer juni grotendeels onder vliesdoek geteeld. De koolvlieg is daarom amper een probleem in de vroege teelt. In de zomer- en herfstteelt kan de aantasting aanzienlijk zijn. Uit onderzoek is gebleken dat vliesdoek een goede bescherming kan geven tegen de koolvlieg.

Net als de wortelvlieg heeft de koolvlieg nectar nodig om zich te voeden. De belangrijkste suikernectars zijn sucrose, fructose en glucose. Daarnaast zijn ook melibiose, lactose, trehalose, raffinose en melezitose van belang. Uit onderzoek is gebleken dat door het nuttigen van deze suikers de koolvlieg in staat was langer te leven dan koolvliegen die alleen water gevoerd kregen (Romeis et al, 2004).

Voor de ovipositie is het belang dat koolhydraat rijk voedsel wordt genuttigd om te zorgen voor de juiste kwaliteit van de eieren. Dit geldt voor de eerste vlucht/eileg van de koolvlieg. Voor de tweede en derde vlucht is naast koolhydraat rijk voedsel ook voedsel rijk aan aminozuren en proteïnes van belang (Romeis et al, 2004).

Sommige suikers, rhamnose en sorbose, hebben een repellent effect op het voedingspatroon van de koolvlieg (Romeis et al, 2004).

5.1.2 Cultuurmaatregelen

Er kan voor worden gekozen om het planttijdstip aan te passen. Door te planten wanneer de eerste vlucht haar piek heeft bereikt wordt de eerste vlucht omzeild (Finch and Collier, 2000).

Tevens kan het tijdstip van oogsten worden aangepast zodat schade van latere generaties kan worden beperkt (Finch and Collier, 2000).

Het toepassen van vruchtwisseling is een ander voorbeeld van een cultuurmaatregel. Hierdoor kan schade van de koolvlieg worden beperkt (Finch and Collier, 2000).

Men kan zorgen voor een goed perceelsrandbeheer. Dit houdt in dat sloten en perceelsranden op gezette tijden worden gemaaid. Door het maaien wordt voorkomen dat er wilde waardplanten in de directe omgeving van het perceel groeien en schuilplaatsen voor de koolvlieg worden op deze manier vernield (Finch and Collier, 2000).

5.1.3 Mengteelt

Algemeen

Zoals in paragraaf 6.2 staat vermeldt, worden gewassen om uiteenlopende redenen gemengd geteeld. In het geval van de koolvlieg wordt het mede toegepast om aantasting van de koolvlieg te beperken.

Wanneer gemengd geteeld wordt moet om aantal dingen worden gedacht: de afstand tussen de waardplant en de niet waardplant, het hoogteverschil tussen de waardplant en de niet waardplant en de grote van het blad van de waardplant ten opzichte van de niet waardplant (Morley et al, 2003)

Mengteelt met *Chenopodium album*

Tijdens onderzoek is de rol van mengteelt met 20 niet waardplanten van koolvlieg onderzocht om mogelijk de eileg van de koolvlieg te verstoren. Van deze 20 planten bleek dat het onkruid *Chenopodium album*, melganzevoet, het beste de waardplant selectie verstoort. In totaal werd 18% van de afgezette eieren gevonden bij de waardplanten omgeven door melganzevoet. Op het onkruid *Fumaria officinalis* werd 64% van de in totaal afgezette eieren gevonden.

De verstoring van de waardplant selectie heeft te maken met de groene bladeren van de niet waardplanten. De koolvlieg kan de waardplant moeilijk onderscheiden wanneer er sprake is van een groen op groen situatie (Finch et al, 2003)

Mengteelt met klaver

Een onderzaai met klaver in kool kan de waardplant selectie van de koolvlieg verstoren. Er is echter sprake van opbrengstverlies van de kool (Finch and Kienegger, 1997).

Het toepassen van een onderzaai met klaver zorgt er tevens voor dat een parasiet van de koolvlieg, *Trybliographa rapae*, in grote aantallen aanwezig is dan wanneer alleen kool wordt geteeld (Villeneuve et al, 2000).

5.1.4 Overige beheersmethoden

Vanggewas

Een andere aanpak om de aantasting van koolvlieg te beperken is het telen van een vanggewas samen met het hoofdgewas. Het vanggewas moet aantrekkelijker zijn voor de koolvlieg dan het hoofdgewas, zodat de schade van de koolvlieg kan worden beperkt. Uit onderzoek is gebleken dat de koolvlieg een sterke voorkeur heeft voor Chinese kool, op de voet gevolgd door *Brassica rap L.*, raap (Rousse et al, 2003).

In veldproeven is vervolgens gekeken naar het verschil tussen het telen van een vanggewas (raap) samen met het hoofdgewas (broccoli) en alleen het hoofdgewas. In veldjes met een vanggewas was het aantal aanwezige natuurlijke vijanden, *Aleochara*, hoger dan in de veldjes met alleen het hoofdgewas. Er werden minder broccoli planten aangetast en meer koolvliegen geparasiteerd in de veldjes met een vanggewas dan in de veldjes met alleen het hoofdgewas (Rousse et al, 2003).

Insectengaas

Insectengaas kan op verschillende manieren worden toegepast. Men kan het gaas over het gewas aanbrengen zodat er geen eiafzet kan plaatsvinden. Een andere mogelijkheid is het afschermen van een perceel. Tijdens onderzoek is een proefveld omheind met een 1,35 m hoog gazen scherm. Dit scherm werd tevens voorzien van een schuine flap van 50 cm. Deze omheining zorgde ervoor dat het aantastingspercentage 81% minder was dan in proefveldjes zonder omheining met gaas. Het merendeel van de koolvliegen was dus niet in staat om over het gazen scherm te komen (Bomford et al, 2000).

