

**Bestrijdingsmogelijkheden van
wortelduizendpoot in de containerteelt van
trekheesters**

Vervolgonderzoek 2012

Nina Joosten, Maedeli Hennekam, Roel van den Meiracker
Entocare C.V.
Maart 2013

ENTOCARE
Haagsteeg 4
Postbus 162
6700 AD Wageningen
Tel. +31 (0)317-411188
Email: n.joosten@entocare.nl
[http: www.entocare.nl](http://www.entocare.nl)

© 2013 Wageningen, Entocare CV

Dit document is auteursrechtelijk beschermd. Niets uit deze uitgave mag derhalve worden veelevoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand of openbaar gemaakt in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, hetzij mechanisch door fotokopieën, opname of op enige andere wijze, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Entocare CV.

Entocare is niet aansprakelijk voor schade bij toepassing of gebruik van gegevens uit deze uitgave.

Uw sector investeert in dit project via het **Productschap**  **Tuinbouw**

Productschap Tuinbouw
Postbus 280
2700 AG Zoetermeer

ENTOCARE

Adres : Haagsteeg 4, 6708 PM Wageningen
: Postbus 162, 6700 AD Wageningen
Tel. : +31 (0)317-411188
E-mail : n.joosten@entocare.nl
Internet : <http://www.entocare.nl>

Inhoudsopgave

2	Inleiding	5
2.1.	Probleemstelling.....	5
2.2.	Doelstelling	6
3	Biologie wortelduizendpoten.....	6
3.1.	Levenswijze en uiterlijk.....	6
3.2.	Gedrag van wortelduizendpoten.....	7
3.3.	Invloed van vocht.	8
3.4.	Invloed van temperatuur.....	8
3.5.	Reproductie.....	8
3.6.	Voeding.....	8
3.7.	Verdeling door de grond.....	9
3.8.	Bestrijding.....	9
4	Materiaal en methoden.....	10
4.1.	Het praktijkbedrijf	10
4.2.	Bemonstering in praktijk.....	10
4.3.	Veldexperimenten	12
4.4.	Labexperimenten	14
5	Resultaten en conclusies.....	17
5.1.	Veldexperimenten	17
5.2.	Labexperimenten	21
5.3.	Spoelen van de wortelkluit.	24
6	Discussie.....	26
7	Bronvermelding & literatuur.....	28

2 Inleiding

In de periode augustus – november 2011 heeft Entocare op verzoek van LTO Groeiservice en in nauw overleg met de BCO trekkeesters praktijkonderzoek (consultancy) uitgevoerd naar de mogelijkheden van geïntegreerde bestrijding van wortelduizendpoot in de containerteelt van trekkeesters in Nederland. Het onderzoek werd gefinancierd door het Productschap Tuinbouw. De resultaten van dit consultancy-onderzoek boden een aantal aanknopingspunten voor vervolgonderzoek naar mogelijkheden van gebruik van steenwol, diatomeeënaarde en/of een bodemschimmel in de strijd tegen wortelduizendpoot . Dat onderzoek is door Entocare uitgevoerd in 2012 en werd wederom gefinancierd door Productschap Tuinbouw. Dit verslag geeft de eindresultaten van dat onderzoek weer.

2.1. Probleemstelling

Wortelduizendpoot is een plaag die voor veel telers van trekkeesters een groot probleem vormt. De ervaring is dat wanneer ze eenmaal in de grond aanwezig zijn ze zeer hardnekkig zijn en bijzonder lastig te bestrijden. Telers geven te kennen dat ze met het huidige middelenpakket onvoldoende mogelijkheden hebben om schade aan hun gewas als gevolg van wortelduizendpoot te bestrijden.

De schade die de planten ondervinden van de aanwezigheid van wortelduizendpoot is bovengronds zichtbaar in de vorm van groeiachterstand, bladverkleuring en minder blad. Ondergronds treedt vraat aan de wortels op wat behalve groeiachterstand ook kan leiden tot infecties door bodemschimmels / bacteriën. Telers schatten dat de economische schade a.g.v. wortelduizendpoot op kan lopen tot 10 – 15% opbrengstderving.



Figuur 1: schade aan wortels a.g.v. wortelduizendpoot

2.2. Doelstelling

De doelstelling van het project is om te komen tot een duurzame en veilige aanpak van wortelduizendpoot in de teelt van trekheesters, m.n. in de containerteelt. De doelstelling is 3-ledig:

- Verwerven van meer inzicht in de levenswijze en de verspreiding van de wortelduizendpoten in de containers gedurende het seizoen om zodoende het moment van bestrijden goed te kunnen kiezen
- Verwerven van inzicht in de mogelijkheden die er zijn om insect-pathogene schimmels als bestrijder van wortelduizendpoot te gebruiken
- Verwerven van inzicht in de mogelijkheden die er zijn om vezelige stoffen (steenwol, glaswol, chitine) te gebruiken bij de beheersing van wortelduizendpoot in containerteelt

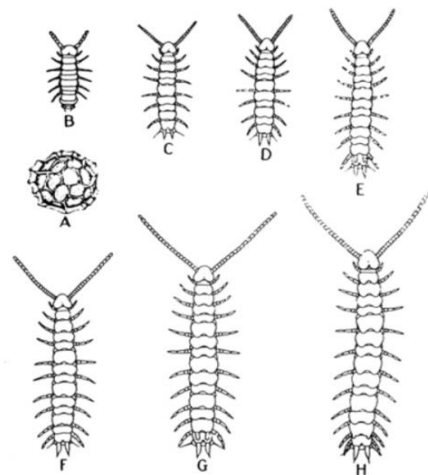
3 Biologie wortelduizendpoten.

3.1. Levenswijze en uiterlijk.

Wortelduizendpoten behoren net als insecten tot de geleedpotigen, maar wijken daar in hun biologie in een aantal opzichten van af. Ze hebben een wit uiterlijk en worden in het volwassen stadium 6-10 mm lang. Ze verschillen van andere duizendpoten doordat ze twee uitsteeksels op hun achterlijf hebben die bij andere duizendpoten ontbreken. Ze zijn zeer beweeglijk. Ze leggen eitjes in groepjes in de grond, waarschijnlijk in 2 periodes in het jaar, m.n. in het voorjaar maar mogelijk ook in het najaar (Martin 1948; Edwards; 1959). De eitjes zijn ongeveer 0,5 mm groot, rond met een enigszins gegroefd oppervlak. Ze zijn aanvankelijk wit maar verkleuren later en worden dan wat donkerder. Jonge wortelduizendpoten die uit het ei komen hebben 6 paar poten. Dit is een belangrijk verschil met springstaarten die slechts 3 paar poten hebben. Vervolgens vervellen ze 6 maal, waarbij er bij elke vervelling een paar poten bij komt. Na de zesde vervelling zijn er dus 12 pootparen. Dat aantal neemt niet verder toe. Larven lijken op de volwassen wortelduizendpoten maar zijn kleiner en hebben minder poten. Vervellingen gaan door, ook als de wortelduizendpoten al in staat zijn eieren te leggen, dus als ze geacht worden volwassen te zijn. Totaal kunnen ze tot wel 50 keer vervellen (Michelbacher, 1938). Eerste eileg treedt bij 25 °C op als ze zo'n 50 dagen oud zijn; bij lagere temperaturen duurt dat langer. Wortelduizendpoten kunnen 3-4 jaar oud worden.



Figuur 2: wortelduizendpoot



Figuur 3: diverse ontwikkelingsstadia

Eitjes worden vnl. gelegd in de hogere lagen van de grond, in clusters van zo'n 10 stuks. Ieder vrouwtje kan naar verwachting 2 clusters per half jaar aan eitjes leggen, dus totaal per jaar zo'n 40-50 eitjes per vrouwtje. Vrouwtjes kunnen eieren blijven leggen gedurende zeker 2,5 jaar. De optimale temperatuur voor overleving is tussen 12 en 20 °C (Michelbacher, 1938; Edwards, 1961). Bij hogere temperatuur is de overlevingsduur korter en bij lagere temperatuur loopt de overleving ook sterk terug. Er is wel tot 20% overleving vastgesteld na 1 maand bij 0 °C (Edwards, 1961). In de periode kort na een vervelling voeden de wortelduizendpoten zich intensief, dat kan zo'n 1½ maand duren. Dan volgt een periode van zo'n 10-14 dagen waarin ze overgaan tot eileg. In die periode voeden ze zich nauwelijks.

3.2. Gedrag van wortelduizendpoten.

Wortelduizendpoten zijn lichtschiuw, ze leven in de bodem. Ze leven vnl. van organisch afval maar lijken zelfs langere perioden zonder aanwezigheid van organisch materiaal te kunnen overleven. Bij gebrek aan organisch afval kunnen ze ook overgaan tot het eten van wortelpunten en wortelharen van levende wortels. Voor reproductie lijkt aanwezigheid van organisch materiaal wel noodzakelijk. (Shanks, 1966). Hoe meer organisch materiaal in de bodem aanwezig is, hoe meer wortelduizendpoten gevonden worden (Edwards, 1958).

Wortelduizendpoten zijn zeer mobiel. Ze worden in de bovenste bodemlaag gevonden, maar wanneer de omstandigheden daar ongunstig zijn of er onvoldoende voedsel aanwezig is kunnen ze tot zeer diep in de bodem wegkruipen; tot op een diepte van 2 meter zijn ze gevonden. Voor verplaatsing zijn ze afhankelijk van bestaande openingen in de bodem, zoals scheuren, spleten en gangen (Martin, 1948). Wanneer die aanwezig zijn kunnen ze zich snel verplaatsen, zowel horizontaal als verticaal. Martin (1948) vond geen verplaatsing in zandgrond of zware grond, tenzij daar scheuren in aanwezig waren. Verplaatsing buiten bestaande gangen is relatief langzaam. De wortelduizendpoten zijn zelf niet in staat gangen te graven. Verplaatsing door de bodem vindt plaats onder invloed van temperatuur en onder invloed van vocht.

3.3. **Invloed van vocht.**

Wortelduizendpoten zijn zeer gevoelig voor droogte. Bij lage RV in de buitenlucht treedt er veel sterfte op door uitdroging (Waterhouse, 1968). Pas bij een heel hoge RV van de buitenlucht van 90 - 100% treedt er nauwelijks tot geen sterfte op a.g.v. uitdroging. Onder droge omstandigheden is dus de verwachting dat wortelduizendpoten de bovenste bodemlagen zullen mijden en diepere lagen zullen opzoeken waar meer vocht aanwezig is. Dat geldt vooral in onbedekte bodems. Edwards (1961) heeft ook geconstateerd dat wortelduizendpoten zich tot op een diepte van 45 cm terugtrokken bij uitdroging van de bovenste grondlaag. Als de grond zeer nat is kunnen juist grote populaties in de bovenste grondlaag ontstaan (Martin, 1948). Bij een bodemvochtgehalte van minder dan 10% blijkt geen reproductie meer plaats te vinden (Shanks, 1966).

3.4. **Invloed van temperatuur.**

Bij een temperatuur tussen 5 en 10°C zijn de wortelduizendpoten traag; tussen 15 en 20 °C is hun activiteit optimaal en die neemt niet merkbaar meer toe bij nog hogere temperaturen (Edwards, 1961). Bij een temperatuur van 38 °C of hoger treedt veel sterfte op onder wortelduizendpoten. Bij een temperatuur boven de 32 °C stopt verder ontwikkeling. De temperatuur in de bovenste bodemlaag is het meest aan verandering onderhevig. Bij te hoge of te lage temperatuur zullen de wortelduizendpoten de bovenste bodemlaag verlaten. Door schaduw van gewas of een mulchlaag (mest met stro) kan dit weer teniet worden gedaan. Ook Martin (1948) constateerde dat hoge bodemtemperaturen en droogte wortelduizendpoten uit de bovenste laag kunnen doen verdwijnen. Edwards heeft geconstateerd dat temperatuur waarschijnlijk een belangrijkere regulerende factor is dan vocht (Edwards, 1959).

3.5. **Reproductie.**

De bovenste bodemlaag wordt verlaten voor het leggen van eieren. Volgens Martin (1948) worden eieren dieper dan 15 cm afgezet. Edwards (1961) nam waar dat eieren vooral tussen 5 en 15 cm diepte werden gelegd.

De bovenste bodemlaag wordt ook verlaten om te vervellen. Edwards (1961) vond zes maal zoveel vervellingshuidjes op 15-30 cm diep als op 0-15 cm diep.

3.6. **Voeding.**

Edwards (1961) stelde experimenteel vast dat wortelduizendpoten in de richting van voedsel kunnen trekken ondanks ongunstige omstandigheden. Ze bleken een voorkeur te hebben voor wortels van gezonde planten onder zeer droge omstandigheden boven vochtige grond zonder wortels. De aanwezigheid van alleen wortellexudaat bleek weliswaar minder aantrekkelijk dan tomatenzaailingen, maar bleek toch wel wortelduizendpoten te kunnen lokken.

3.7. **Verdeling door de grond.**

De verticale verdeling van de wortelduizendpoten wisselt sterk gedurende het seizoen (Edwards, 1958). In een tomatenkas werden door Edwards (1959) in de periode december/januari tot juni relatief veel exemplaren aangetroffen in de bovenste grondlaag (0-15 cm) en in de periode juli tot december in de onderste grondlaag (30-45cm). Op plaatsen waar gewas stond vond hij de meeste wortelduizendpoten.

Zowel in de kas als buiten vond Edwards (1959) altijd relatief lage aantallen in de middelste laag. Mogelijk waren dit vooral wortelduizendpoten die zich bewogen tussen de bovenste en de onderste laag. De aantallen in de onderste laag worden door hem vooral verklaard in samenhang met de condities in de bovenste laag. Het algemene beeld was dat de aantallen in de bovenste laag relatief hoog zijn als de omstandigheden daar goed zijn, maar onder slechte omstandigheden kan de aanwezigheid van jonge wortels de aantallen hier toch verhogen.

3.8. **Bestrijding.**

De laatste 10 jaar zijn er verschillende onderzoeken gedaan naar bestrijding van wortelduizendpoot in verschillende gewassen. In vooral chrysant kunnen wortelduizendpoten een groot probleem zijn bij de nieuw geplante perspotjes. Verschillende natuurlijke vijanden zijn onderzocht: een roofduizendpoot (*Lamyctes coeculus*), een roofmijt (*Hypoaspis aculeifer*) en parasitaire aaltjes. Bij geen van deze vijanden kon een bestrijdend effect worden aangetoond (Boogaard *et al.*, 2002; Boertjes *et al.*, 2004). Ook zijn er diverse insect pathogene schimmels getest, waarvan alleen *Metarhizium brunneum* een significant effect vertoonde (Boertjes *et al.*, 2004). Van een aantal middelen, waaronder Alsa, werd het verdrijvend effect onderzocht. Sommige experimentele middelen hadden een dodende werking op wortelduizendpoot (Boertjes *et al.*, 2004). Uit recent onderzoek zijn enkele nieuwe ideeën naar voren gekomen die perspectief lijken te bieden: steenwol en diatomeeënaarde.