5.2 Uievlieg

5.2.1 Inleiding

De uievlieg, *Delia antiqua*, is het belangrijkste schadelijke insect in de teelt van uien. Er zijn twee tot drie generaties per jaar in de periode van mei tot en met september. De uievlieg overwintert als pop in de grond. In het voorjaar komen de vliegen uit de grond op plaatsen waar het vorige jaar uien stonden. De vliegen gaan dan op zoek naar naburige uievelden en leggen hun eitjes bij de jonge planten. Wanneer geen bestrijding wordt toegepast kan de schade zeer groot zijn.

De eerste vlucht van de uievlieg duurt van ongeveer begin mei tot de tweede helft van juni. Ongeveer tien dagen nadat de vliegen te voorschijn komen zetten deze hun eieren af. De eerste vlucht veroorzaakt meestal de meeste schade.

Drie weken na het uit de eieren komen is de made volwassen en gaat over in het popstadium. Uit slechts een deel van deze poppen komen, na drie weken, vliegen die de tweede vlucht vormen; de overigen blijven in de grond om daar te overwinteren.

De tweede generatie duurt van ongeveer begin juli tot en met september. De maden van deze vliegen kunnen de uien aantasten, maar dit leidt niet meer tot wegval en de schade blijft beperkt tot een aantal aangevreten uien. Deze uien worden daardoor misvormd.

Net als de wortelvlieg en de koolvlieg heeft ook de uievlieg nectar nodig om zich te voeden.

De uievlieg reageert op kleur om bloemen te vinden waaruit de nectar wordt gehaald. De uievlieg voedt zich ook met sucrose, fructose en glucose.

Uit onderzoek is gebleken dat door het nuttigen van deze suikers de uievlieg in staat was langer te leven dan uievliegen die alleen water gevoerd kregen. (Romeis et al, 2004).

Uievliegen hebben water en koolhydraat rijk voedsel nodig voor een normale ovipositie. Ook moet het voedsel aminozuren en proteïnes bevatten. (Romeis et al, 2004).

5.2.2 Cultuurmaatregelen

De vlieg van de tweede generatie zet graag haar eieren af op mechanisch beschadigde bollen in gewassen die nog op het veld of op uien die na het rooien op het perceel zijn achtergebleven.

Waarschijnlijk wordt de vlieg hierbij aangetrokken door de microbiële activiteit op beschadigde of anderszins verzwakte planten. Het is daarom verstandig deze beschadigde bollen te verwijderen.

5.2.3 Mengteelt

Mengteelt met Pelargonium

Tijdens het onderzoek beschreven in paragraaf 7.1.2 zijn ook niet waardplanten voor de uievlieg getest. De plant die de waardplant selectie het best verstoorde was een groenbladige variant van *Pelargonium × hortorum* L.H. Bail, 8% van de eieren werd rondom de met *Pelargonium* omgeven waardplanten afgezet. 57% van de eieren werden afgezet rondom de met *Mentha piperita × citrata* omgeven waardplanten, deze plant verstoorde het minst de waardplant selectie (Finch et al, 2003).

5.2.4 Steriele insectentechniek

De steriele insecten techniek is een biologische manier om uievliegen te bestrijden. Bij deze vorm van bestrijding wordt de uievlieg bestreden met soortgenoten. In geklimatiseerde ruimten worden grote aantallen uievliegen gekweekt die in popstadium door middel van bestraling worden gesteriliseerd. De steriele uievliegen worden vervolgens in het veld losgelaten.

Het aantal steriele vliegen dat wordt vrijgelaten is afhankelijk van het aantal uievliegen dat in het veld voorkomt. Dit wordt bepaald met behulp van vliegenvallen. Aan de hand van het aantal gevangen uievliegen wordt een overmaat steriele uievliegen losgelaten.

De meest wilde uievliegvrouwtjes paren vervolgens met een steriel mannetje, waardoor niet levensvatbare eieren worden afgezet.

Een bedrijf dat zorgt voor het loslaten van steriele uievliegen in het veld is de Groene Vlieg uit Nieuwe Tonge. Per week of per 14 dagen vanaf mei tot en met augustus laat de Groene Vlieg steriele vliegen los in het veld.

Soms is de uievliegdruk zo hoog dat het niet mogelijk is de steriele insecten techniek rendabel uit te voeren. Het gaat dan vaak om eerstejaars plantuien, waarop uievliegen zich veel gemakkelijker voortplanten dan op bijvoorbeeld zaaiuien. Er wordt dan geadviseerd een bespuiting uit te voeren om de druk omlaag te brengen. Binnen een week na het uitvoeren van de bespuiting, het omlaag brengen van de uievliegdruk, kunnen er weer steriele vliegen worden losgelaten.

6 Eigen onderzoek, kweek van de wortelvlieg

6.1 Inleiding

In Wädenswill, Zwitserland, loopt sinds een aantal jaren een kunstmatige kweek van de wortelvlieg in een gesloten omgeving.

Met behulp van een dergelijke opkweek is het mogelijk om middelen voor de bestrijding van de wortelvlieg aan een snelle screening te onderwerpen alvorens de middelen in het veld worden getoetst. Onder veldomstandigheden is men afhankelijk van de aanwezigheid van de wortelvlieg in het gewas om de middelen te kunnen testen.

Dit was de belangrijkste reden voor het opzetten van een kweek van de wortelvlieg bij PPO te Lelystad.

6.2 Materiaal en methode

Bij het proefbedrijf te Lelystad is een witlof cel geschikt gemaakt voor de kweek van de wortelvlieg.

In de cel is assimilatie belichting aangebracht, welke brandt gedurende 16 uur per dag. De temperatuur is ingesteld op 20°C en de relatieve luchtvochtigheid op 70 – 75%.

In de cel zijn twee tafels gemaakt. Deze tafels zijn gemaakt van 24 groente kratten en 2 pallets. Boven op de pallets is een stuk plastic gelegd, zodat de vliegen niet kunnen ontsnappen. Boven elke tafel zijn twee assimilatielampen geplaatst.

De twee kooien die worden gebruikt hebben ieder een afmeting van 1 × 1 × 1 meter. Het frame is van hout en hierop is gaas met een maas van 0,75 mm bevestigd. Om werkzaamheden in de kooi te verrichten is één zijkant voorzien van klittenband.



Figuur 17: Kooi voor de kweek van de wortelvlieg.

Voor de kweek van de wortelvlieg zijn jonge peen planten nodig. Daarom is er peen in potten gezaaid en uitgedund tot tien planten per pot. Voor de proef zijn 10 van deze potten nodig.

In Wädenswill, waar de kweek van de wortelvlieg al loopt, zijn eieren van de wortelvlieg besteld. Deze eieren zijn met behulp van luchtpost vervoerd. De eieren lagen op een met paraffine doordrenkt filtreerpapier, verpakt in een petrischaaltje. Dit petrischaaltje was luchtdicht afgeplakt zodat de eieren niet konden uitdrogen. Het aantal eieren dat in het petrischaaltje zat is geschat op 1500 – 2000.

Na aankomst van de eieren in Lelystad, zijn de eieren bij de jonge peen planten geplaatst. De methode die hiervoor is gebruikt is inspoelen van de eieren in de grond met behulp van water. Op het moment van inspoelen waren de peen planten ongeveer 4 weken oud. Na het inspoelen van de eieren komen de eieren na ongeveer twee dagen uit. De larven kunnen zich voeden met de jonge haarwortels van de peen planten.

Het laten ontwikkelen van de poppen tot vliegen, zoals beschreven in de literatuur (Städler, 1971), gebeurt in een lege yoghurtbeker. Uit deze yoghurtbeker wordt de bodem geknipt en de bodem wordt beplakt met een fijn gaas. Op dit fijne gaas worden de poppen gelegd, de poppen worden vervolgens bedekt met een laagje grond, ongeveer 5 cm. Deze beker wordt op een petrischaaltje gevuld met water geplaatst. De beker wordt afgesloten met een passend deksel. Het water in het petrischaaltje zorgt voor een

relatieve luchtvochtigheid van 100%, wat nodig is voor de ontwikkeling van de poppen. Als de vliegen zijn uitgekomen, worden deze vliegen gebruikt om een nieuwe kweek op zetten. Door middel van ovipositie en het doorlopen van de gehele ontwikkelingscyclus kunnen dan weer nieuwe vliegen ontstaan. In onze proef hebben we deze methode niet toegepast. Wanneer we kijken naar de veldsituatie doorloopt de wortelvlieg alle ontwikkelingsstadia en na het popstadium kruipen de volwassen wortelvliegen uit de grond. Wij hebben ervoor gekozen om deze veldsituatie ook in de kweek te hanteren.

6.3 Ovipositie

In de literatuur, (Städler, 1971), staat vermeld dat voor de stimulatie van de ovipositie van de wortelvliegen goed ontwikkeld wortelloof wordt gebruikt. Dit loof wordt geplaatst in een 200 ml bruine fles. De door het wortelloof gestimuleerde vliegen zetten hun eieren af in petrischaaltjes die zijn uitgerust met een 2,5 cm dikke vochtige schuimrubberen stof. Hierover zit een zwarte nylon stof voorzien van vakjes van 1 bij 1 cm. Deze vakjes zijn gemaakt van rood garen en dienen ervoor om de eieren te tellen (Städler, 1971). In onze proef hebben we ervoor gekozen om deze methode met petrischaaltjes te hanteren, maar we hebben tevens een aantal potten met jonge peen planten in de kooi gezet, zodat er rondom deze planten ook eieren afgezet kunnen worden.



Figuur 18 Pot met peen voor ovipositie

6.4 Voedsel wortelvliegen

Een mengsel van water en agar (6%) zorgt voor het benodigde water voor de vliegen. Ook zijn er met water doordrenkte sponzen in de kooien gelegd zodat de wortelvlieg daar ook water kan uithalen. Het voer dat de vliegen te eten krijgen is uivlieg-voer. Dit voer is tevens geschikt voor de wortelvlieg. Het voer bestaat voornamelijk uit de bestanddelen melkpoeder en poedersuiker.

Het voedsel en het water – agar mengsel worden niet in de kooi geplaatst maar aan de buitenzijde, op het dak van de kooi. Om te voorkomen dat het water – agar door de invloed van de assimilatie lampen te snel opdroogt is het mengsel afgedekt met witte bakjes. Het voedsel blijft op de kooi liggen en valt er niet door heen. Doordat de kooi is opgebouwd van fijn gaas kunnen de vliegen op deze manier toch bij het voedsel.