4 Materiaal en methoden

4.1. Het praktijkbedrijf

Het praktijkonderzoek is uitgevoerd op een trekheester bedrijf in Ter Aar, hetzelfde bedrijf als in 2011. Het betreft meerjarige Viburnum planten (sneeuwballen) in 15 liter potten (containers). De planten staan op anti-worteldoek met daaronder landbouw plastic en worden boven door beregend.



Figuur 4: overzicht van het praktijkbedrijf

4.2. Bemonstering in praktijk.

De bemonstering in de praktijk is bijzonder lastig. Voorafgaand aan het onderzoek hebben we een aantal bemonsteringsmethoden uitgetest:

Bait-trapping:

stukjes 'lokaas' (aardappel, biet of peen) onderin de pot. De "bait" wordt doormidden gesneden en met het snijvlak op de grond gelegd. Het geheel wordt afgedekt om uitdroging te voorkomen. In de kweek op het lab komen er wortelduizendpoten af op stukjes peen die bovenin de kweekbak liggen. Toch zijn dit er relatief weinig voor het aantal wortelduizendpoten dat zich daadwerkelijk in de kweekbak bevindt. In de pot van de trekheester kwamen er nauwelijks wortelduizendpoten op de stukjes doormidden gesneden peen af. Waarschijnlijk hadden de wortelduizendpoten genoeg aan de aanwezige wortelpunten en was er geen noodzaak om naar de peen toe te gaan.

Grondmonsters met grondboor:

Het is vrijwel niet te doen om met een grondboor o.i.d. een monster te nemen uit de wortelkluit in de pot. De wortelkluit is erg compact en bij het boren treedt enorme beschadiging op. Waarschijnlijk zullen de wortelduizendpoten dan al gevlucht zijn voor dit geweld.

Spoelen van de wortelkluit:

De enige betrouwbare, maar destructieve methode blijkt het spoelen van de wortelkluit. Op deze manier komen alle wortelduizendpoten boven drijven en kunnen zeker alle volwassen wortelduizendpoten worden geteld. Van de larven kan een schatting worden gemaakt; deze zijn een stuk kleiner en worden makkelijker over het hoofd gezien. Het grote nadeel van deze methode is dat het destructief is en erg arbeidsintensief. Per trekheester is al gauw meer dan een uur nodig om te spoelen.

Potkluit uit pot tillen en waarnemen in lege pot en op buitenkant van kluit:

Als enige werkbare niet-destructieve bemonstering in het veld werd de potkluit opgetild uit de pot en zo de aanwezige wortelduizendpoten (meestal onder in de pot) geteld. Na het bemonsteren kan de kluit in z'n geheel terug in de container gezet worden. De meeste wortelduizendpoten zaten onderin de pot, aan de buitenkant van de kluit werden ze sporadisch gevonden en bovenin bijna nooit. De wortelduizendpoten die binnen in de potkluit zitten worden op deze manier gemist. Tijdens het onderzoek is gebleken dat er diverse factoren zijn die de waarnemingen beïnvloeden. Temperatuur en vochtigheid van de potkluit zijn 2 belangrijke factoren. Tussen potten onderling zijn er flinke verschillen evenals tussen verschillende momenten in het seizoen.

Uit praktische overwegingen hebben we in het veld desondanks de methode van potkluit tillen gebruikt bij de verschillende proeven bij de teler. Figuur 5 geeft een beeld van een pot waar de kluit uitgetild is.



Figuur 5: wortelduizendpoten onder een opgetilde potkluit



Figuur 6: bemosteringsmethode in beeld gebracht

4.3. Veldexperimenten

In de veldexperimenten hebben we 3 methoden getest op hun effect tegen het optreden van wortelduizendpoten, zowel preventief als curatief: 1) Het middel BIO 1020 waarvan de schimmel *Metarhizium brunneum* het werkzame bestanddeel is; 2) Steenwol als 2 toedieningsvormen: vlokken verspreid onderin de pot of een matje onderin de pot over het hele oppervlak en 3) bloedluispoeder met als werkzaam bestanddeel diatomeeënaarde (gefossiliseerde skeletjes van algen). Dit wordt bovenop de potkluit toegediend. Tijdens de veldproef bekijken we in hoeverre dit product ingeregend wordt en zodoende meer effectief kan worden binnenin de potkluit.

Van BIO 1020 is bekend dat het werkzaam is tegen bv. keverlarven in de grond. Zodra de larven in contact komen met sporen van de schimmel gaat deze groeien op de larve en die gaat daar uiteindelijk aan dood. De werking van steenwol en ook van diatomeeënaarde berust op hun fysieke structuur; het zijn a.h.w. kleine naaldjes waaraan wortelduizendpoten hun lichaam kapot scheuren zodra ze erlangs kruipen.

1. Preventieve behandelingen

We hebben een aantal experimenten gedaan met preventieve behandeling van de containers:

- A. Aan het begin van het seizoen heeft de teler 200 nieuwe stekken opgepot met onderin de pot een matje van steenwol. Deze stekken zijn bij elkaar op een gedeelte van het perceel

gezet waar het vorig jaar veel wortelduizendpoot gegeten heeft. Deze potten worden na enkele maanden bekeken op aanwezigheid van wortelduizendpotten in de pot.

- B. Doordat er na de vorst van februari heel weinig wortelduizendpotten te vinden waren op het perceel is er in juli eenmalig in een beperkt aantal bestaande potten preventief een aantal behandelingen toegediend:

1. Controle (5 potten)
2. Diatomeeënaarde (5 potten)
3. BIO1020 schimmelpreparaat (5 potten)
4. Steenwolblokjes onderin (3 potten)

De bloedluispoeder werd over de pot gestrooid, zodat er een laagje op lag, dit was 10 g per pot waarvan 65% uit diatomeeënaarde bestond. Het schimmelpreparaat BIO 1020 werd als rijstkorrels toegediend onderin en bovenop de pot. Er is 10 g per pot toegediend en dit is een overmaat: 7,5 g/15 l pot is voldoende voor 0,5 kg/m³ (aanbevolen hoeveelheid). De potten zijn neergezet op een stuk van het perceel waar in het voorgaande jaar flink wortelduizendpoot aanwezig was.

2. Curatieve behandelingen

- A. De verdeling van de wortelduizendpotten over het perceel is niet homogeen. Om een idee van de verspreiding van de wortelduizendpotten over het perceel te krijgen zijn er verdeeld over het perceel een aantal bestaande potten in paren neergezet. Er zijn totaal 10 potparen in mei ingezet, steeds één pot met een matje van steenwol onderin en daarnaast één pot zonder steenwolmatje. De potparen worden enkele maanden later bekeken op aanwezigheid van wortelduizendpotten. Ze geven ons een idee over de verdeling van de wortelduizendpotten over het perceel en de curatieve werking van een matje van steenwol onderin de container.
- B. Op het moment dat we wortelduizendpotten vonden bij de bemonsteringen zijn 4 behandelingen in het veld ingezet, ieder in 5 herhalingen. Dit is in september 1x uitgevoerd, op een ander deel van het perceel waar trekheesters stonden die binnen hebben gestaan tijdens de strenge vorst van februari. De behandelingen zijn:
1. Controle
 2. Diatomeeënaarde (toegediend in de vorm van bloedluispoeder) bovenop de potkluit, 10 g/pot.
 3. BIO1020, gehalte 5 kg/m³ = 10x overmaat toegevoegd als oplossing* Er is totaal 500 ml per pot toegediend zodat het mooi in de kluit verspreidde.
 4. Steenwol als mat onderin de container

*In het lab is een sporensuspensie gemaakt door de schimmelsporen van de rijstkorrels af te weken en deze vervolgens te tellen zodat we precies weten hoeveel sporen per ml er aangegoten zijn. De sporenoplossing is ook uitgeplaat op een agarvoedingsbodem om te bepalen of de sporen kiemkrachtig waren en dit was het geval.