Er is in totaal drie keer een kweek (proef) opgezet. In proef 1 en 2 zijn eieren ingespoeld in potten gevuld met peen planten, zie paragraaf 6.2. In proef 3 hebben we verschillende behandelingen aangebracht, zie tabel 3. Het aantal peen planten per pot was wederom 10. Bij de behandelingen A tot en met D hebben we alleen eieren ingespoeld.

Bij de behandelingen E tot en met H hebben we tevens stukjes bospeen (uit de winkel) rondom de behandelde planten gestoken. Bij de behandelingen I en J hebben we peen gezaaid, als voedingsbron voor de jonge larven. De planten waar rondom de eieren zijn in gespoeld, zijn gemerkt met wasknijper. Per pot zijn 5 planten behandeld.

Tabel 2: Gegevens omtrent de kweek van de wortelvlieg

	Proef 1	Proef 2	Proef 3
Inzet proef	22 april '04	6 mei '04	3 juni '04
Aantal eieren per pot	150 – 200 per pot	150 – 200 per pot	Zie tabel 3
Uitkomen eieren	28 april '04	12 mei '04	9 juni '04
Uitkomen larven	26 mei '04	9 juni '04	30 juni '04
Uitkomen vliegen	12 juni '04	26 juni '04	17 juli '04

Tabel 3: De verschillende behandelingen bij proef 3

Behandeling	Aantal eieren per plant	Opmerking
A	6	-
B	12	-
C	24	-
D	48	-
E	6	Peen bijgevoegd
F	12	Peen bijgevoegd
G	24	Peen bijgevoegd
H	48	Peen bijgevoegd
I	12	Peen bij gezaaid
J	12	Peen bij gezaaid

7 Resultaten en discussie

7.1 Betekenis van proefresultaten eigen onderzoek

Twee dagen nadat proef 1 was ingezet vielen de jonge peen planten om. Er werd eerst gedacht aan *Pythium*. De peen planten van proef 2 zijn daarom behandeld tegen *Pythium*, maar ook deze vielen na twee dagen om.

De conclusie die we konden trekken was dat de uit de eieren gekomen larven massaal de jonge peen planten gingen aanvreten. Waarschijnlijk waren de peen planten ook te klein voor larven, zodat er te weinig voedsel was. Waarschijnlijk hebben we ook teveel eieren bij de planten in gespoeld, ondanks dat in de literatuur vermeld staat dat er aantallen van 100 eieren per plant werden gehaald.

Bij de inzet van proef 3 hebben we gebruikt gemaakt van grotere peen planten. Ook het aantal eieren hebben we aangepast, we hebben verschillende behandelingen aangebracht. In tabel 2, paragraaf 6.3, staan de verschillende doseringen vermeld.

Na drie weken was te zien dat de planten in de behandelingen waar 6 en 12 eieren waren ingespoeld nog leefden, terwijl in de behandelingen waar 24 en 48 eieren waren ingespoeld de planten grotendeels waren afgestorven. Opvallend was dat ook de planten waar geen eieren bij waren ingespoeld ook afstierven.

In de behandelingen E tot en met H was te zien dat de bijgevoegde bospeen was aangetast door de larven van de wortelvlieg. De larven hadden de typische vraatgangen gemaakt en er waren larven aanwezig in de peen.

Bij het opzetten van een kweek van de wortelvlieg is het belangrijk dat het aantal eieren per behandelde plant niet hoger is dan 12. Op deze manier blijft er genoeg voedsel beschikbaar wanneer de larven uit de eieren komen, het eerste larvale stadium. Tevens is het belangrijk om rondom de behandelde planten stukjes bospeen te steken, waar de larven van het tweede en derde stadium zich mee kunnen voeden. Omdat de duur van de verschillende ontwikkelingsstadia bij 20°C bekend was konden we berekenen wanneer de vliegen zouden uitkomen, 17 juli. De eerste vliegen waren 15 juli uitgekomen.

7.2 Naar een meer effectieve controle van de wortelvlieg

De twee belangrijkste componenten die zorgen dat de wortelvlieg wordt aangetrokken door planten zijn kleur en geur. Wat betreft de kleur reageert de wortelvlieg op kleuren tussen de 300 en 450 nm. Dit is voor de wortelvlieg een stimulans om eieren af te zetten. De geurcomponenten die de wortelvlieg aantrekken zijn aanwezig in de waslaag van peenbladeren. Om een waardplant te herkennen gaat de wortelvlieg op het blad zitten om de stoffen in de waslaag waar te nemen. Wanneer deze plant een waardplant blijkt te zijn voor de wortelvlieg rent hij langs de bladstelen naar beneden om vervolgens eieren af te zetten.

De wortelvlieg vliegt maximaal 80 cm boven de grond richting het peengewas. Tussen 16.00 uur en 20.00 uur zijn de meeste vliegen in het peenveld te vinden, dus dan worden ook de meeste eieren afgezet. De voorkeur van de wortelvlieg voor de afzet van eieren gaat uit naar peen die nog niet is bezocht door andere wortelvliegen. Peen die al is aangetast of bezocht door andere wortelvliegen is mindere aantrekkelijk.

Wanneer wortelvliegen op zoek gaan naar nieuwe peen verplaatsen ze zich ongeveer 100 meter per dag. Slechts 1 á 2% van de wortelvliegen vliegt verder tussen schuilplaats en de plaats waar eieren afgezet worden.

De wortelvlieg voedt zich met nectar, afkomstig van de wilde soorten behorend tot de familie van *Umbelliferae*. Nectar is een belangrijke bron van koolhydraten en proteïnes, dit is voor de wortelvlieg nodig voor de productie van eieren.

Bestrijding van de wortelvlieg kan met behulp van zaadcoating (eerste vlucht) of door middel van een systeem van geleide bestrijding met behulp van plakvallen en gewasbespuitingen met dimethoaat.

Door de verdwijning van dimethoaat na 2007 uit het middelenpakket moet gezocht worden naar alternatieve middelen. Bij een aantal onderzoeksinstellingen in Nederland lopen daarom proeven om deze alternatieve middelen in de praktijk te testen.

Bij het toepassen van beheersmethoden wordt de schade van de wortelvlieg beperkt maar de kans op economische schade blijft aanwezig.

Het toepassen van cultuurmaatregelen zorgt ervoor dat de schade enigszins wordt beperkt, maar de kans op schade is aanwezig.

Mengteelten verstoren de waardplantselectie van de wortelvlieg. Als een insect zijn waardplant niet effectief kan vinden dan ontstaan er problemen door energieverlies en dit betekent een hogere kans op sterfte. Mengteelt met ui zorgt ervoor dat door de overheersende lucht van de uien de wortelvlieg niet in staat is de specifieke peenlucht te onderscheiden. Een voordeel van een mengteelt met ui is dat het aantal predatoren van de wortelvlieg in de mengteelt toeneemt. Een nadeel van mengteelt is de concurrentie van met het hoofdgewas. Dit kan opbrengstverliezen tot gevolg hebben.

Wanneer een vanggewas rondom een perceel peen wordt geteeld en deze wordt op het juiste moment vernietigd dan kan men de levenscyclus van de wortelvlieg verstoren. Er dient veldonderzoek gedaan te worden naar deze methode van beheersing.

Doordat de wortelvlieg maximaal 80 cm boven de grond richting het peengewas vliegt is het mogelijk peenteelten af te schermen met bijvoorbeeld insectengaas. Onderzoek heeft uitgewezen dat een gazen scherm van 1,20 m de aantasting van de wortelvlieg significant doet verminderen. Gebaseerd op de wortelvlieg zou men ervoor kunnen kiezen om bepaalde gedeeltes van het veld af te schermen.

Er moet rekening gehouden worden met beschutte plaatsen zoals bermen en sloottaluds, heggen en struikgewas. Hier vindt namelijk de paring plaats en vanuit hier vliegen ze richting een peengewas om eieren af te zetten.

De mogelijkheden voor bestrijding van de wortelvlieg met behulp van natuurlijke vijanden zijn beperkt.

Een belangrijke parasiet van de wortelvlieg is *Chorebus gracilis* (Nees). De mate van parasitisme varieert van 4 tot 63%, maar dit betekent niet dat er geen schade wordt toegebracht. Geparasiteerde larven van de wortelvliegen vreten gewoon door en verpoppen zich ook nog voordat de parasieten uitkomen.

Een andere belangrijke parasiet van de wortelvlieg is *Basalys tritoma* (Thomson). De mate van parasitisme van *Basalys tritoma* (Thomson) kan oplopen tot 14%. De mate van parasitisme is te laag om de wortelvlieg effectief te bestrijden en met een dergelijk percentage parasitisme treedt alsnog ernstige schade op.

Enkele roofvijanden uit de familie van *Carabidae* en *Staphylinidae* voeden zich met eieren van de wortelvlieg. Informatie over de hoogte van predatie is niet bekend, daarom wordt

getwijfeld aan de rol als predator.

De nematoden *Heterorhabditis bacteriophora* en *Steinernema carpocapsae* zijn mogelijk geschikt als commercieel beschikbare belagers van de wortelvlieg. Onder laboratorium omstandigheden is een 100% doding waargenomen van larven van het eerste stadium van de wortelvlieg. Onderzoek zal moeten uitwezen in hoeverre deze nematoden in het veld toepasbaar zijn.

De schimmel *Entomophthora muscae* is vooral in de herfst actief. Er zijn echter hoge kosten aan verbonden om deze schimmel te produceren. Tevens dient de wortelvlieg geïnfecteerd te worden wanneer hij 1 tot 4 dagen oud is. Wanneer dit niet gebeurt wordt een normaal eileg patroon vertoond.

Ook de schimmel *Beauveria bassiana* lijkt niet geschikt als commercieel beschikbare belager. Het duurt ongeveer 3 tot 7 dagen voordat het insect door deze schimmel is gedood. De wortelvlieg dient geïnfecteerd te worden wanneer hij 1 tot 4 dagen oud is. Wanneer dit niet gebeurt wordt een normaal eileg patroon vertoond.

Voor de bestrijding van de uievlieg maakt men gebruik van de steriele insecten techniek. Of de steriele insecten techniek ook toepasbaar is voor de wortelvlieg zal eerst gekeken moeten worden of het mogelijk is de wortelvlieg massaal te kweken. Verder moet bekeken worden aan de hand van het aantal steriele wortelvliegen dat in het veld moet worden vrijgelaten of het economisch verantwoord is.

7.3 Controle vergelijkbare plagen van de wortelvlieg

Bij de controle van vergelijkbare plagen van de wortelvlieg, de koolvlieg en uievlieg, wordt gebruikt gemaakt van dezelfde beheersmethoden als van de wortelvlieg.

Voor de koolvlieg worden de volgende methoden genoemd:

- Het toepassen van cultuurmaatregelen
- Het toepassen van mengteelten
- Het telen van een vanggewas
- Het toepassen van barrières om de koolvlieg uit het gewas te houden.