4.4. Labexperimenten

Op het lab zijn diverse experimenten gedaan als aanvulling op de veldexperimenten. Labexperimenten hebben in vergelijking met de veldexperimenten het grote voordeel dat aantallen wortelduizendpoten bij de verschillende behandelingen exact geteld kunnen worden omdat de diverse potjes en potkluitjes veel makkelijker volledig bekeken kunnen worden.

1. Curatieve behandelingen

A. Wortelduizendpoten in een bakje van 500cc met vochtige potgrond met de volgende toevoegingen:

1. niets, controle
2. Diatomeeënaarde, 30% bloedluispoeder (bevat 65% diatomeeënaarde) door de potgrond gemengd.
3. BIO1020, aangegoten als 100 ml sporensuspensie tot 1,5 kg/m³
4. Steenwol, 20% door de potgrond gemengd.

Per bakje gestart met 10 wortelduizendpoten.

Iedere behandeling bestond uit 4 herhalingen.

Geen voedselbron aanwezig voor de wortelduizendpoten.

Aantal overlevende wortelduizendpoten is na 7 dagen geteld.

Dit experiment is 1x uitgevoerd.



Figuur 7: Bakjes met verschillende behandelingen en wortelduizendpoten

B. wortelduizendpoten in een potje met vochtige potgrond en een jonge chrysanthenstek met de volgende toevoegingen:

1. Niets, controle
2. Diatomeeënaarde, 30% bloedluispoeder (bevat 65% diatomeeënaarde) gestrooid op het potje zodat dit geheel bedekt was en vervolgens 2x per week aangegoten met water
3. BIO1020, aangegoten als 100 ml sporensuspensie tot 0,5 kg/m³
4. Steenwol als matje onderin
5. Potjes met alleen potgrond en **geen** wortelduizendpoten

Per bakje gestart met 15 wortelduizendpoten
Iedere behandeling bestond uit 4 herhalingen
Aantal overlevende wortelduizendpoten is na 18 dagen geteld
Dit experiment is 1x uitgevoerd.



Figuur 8: Opstelling experiment met jonge chrysantenstekjes

2. Migratie gedrag van wortelduizendpoten

Deze proef is uitgevoerd om te bepalen in hoeverre wortelduizendpoten zich verplaatsen van pot naar pot over de ondergrond / het gronddoek. Als ze zich verplaatsen zijn er mogelijk maatregelen zoals een steenwolmat denkbaar om verspreiding van wortelduizendpoten tegen te gaan.

Op een schaal in water staat in het midden een 500cc potje met trekheestergrond met daarin 180 wortelduizendpoten. Daarom heen staan 3x 500cc potjes met trekheestergrond en een stukje wortel en 3x 500cc potjes met trekheestergrond, een stukje wortel en een steenwolmatje onderin. Het gaat om plantenpotjes, dus met gaten aan de onderkant. Het doel van de proef is bepalen in hoeverre de wortelduizendpoten uit het middelste potje zich verspreiden over de andere potjes. De verdeling van de wortelduizendpoten over de potjes is bepaald na 4 dagen bij 25 °C.

3. Preventieve behandelingen

A. Verschillende manieren om steenwol aan te brengen.

Op een schaal in water staat in het midden een 500cc potje met potgrond en 100 wortelduizendpoten. Daaromheen staan potjes met een chrysantenstekje. Er zijn 4 behandelingen met 2 herhalingen. Totaal staan er dus 8 potjes om het middelste potje: De behandelingen zijn:

1. Niets (controle)
2. Steenwol, 20% door de grond gemengd
3. Steenwol als matje onder in het potje

4. Steenwol als matje onder het potje

De verdeling van de wortelduizendpoten over de potjes is bekeken na 18 dagen bij 25°C.



Figuur 9: Experiment met preventieve behandelingen.

B. Preventief effect van steenwolmatje onder in de pot.

60 wortelduizendpoten worden verdeeld over 2 bakken, 30 per bak. In de ene bak staat een 500 cc potje met potgrond en in de andere bak staat een 500 cc potje met potgrond en een steenwolmatje onderin. Na 24 uur wordt gekeken waar de wortelduizendpoten zijn gebleven. Dit experiment is 2x uitgevoerd.



Figuur 10: Opstelling van potjes in bakken

4. Directe observatie op steenwol

Er wordt direct onder een binoclaire bekeken (maximale vergroting 40x) hoe wortelduizendpoten reageren als je ze op steenwol plaatst in een petrischaal.

5. Spoelen van de wortelkluit

Om een indicatie te krijgen over de aantallen wortelduizendpoot in de potten, wordt de wortelkluit helemaal uitgespoeld. De volwassen wortelduizendpoten zijn goed te tellen, maar de larven zijn geschat omdat ze erg klein zijn en het daardoor enorm tijdrovend is om ze allemaal te tellen.

5 Resultaten en conclusies

5.1. Veldexperimenten

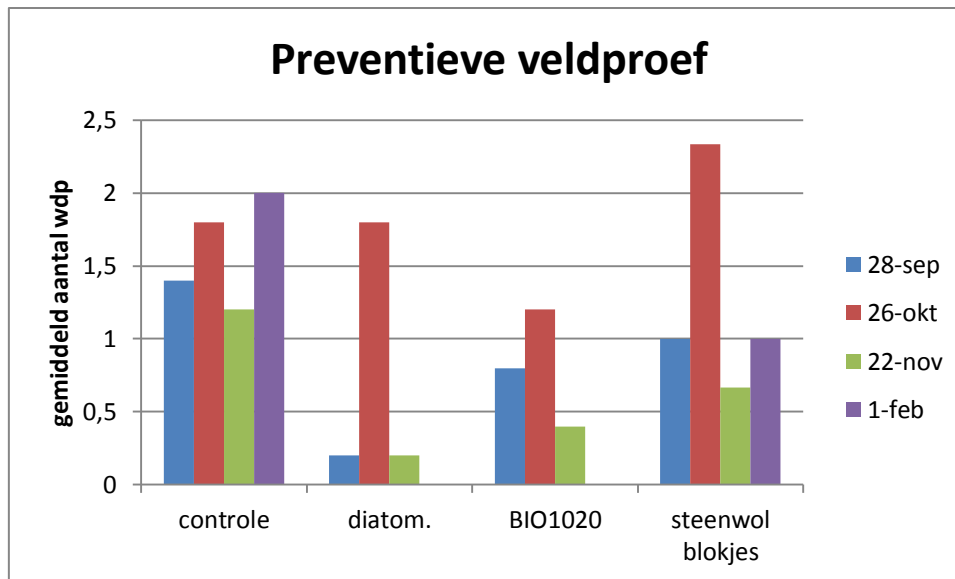
A. Preventieve veldproeven.

A. Oppotten van trekheesters met een steenwolmat.

In januari 2012 heeft de teler 200 nieuwe trekheesters opgepot met een steenwolmat onderin de pot. Helaas zijn door de strenge vorst in februari, na een relatief warme januari maand al deze trekheesters dood gegaan en waren er dus geen nieuwe trekheesters meer beschikbaar.