Dit betekent dat er geen beheersmethoden van de koolvlieg toepasbaar zijn voor de wortelvlieg.

Voor de uievlieg worden de volgende methoden genoemd:

- Het toepassen van cultuurmaatregelen
- Het toepassen van mengteelten
- Gebruikt maken van de steriele insecten techniek

De rol van deze steriele insectentechniek voor de wortelvlieg is al eerder besproken in paragraaf 7.2. Verder zijn er geen beheersmethoden van de uievlieg toepasbaar voor de wortelvlieg.

8 Enkele conclusies en aanbevelingen

In dit laatste hoofdstuk worden enkele conclusies getrokken en aanbevelingen gedaan die in de praktijk toepasbaar zijn of kunnen dienen voor vervolg onderzoek.

De meeste schade van de wortelvlieg komt voor aan de randen van een perceel. De invloed van opgaand struikgewas aan de randen van een perceel is hierbij van belang. Om deze schade te voorkomen zou men langs de randen van een perceel peen ui kunnen zaaien. De breedte van deze rand is aan te passen aan de mate van mechanisatie.

Peen kan het beste geteeld worden op open percelen zodat de schade van de wortelvlieg beperkt blijft. In beschutte plaatsen vindt namelijk de paring plaats en vanuit hier vliegen ze richting een peengewas om eieren af te zetten.

In de veredeling zou gekeken kunnen worden naar stoffen die aanwezig zijn in de waslaag van het wortelloof. De wortelvlieg herkent haar waardplant als zodanig door geurstoffen in de waslaag van het loof waar te nemen. Door het wegnemen of het beperken van deze geurstoffen is de wortelvlieg niet meer in staat de peen als waardplant te onderscheiden.

Door het afschermen van een perceel peen kan de schade van de wortelvlieg worden beperkt. De wortelvlieg vliegt maximaal 80 cm boven de grond richting het peengewas. Aan welke zijde een perceel moet worden afgeschermd is afhankelijk van de windrichting en de aanwezigheid van beschutte plaatsen.

Referenties

Bomford, M.K., Vernon, R.S., Pats, P., 2000. Importance of collection overhangs on the efficacy of exclusion fences for managing cabbage flies. *Environmental Entomology*. 29. 795 – 799.

Brakeboer, T., 1990. Zaad coaten tegen wortelvlieg bespaart 90% middel. *Groente- en Fruit*. 66-67

Burn, J., 1982. The role of predator searching efficiency in carrot fly egg loss. *Annals of Applied Biology*. 101. 154 – 159.

Cooke, A., 2000. Nematodes vs carrot fly. *The Grower*. June 1. 17

Davies, G., 2002. Carrot fly control workshop. Report on a workshop held at Henry Doubleday Research Association. 1 – 6

Degen, T., Städler, E., 1997. An improved oviposition assay for the carrot fly. *Entomologia Experimentalis et Applicata*. 113-117

Degen, T., Städler, E., 1997. Foliar form, colour and surface characteristics influence oviposition behaviour of the carrot fly. *Entomologia Experimentalis et Applicata*. 99 - 112

Degen, T., Städler, E., 1998. Oviposition of carrot fly (*Psila rosae*) in response to foliage and leaf surface extracts of host plants. *Chemoecology*. 8: 39-49

Drenth, H., 2003. Coating werkt goed bij juiste zaaitijdstip. *Oogstplus Landbouw*. 31 oktober. 6 – 7.

Dufault, C.P., Coaker, T.H., 1987. Biology and control of the Carrot Fly, *Psila rosae* (F). *Agricultural Zoology Reviews*. 2: 97 – 134.

Eilenberg, J., 1987. Abnormal egg laying behaviour of female carrot flies (*Psila rosae*) induced by the fungus *Entomophthora muscae*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*. 43. 1. 61 – 65.

Ester, A., Neuvel, J., 1986. Bestrijding wortelvlieg en ervaring met zaadcoating in peen in 1986. 2 – 3

Ester, A., 1990. Filmcoating bespaart middel en geeft vroege bescherming. Boerderij/Akkerbouw. 12-13

Ester, A., 1986. Pas op voor de wortelvlieg! Bestrijden? Je kunt er niet omheen. Vakdeel Vollegrondsgroenten. 6: 24-27

Ester, A., Schoneveld, J.A., 1995. Systems for the supervised control of carrot fly in the Netherlands. Method of sampling flies. IOBC/WPRS Working Group Meeting 'Integrated control in Field Vegetables'. Guitté, France.

Finch, S., Kienegger, M., 1997. A behavioural study to help clarify how undersowing with clover affects host plant selection by pest insects of brassica crops. *Entomologia Experimentalis et Applicata*. 84. 165 – 172.

Finch, S., Collier, R.H., 2003. A simple method, based on the carrot fly, for studying the movement of pest insects. *Entomologia Experimentalis et Applicata*. 110. 201 – 205.

Finch, S., Billiald, H., Collier, H., 2003. Companion planting. Do aromatic plants disrupt host plant finding by the cabbage root fly and the onion fly more effectively than non aromatic plants. *Entomologia Experimentalis et Applicata*. 109. 183 – 195.

Finch, S., Collier, R.H., 2000. Integrated pest management in field vegetable crops in Northern Europe with focus on two key pests. *Crop Protection* 19. 817 – 824.