B. Preventieve veldproef; diverse behandelingen.

Ondanks dat er weinig wortelduizendpoten werden waargenomen en het gewas er uitstekend bij stond werd er in juli toch een proef ingezet met een aantal preventieve behandelingen voor het geval er alsnog een uitbraak van wortelduizendpoten zou plaats vinden. Deze proef is op het deel van het perceel ingezet waar de trekheesters al buiten stonden tijdens de vorstperiode en met bestaande potten waar eventueel dus wortelduizendpoten in aanwezig zijn. Het hele jaar is het op dit deel van het perceel nooit tot een uitbraak van wortelduizendpoten gekomen. Het resultaat van de veldproef is weergegeven in Figuur 11. De aantallen wortelduizendpoten die gevonden zijn, blijven erg laag, zowel in de behandelingen als in de controle en zaten waarschijnlijk al in de pot. Er is geen aantoonbaar effect van een van de behandelingen in vergelijking met de onbehandelde controle. Dat er in de steenwol behandeling toch wortelduizendpoten gevonden zijn heeft te maken met het feit dat er waarschijnlijk wortelduizendpoten in de potkluit aanwezig waren en de steenwol hier niet als aaneengesloten mat onder in de pot was aangebracht, maar als losse blokjes waar tussen toch nog grond aanwezig was.



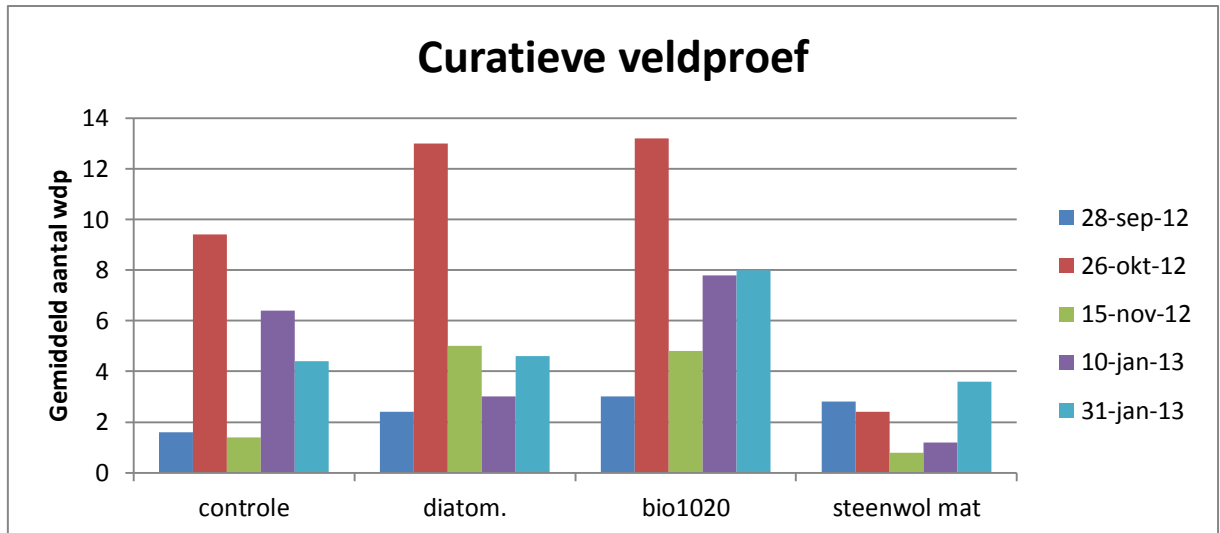
Figuur 11: resultaten van de preventieve veldproef

B. Curatieve veldproeven.

A. Verspreiding wortelduizendpoten en werking van steenwolmatje onderin de container

Verspreid over 2/3 van het perceel (daar waar in 2011 volop wortelduizendpoten aanwezig waren) zijn op 10 plaatsen 2 trekheesters neergezet, als paar, 1 met en 1 zonder steenwolmatje onderin de container. Deze proef is ingezet in mei, na de vorstperiode. Alle trekheesters die op dit deel van het perceel staan waren tijdens de vorst buiten, weliswaar opgestapeld en onder een doek. Deze trekheesters hebben de vorst van februari 2012 grotendeels overleefd, maar de wortelduizendpoten zijn in dit perceel gedurende 2012 nauwelijks gesignaleerd. Bij het bemonsteren van deze trekheester paren zijn ook vrijwel geen wortelduizendpoten gezien. Een deel van deze trekheester paren zijn alsnog dood gegaan gedurende het seizoen en een deel is gespoeld helemaal aan het eind (zie 5.2.4. spoelen van de potkluit).

B. Na de uitbraak van wortelduizendpoten op 1/3 van het perceel achterin (eind september) is er besloten om daar alsnog een curatieve proef in te zetten om te kijken of bestrijding van de wortelduizendpoten gerealiseerd zou kunnen worden. Deze trekheesters stonden tijdens de vorstperiode van februari nog binnen en hebben dus geen vorst gehad. Het resultaat van deze proef is weergegeven in Figuur 12. In oktober treedt in bijna alle behandelingen een toename van wortelduizendpoten op. De behandeling steenwol vormt hierop een uitzondering. Ook later in de tijd blijft de behandeling steenwol lager in aantallen wortelduizendpoten dan de andere behandelingen. Bij de behandeling steenwol is een matje van steenwol onderin de container gelegd. Het resultaat in deze proef laat zien dat een steenwolmatje onderin een curatieve werking kan hebben. Er is een groot verschil in getelde aantallen met de preventieve veldproef. Daar werden maximaal 5 wortelduizendpoten in een pot aangetroffen terwijl dit in de curatieve proef soms wel 26 wortelduizendpoten waren. Dit heeft te maken met de vorst die voor veel sterfte heeft gezorgd in de containers van de preventieve veldproef. De vorstperiode van half januari 2013 heeft in de proef gezien de resultaten niet tot veel sterfte geleid.



Figuur 12: verloop van de aantallen wortelduizendpoot in de curatieve veldproef

Tijdens de proef is gebleken dat de diatomeeënaarde maar zeer beperkt ingeregend wordt in de potkluit, zie Figuur 13. We vonden het materiaal vooral langs de binnenkant van de wand van de container en minder binnenin de potkluit. Een curatieve werking op wortelduizendpoten was er niet als we de aantallen vergelijken met de onbehandelde controle.



Figuur 13: potkluit met diatomeeënaarde bovenop en aan de buitenkant van de kluit

In Figuur 14 is te zien hoe de steenwolmat onderin de container is aangebracht. Wortelduizendpoten die onderin de container rondkruipen komen er mee in aanraking en lijken er op grond van de behaalde resultaten zoals weergegeven in figuur 8 ook aan dood te gaan.



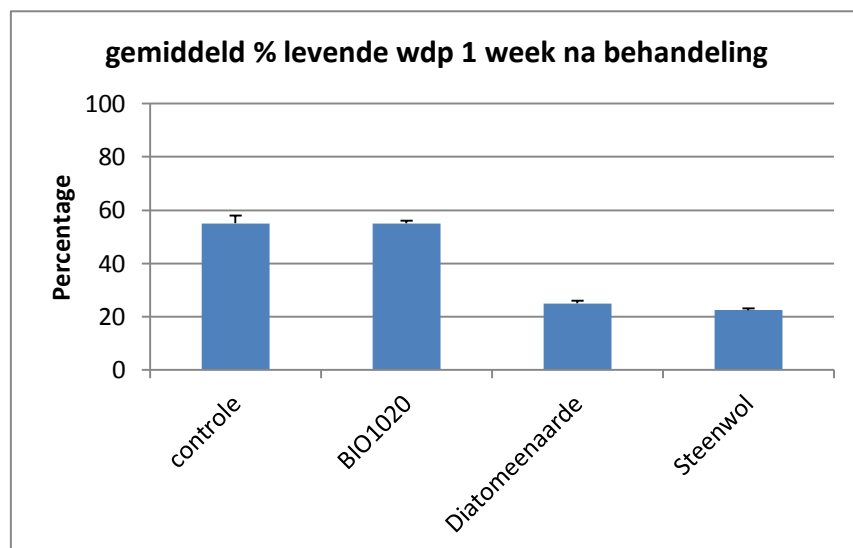
Figuur 14: oude potkluit waar in de container een matje van steenwol onder is aangebracht

5.2. Labexperimenten

1. Curatieve behandelingen

A. Effect van verschillende behandelingen op overleving van wortelduizendpoten .

Het resultaat van de verschillende behandelingen is weergegeven in Figuur 15.

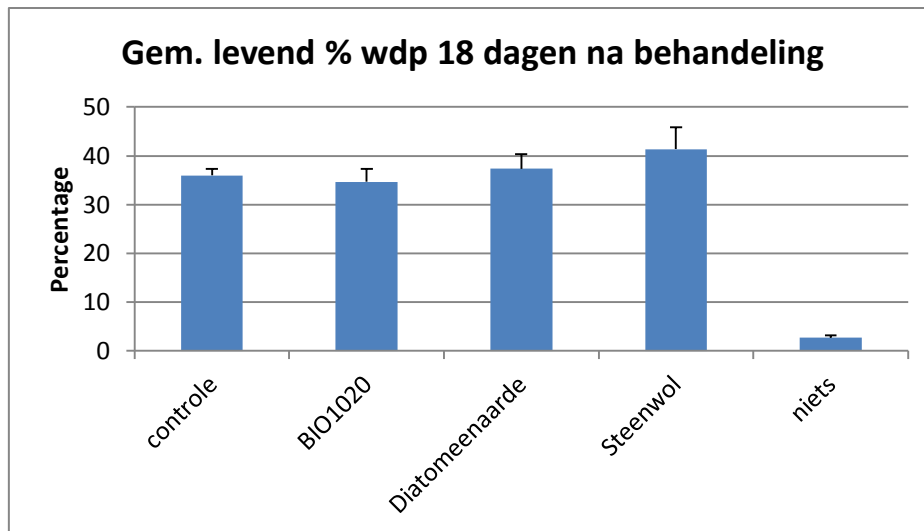


Figuur 15: overleving van wortelduizendpoten bij verschillende behandelingen in het lab in afwezigheid van voedsel.

Uit de figuur blijkt dat toevoeging van diatomeeënaarde en ook van steenwol een behoorlijke reductie van het aantal wortelduizendpoten heeft opgeleverd; er is zo'n 70% doding gerealiseerd. In de BIO1020 behandeling is een minder grote reductie van het aantal wortelduizendpoten opgetreden. Het effect van BIO1020 lijkt nihil wanneer we het vergelijken met de controle. De resultaten van de behandelingen zijn onderling goed vergelijkbaar in de verschillende herhalingen. Bij deze serie proeven moet wel opgemerkt worden dat de grond in de bakjes tamelijk droog was. Dit kan de minder goede overleving in de controle behandeling verklaren en kan ook een verklaring zijn voor het feit dat BIO1020 geen effect heeft laten zien in deze proef terwijl in een eerder uitgevoerd experiment BIO1020 juist wel effectief was gebleken.

B. Curatieve proef uitgevoerd in het lab in potjes met chrysantenstek.

De resultaten van deze proef zijn weergegeven in Figuur 16. In de figuur is het gemiddelde aantal levende wortelduizendpoten weergegeven na 18 dagen bij 25°C bij de verschillende behandelingen.



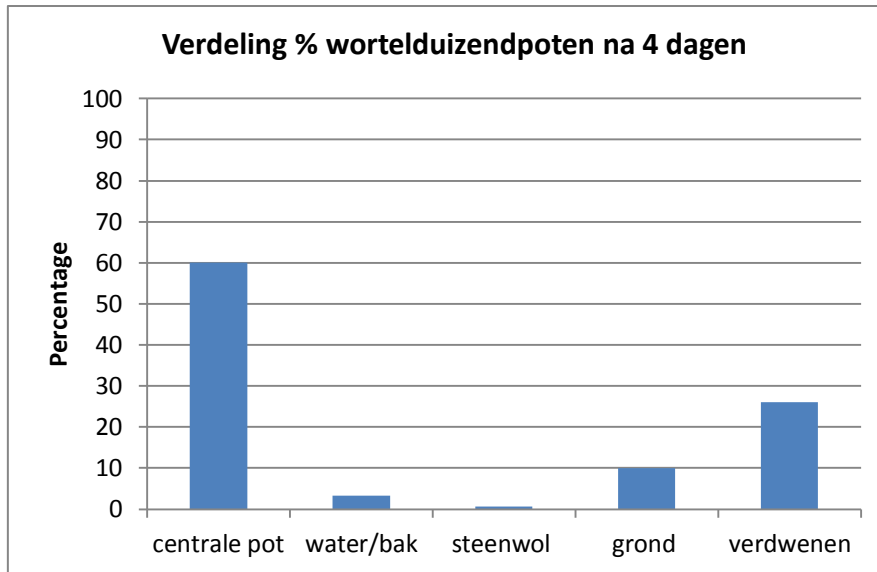
Figuur 16: overleving van wortelduizendpoten bij verschillende behandelingen in aanwezigheid van voedsel (wortels van jonge chrysantenstekjes).

Bij alle behandelingen, ook bij de controle treedt een doding op van rond de 60%. Er lijkt daarbij op grond van deze labproef geen verschil te zijn tussen de verschillende behandelingen. Droogte is waarschijnlijk de oorzaak van de geringe overleving van de wortelduizendpoten in alle behandelingen. De diatomeeënaarde was weinig ingegoten en lag nog vooral bovenop de potjes. Er heeft waarschijnlijk weinig contact plaatsgehad met de wortelduizendpoten. Bij de steenwolbehandeling werden de wortelduizendpoten midden in de potkluit gevonden, van de steenwolmat af en op een wat vochtiger plek. De wortelduizendpoten verplaatsen zich wel tussen de potjes, want er worden wortelduizendpoten teruggevonden in de potjes waar er helemaal geen in zaten.

2. Migratie gedrag van wortelduizendpoten.

In Figuur 17 is de weergegeven hoe de wortelduizendpoten zich vanuit een centrale pot verdeeld hebben over diverse behandelingen binnen een periode van 4 dagen bij 25°C in het lab. Een groot deel van de wortelduizendpoten is nog achtergebleven in de centrale pot en heeft zich niet verplaatst naar andere plekken. Migratie is wel gestimuleerd door de centrale pot vrij droog te houden maar de aanwezigheid van wat voedsel in de centrale pot heeft er mogelijk toch voor gezorgd dat de wortelduizendpoten zich niet zijn gaan verspreiden. In een vervolproef hebben we ze langer de tijd gegeven om zich te verspreiden. Wel blijkt duidelijk dat er in de steenwolbehandeling vrijwel geen wortelduizendpoot de pot in gekropen is terwijl dat bij de behandeling grond, dus zonder steenwol wel het geval is.