Finch, S., 1993. Integrated pest management of the cabbage root fly and the carrot fly. Horticulture Research International, Wellesbourne. *Crop Protection* 12. 6: 423 – 430

Finch, S., Freuler, J., Collier, R.H., 1999. Monitoring Populations of the Carrot Fly *Psila rosae*. International Organisation for Biological Control. 1 – 18

Freuler, J., Siebenthal, J.de, Fischer, S., 1988. Egg mortality of the carrot rust fly, *Psila rosae* F. by soil warming. *Mitteilungen der Schweizerischen Entomologischen Gesellschaft*. 61. 3 – 4, 223 – 232.

Gerritsen, L.J.M., 2003. *Bacillus thuringiensis*, een overzicht. *Plant Research International*. 1 - 7

Jaworska, M., Simoes, N., Boemare, N., Ehlers, R., 1998. Susceptibility of carrot fly to entomopathogenic nematodes. *Proceedings held at Universidade dos Acres, Ponta Delgada, Acores, Portugal*. 1996. 267.

Lam, T.N.C., Goettel, M.S., Soares, G.G., 1988. Host records for the entomopathogenic hyphomycete *Tolypocladium cylindrosporum*. *Florida Entomologist*. 71. 1. 86 – 89.

Lange, H. de, 1986. Relatie tussen de peen (*Daucus carota*) en de wortelvlieg (*Psila rosae* F.) in hun ecosysteem. Literatuurstudie met behulp van de fenomenologische methode, ontwikkeld door Goethe. 23 – 37

Lans, M. van der, Ester, A., 2000. Strijd tegen de wortelvlieg vereist heel wat kennis. *Vakdeel Vollegrondsgroenten*. 4 – 5

Luik, A., Heidemaa, M., Viidalepp, V., 2000. The influence of intercropping and saw dust mulching on carrot yield and entomofauna. *Transactions of the Estonian Agricultural University*. 208. 115 – 120.

McLeod, D.G.R., Whistlecraft, J.W., Harris, C.R., 1985. An improved rearing procedure for the carrot rust fly (Diptera: Psilidae) with observations on life history and conditions controlling diapause induction and termination. *Can. Entomol.* 117: 1017 – 1024.

Molendijk, L.P.G., Runia, W.T., Beers, T.G.van., 2002. Inventarisatie van aaltjeskennis in de teelt van industriegroenten. *Ruimte voor Groenten, Geïntegreerde aaltjesbestrijding*. 14 – 21.

Morley, K., Finch, S., Vidal, S., 2003. Detailed studies of how undersowing with clover affects host-plants selection by the cabbage root fly. Proceedings of the IOBC-WPRS working group 'Integrated protection in field vegetable crops' Godollo, Hungary. 26. 3. 155 – 161.

Oeveren, L. van, 1994. Wortelvlieg te slim af. Akkerbouw. 6: 11

Ouden, H. den, Theunissen, J., Freriks, J.C., 1989. Cultuurmaatregelen in verband met geleide bestrijding van de wortelvlieg, *Psila rosae*. 31 – 42.

Paroussi, G., 2002. Effect of intercropping of the population density of pests in some vegetables. Proceedings of the second Balkan symposium on vegetables and potatoes, Thessaloniki, Hellas, October 2000. 507 – 511.

Polspoel, A., 1998. Een waarschuwingssysteem voor de wortelvlieg. Landbouw en techniek. 19: 41 – 43

Putter, H. de, Ester, A., 2002. Wortelvlieg beleeft moeilijke tijden. Weekblad Groenten en Fruit . 21: 14 – 15.

Rämert, B., 1996. The influence of intercropping and mulches on the occurrence of polyphagous predators in carrot fields in relation to carrot fly (*Psila rosae* (F)) damage. Journal of applied entomology 39-46

Romeis, J., Städler, E., Wäckers, F.L., 2004. Nectar and pollen feeding by adult herbivorous insects. Plants Feed Carnivores: Food Provision as a Protection Strategy. Cambridge University Press.

Rouse, P., Fournet, S., Porteneuve, C., Brunel, E., 2003. Trap cropping to control *Delia radicum* populations in cruciferous crops: first results and future applications. Entomologia Experimentalis et Applicata. 109. 133 – 138.

Schelling, G., Theunissen, J., 2000. Onderzaai van klaver in peen. Ekoland 5. 20 - 23.

Schoneveld, J.A., van den Berg, G., 1993. Onderzoek naar een systeem van geleide bestrijding van wortelvlieg (*Psila rosae*) in peen. 1 – 7

Schoneveld, J.A., Ester, A., Koot, G., 1995. Plakval geeft startsein aanpak wortelvlieg. *Boerderij/Akkerbouw* 9: 24-25

Schoneveld, J.A., 1991. Teelt van peen. Proefstation en Informatie- en Kenniscentrum voor de Akkerbouw en de Groenteteelt in de Vollegrond.

Sivasubramaniam, W., Wratten, S.D., Klimaszewski, J., 1997. Species composition, abundance and activity of predatory arthropods in carrot fields, Canterbury, New Zealand. *New Zealand Journal of Zoology*. 24. 3 205 – 212.

Städler, E., 1971. An improved mass-rearing method of the carrot rust fly, *Psila rosae* (Diptera: Psilidae). *Can. Entomol.* 103: 1033-1037

Städler, E., 1975. Daily circle of egg laying activity in the carrot fly. *Mitteilungen der Schweizerischen Entomologischen Gesellschaft*. 133 – 139.

Städler, E., Buser, H.R., 1984. Defence chemicals in leaf surface wax synergistically stimulate oviposition by a phytophagous insect. *Experienta* 40. 1157 – 1159

Tesch, J.W., 1964. Op leven en dood. Problemen rondom de chemische en biologische bestrijding van plagen. Centrum voor Landbouwpublicaties en Landbouwdocumentatie Wageningen. 170 – 175.

Tiilikkala, K., Ojanen, H., Finch, S., Hartfield, C., Brunel, E., 1999. Use of geographical information system (GIS) for forecasting the activities of carrot fly and cabbage root fly. Integrated control in field vegetable crops. Proceedings of the meeting at Chania, Crete 1997. *Bulletin OILB-SROP*. 22. 5, 15 – 24.

Uvah, I.I.I., Coaker, T.H., 1984. Effect of mixed cropping on some insect pests of carrots and onions. *Entomologica Experimentalis et Applicata*. 36. 2. 159 – 167.

Van 't Sant, L.E., 1961. Levenswijze en bestrijding van de wortelvlieg (*Psila rosae* F) in Nederland. Mededeling Proefstation Groenteteelt. Vollegrond. Alkmaar. 20 12 – 71

Vernon, R.S., Mc Gregor, R.R., 1999. Exclusion fences reduce colonization of carrots by the carrot rust fly. *Journal of the Entomological Society of British Columbia*. 96. 103 – 109.

Versluis, H.P., van Kruistum, G., 2004. Wortelvliegbestrijding met middelen als alternatief voor dimethoaat. *Praktijkonderzoek Plant en Omgeving B.V.* 1 – 13

Villeneuve, F., Bosc, J.P., Brunel, E., 2000. Intercropping in field vegetable crops: effect on native auxillary in cabbage culture. *Infos Paris*. 160. 26 – 29.

Vincent, J., Finch, S., Hartfield, C., Brunel, E., 1999. Integrated control in field vegetable crops. *Proceedings of the meeting at Chania, Crete, October 1997. Bulletin OILB-SROP*. 22. 89 – 96.

Zwiers, G., 1992. De mogelijkheden en onmogelijkheden van het signaleren en bestrijden van de koolvlieg *Delia brassicae*. *Stageverslag Agrarische Hogeschool Delft*. 30 – 41.

Geraadpleegde internetsites

1. www.myerscough.ac.uk
2. www.infra.fr
3. www.lap.gov.bc.ca
4. www.aenews.wsu.edu
5. www.natuurinformatie.nl/ndb.mcp/natuurdatabase.nl/i000296
6. reo.nii.ac.jp NII-REO Kluwer Academic Publishers – Japan
7. www.aahuisentuin.nl/page/03producten/_prodinsect/05granulaat/pgranulaat.html
8. www.asepta.nl
9. www.fytostat.nl
10. www.tuinwijzer.com/ziektewijzer/_producten/birlane_strooimiddel.html
11. www.luxan.nl/Aparte_documenten/DIME40ET.pdf
12. www.entomology.wisc.edu/mbcn/kyf410.html
13. www.cbs.nl

CD-Rom: Crop Protection Compendium; CAB International 2003

Bijlage 1. Poster demodag gewasbescherming

Bijlage 2 Oppervlak en productie groenten open teelt

Tabel 1. Totale oppervlak groenten open teelt.

Gewas	1990	1995	2000	2001	2002
	× 1000 ha				
Asperges	2,7	2,3	2,1	2,1	2,2
Bloemkool	2,4	2,1	2,2	2,3	2,5
Boerenkool	0,3	1,0	0,8	0,8	0,8
Bos- en waspeen	3,3	3,7	3,4	3,1	3,3
Broccoli	-	-	1,1	1,0	1,2
Knolselderij	1,3	1,4	1,5	1,3	1,3
Kool, rood	-	0,9	0,7	0,6	0,6
Kool, wit	-	1,7	1,7	1,6	1,7
Kroten	0,3	0,4	0,3	0,4	0,4
Prei	2,9	4,3	3,4	3,1	3,3
Schorseneren	1,4	1,5	1,2	1,2	1,2
Sla, ijsberg	0,9	1,1	2,0	1,8	1,8
Sperziebonen	-	6,0	5,2	5,5	6,3
Spinazie	1,7	1,5	2,1	1,9	2,2
Spruitkool	4,9	4,3	5,0	4,7	4,1
Winterpeen	3,0	4,9	4,7	4,5	4,7
Witlof	5,9	4,5	4,3	3,7	3,7

Bron: CBS

Tabel 2 Productie van groenten in de aangegeven jaren in miljoen kilogram

	1990	1995	2000	2001	2002
	Mln kg				
Aardbeien	36	35	34	34	35
Asperges	17	14	15	12	14
Bloemkool	45	48	43	40	42
Boerenkool	-	13	15	11	9
Bos- en waspeen	104	151	132	118	135
Broccoli	7	10	10	10	11
Champignons	246	258	265	275	270
Knolselderij	40	60	62	53	56
Komkommers	445	455	410	425	433
Kroten	12	20	21	22	23
Paprika	250	285	285	295	310
Prei	75	117	95	100	95
Rode kool	40	35	35	30	35
Schorseneren	20	30	21	22	22
Sla, ijsberg	55	55	50	45	48
Spinazie	46	48	54	49	44
Spruitkool	76	90	80	70	63
Stamsperziebonen	69	62	52	55	63
Tomaten	510	525	520	550	555
Winterpeen	170	309	253	260	287
Witlof	60	75	70	63	70
Witte kool	130	130	120	114	124

Bron: CBS

Bijlage 3 Werkplan afstudeeropdracht