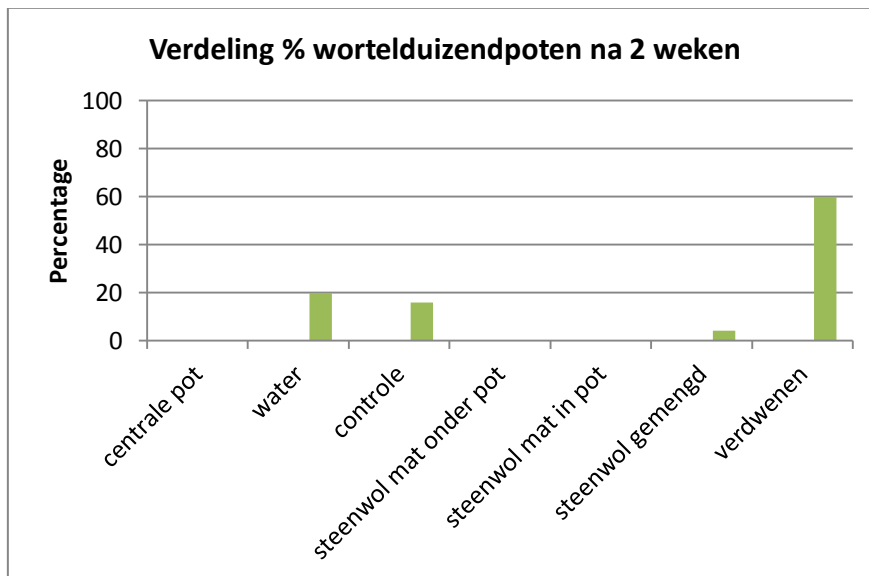
Een deel van de wortelduizendpoten bleek na 4 dagen niet terug te vinden in de proef. Dode wortelduizendpoten zijn erg lastig terug te vinden in de potgrond, ze drogen snel in. We hebben aangenomen dat de verdwenen exemplaren dood gegaan zijn.



Figuur 17: migratiegedrag van wortelduizendpoten binnen 4 dagen; preventieve werking van verschillende behandelingen.

3. Preventieve werking van steenwol op migratie

- A. In Figuur 18 is de weergegeven hoe de wortelduizendpoten zich vanuit een centrale pot verdeeld hebben over diverse behandelingen binnen een periode van 14 dagen bij 25°C in het lab.



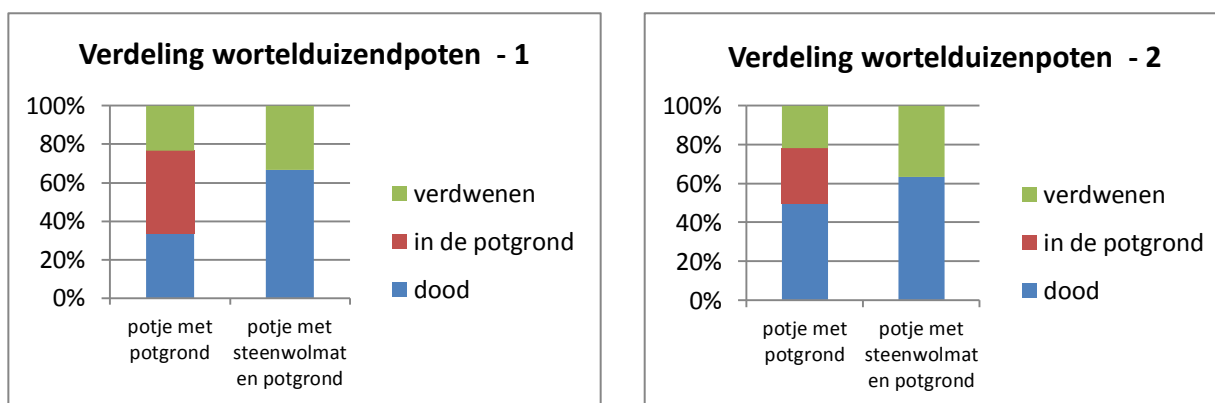
Figuur 18: migratiegedrag van wortelduizendpoten binnen 14 dagen; preventieve werking van verschillende behandelingen.

Ook hier blijkt na 14 dagen een groot deel van de wortelduizendpoten niet meer terug te vinden en zal dus waarschijnlijk dood gegaan zijn. De meeste levende wortelduizendpoten werden gevonden in de waterfilm tussen de diverse behandelingen en in de controle behandeling. In de behandeling steenwol gemengd door de grond werden enkele wortelduizendpoten gevonden. Er zijn geen wortelduizendpoten te vinden in de potjes met een steenwolmat onderin het potje

of met een steenwolmat onder het potje. Op grond van deze resultaten lijkt het aanbrengen van een steenwolmat onderin de pot of geheel onder de pot een doeltreffende methode om binnenkomen van wortelduizendpoten te voorkomen.

B. Preventieve werking van steenwol op wortelduizendpoten die potten in komen.

In Figuur 19 is het resultaat te vinden van de beide herhalingen van de lab proef waarbij gekeken is naar het effect van het aanbrengen van een steenwolmat onderin de pot op het binnenkomen van de potten door wortelduizendpoten.



Figuur 19: effect van steenwolmat op het weren van wortelduizendpoten uit een pot; herhaling 1 resp 2.

Het resultaat van deze labproef is duidelijk. In het potje met de steenwolmat onderin worden i.t.t. het andere potje geen wortelduizendpoten teruggevonden. Een steenwolmat kan dus een goed product zijn om binnendringen van wortelduizendpoten vanuit de ondergrond in de containers op het veld te voorkomen.

4. Directe observatie op steenwol

Als wortelduizendpoten direct op steenwol worden neergezet lopen ze eerst wat rond, en verkrampen dan vrij snel (sommigen binnen 5 minuten) waarna ze dood gaan. Het is niet duidelijk door de binoculair waar te nemen of ze a.h.w. lek geprikt worden door de steenwol draadjes. Binnen een half uur zijn alle wortelduizendpoten dood, drogen ze in en krullen ze op.

5.3. Spoelen van de wortelkluit.

Op een aantal momenten gedurende de proefperiode hebben we in het lab de wortelkluit van één of enkele trekheesters gespoeld om meer gedetailleerde informatie te krijgen over aantallen wortelduizendpoten in de kluit. Daarbij hebben we de kluit in drieën verdeeld: onder, midden en boven. De eerste keer is dat gedaan met 2 containers tijdens de trek in januari 2012. De potten stonden dus warm, bij 30°C.

Het resultaat staat in Tabel 1: resultaat van spoelen van 2 wortelkluiten van planten tijdens de trek in januari. Verspreid door de hele potkluit zitten wortelduizendpoten; de meeste volwassen exemplaren vonden we onderin, de jonge stadia zaten meer verspreid door de hele kluit.

Tabel 1: resultaat van spoelen van 2 wortelkluiten van planten tijdens de trek in januari

datum	Volwassen wdp'n			Jonge stadia wdp		
	onder	midden	boven	onder	midden	boven
Januari '12	69	2	2	0	114	64
Januari '12	27	4	3	95	43	18

Eind februari is weer een wortelkluit gespoeld, dit keer van een plant die gedurende een periode van strenge vorst (-19°C in de nacht gedurende meerdere nachten) buiten op het veld had gestaan. Het resultaat staat in Tabel 2.

Tabel 2: resultaat van spoelen van 1 wortelkluit na een periode van enkele dagen strenge vorst

datum	Volwassen wdp'n			Jonge stadia wdp'n		
	onder	midden	boven	onder	midden	boven
Eind feb '12	0	5	0	0	0	0

Uit vergelijking van de gevonden aantallen vóór de vorstperiode (jan 2012) en daarna (feb 2012) blijkt duidelijk dat de strenge vorst heeft gezorgd voor een enorme sterfte onder de wortelduizendpoten. Toch is er nog een enkele volwassen wortelduizendpoot gevonden die zich midden in de potkluit had weten terug te trekken. Ook de planten hebben de vorst voor een flink deel niet overleefd.

Aan het eind van de zomer, eind september zijn weer 2 potkluiten gespoeld van planten die tijdens de vorstperiode binnen stonden om te kijken hoe de verdeling van de wortelduizendpoten op dat moment in de kluit is. Dit zijn potten op dat deel van het perceel waar ook de curatieve proef is uitgevoerd. Het resultaat staat in Tabel 3. De verdeling van de wortelduizendpoten is vergelijkbaar met de situatie tijdens de trek: de volwassen wortelduizendpoten zitten vnl. onderin de container terwijl de jongere stadia ook wat hoger in de kluit voorkomen.

Tabel 3: resultaat van spoelen van 2 wortelkluiten aan het eind van de zomer

datum	Volwassen wdp'n			Jonge stadia wdp'n		
	onder	midden	boven	onder	midden	boven
Eind sep '12	47	7	2	> 50	> 50	< 10
Eind sep '12	39	0	0	> 50	< 50	< 10

Ook in januari 2013 hebben we nog een keer wat kluiten gespoeld. Allereerst 2 containers die bij elkaar gestaan hadden op het veld en waar één van de twee onderin voorzien was van een steenwolmat in de zomer 2012. Het resultaat daarvan staat in

Tabel 4. Opvallend is het grote verschil in aantal volwassen wortelduizendpoten tussen de behandelde en de onbehandelde container. Het lijkt erop te wijzen dat steenwol een effect kan hebben op de volwassen wortelduizendpoten in de container. Omdat de volwassen exemplaren meest onderin de container blijken voor te komen, daar waar de steenwolmat ook ligt, zou er inderdaad een dergelijk effect kunnen zijn. Om deze conclusie te onderbouwen zouden er meer potkluiten, behandeld en onbehandeld gespoeld moeten worden.

Tabel 4: resultaat van spoelen van 2 wortelkluiten in januari 2013; één met en één zonder steenwolmatje onderin

datum	Volwassen wdp'n			Jonge stadia wdp'n			
	onder	midden	boven	onder	midden	boven	
Jan '13	63	0	0	> 50	>50	<10	Geen steenwol
Jan '13	0	0	0	> 50	>100	<10	Steenwol onderin

Deze kluiten zijn gespoeld nadat ze een korte periode van matige vorst buiten op het veld gestaan hebben. In vergelijking met de planten die gespoeld zijn in februari 2012 hebben we deze keer veel meer levende wortelduizendpoten gevonden. Enkele dagen matige vorst is dus niet voldoende om een forse sterfte aan te richten onder de wortelduizendpoten.

Volgen van wortelduizendpoot direct op steenwol onder de binoculair.

6 Discussie

Onderzoek aan wortelduizendpoten is heel erg lastig, dat is ook in dit project weer gebleken. De bemonsteringsmethode die we in de praktijkproeven hebben gebruikt heeft weliswaar een indicatie gegeven van de aantallen wortelduizendpoten die in de potkluit aanwezig zijn maar er blijft altijd de beperking dat we wat er binnen in de kluit zit niet nauwkeurig hebben kunnen waarnemen. Door enkele keren de potkluit volledig te spoelen hebben we iets meer kunnen zeggen over wat er binnen in de kluit gebeurt maar die momentopnamen zijn beperkt in aantal.

Onze doelstelling van het onderzoek was 3-ledig:

- Verwerven van meer inzicht in de levenswijze en de verspreiding van de wortelduizendpoten in de containers gedurende het seizoen om zodoende het moment van bestrijden goed te kunnen kiezen.
- Verwerven van inzicht in de mogelijkheden die er zijn om insect-pathogene schimmels als bestrijder van wortelduizendpoot te gebruiken.
- Verwerven van inzicht in de mogelijkheden die er zijn om vezelige stoffen (steenwol, glaswol, chitine) te gebruiken bij de beheersing van wortelduizendpoot in containerteelt.

Over de levenswijze en de verspreiding van de wortelduizendpoten in de containers hebben we wel kennis opgedaan: de volwassen wortelduizendpoten hebben we meest onderin de containers gevonden, op diverse momenten in het seizoen. De jongere stadia wortelduizendpoot zitten onderin maar ook wel wat hogerop en tijdens de trek zijn ze zelfs bovenin de potkluit gevonden.

Door de grote sterfte a.g.v. de strenge vorst kunnen we niet veel zeggen over de verspreiding van de wortelduizendpoten op het veld. Doordat ook alle nieuw opgepotte stek de strenge vorst niet heeft overleefd, konden we op het veld niet waarnemen of wortelduizendpoten nieuw opgepotte containers binnengaan vanaf het gronddoek. Uit de labexperimenten die we hebben gedaan kunnen we in ieder geval concluderen dat wortelduizendpoten in staat zijn zich van pot naar pot te verplaatsen via de ondergrond en via gaten onderin de pot een nieuwe pot kunnen binnengaan. Dergelijk migratiegedrag zullen ze vooral vertonen onder omstandigheden die daar gunstig voor zijn, dus bij vochtig weer en gematigde temperatuur.

De werking van insect-pathogene schimmels op wortelduizendpoten viel in dit project tegen, zowel in de veldproeven als in de labproeven. Dit valt deels terug te voeren op de omstandigheden tijdens de proef. In een eerder experiment leek het gebruik van een insect-pathogene schimmel tegen wortelduizendpoot wel veelbelovend. Wanneer de omstandigheden gunstig zijn voor het gebruik van een schimmel, dus vooral bij hoge vochtigheid mag van gebruik van de schimmel wel een (beperkt) bestrijdend effect verwacht worden.

Op grond van de resultaten die wij in dit project behaald hebben biedt gebruik van steenwol het meeste perspectief, met name preventief als matje onder in nieuw opgepotte containers maar ook curatief aangebracht onderin een al wat oudere container hebben we een bestrijdend effect gevonden. In de curatieve veldproef vonden we in de steenwolbehandeling lagere aantallen wortelduizendpoten dan in de andere behandelingen en ook in de labproeven vonden we in de diverse steenwolbehandelingen minder wortelduizendpoten dan in de andere behandelingen. Het meest duidelijk was dit voor behandelingen waar de steenwol preventief was aangebracht onderin een pot. Bij die behandelingen werden vrijwel geen wortelduizendpoten gevonden in de kluit. Het aanbrengen van een steenwolmatje onderin nieuwe containers is dan ook een methode die wij aanbevelen om de containers te beschermen tegen binnendringen van wortelduizendpoten buiten op het veld.

De curatieve werking van steenwol is aanzienlijk minder dan de preventieve werking. Toch hebben we ook curatief een effect van steenwol gevonden. Omdat steenwol lastig in oudere potkluiten aan te brengen is hebben we getest of met een andere vezelige stof eveneens een zeker bestrijdend effect behaald zou kunnen worden. Dat hebben we getest met diatomeeënaarde. In de curatieve veldproef is het effect hiervan duidelijk minder dan dat van steenwol. In een labproef viel het effect ervan ook tegen. Bovendien bleek het materiaal ook slechts beperkt in te regenen in de pot. Mogelijk wordt dit wel beter naarmate de potten langer staan.

Slecht groeiende planten zijn meer gevoelig voor schade a.g.v. aanwezigheid van wortelduizendpoot dan goed groeiende planten met een vitaal wortelgestel. Aandacht voor goede groeiomstandigheden, gecombineerd met preventief aanbrengen van een

steenwolmatje onderin nieuwe containers lijkt op langere termijn de beste oplossing tegen schade a.g.v. wortelduizendpoot.

7 Bronvermelding & literatuur

http://www.knmi.nl/klimatologie/maand_en_seizoenoverzichten/seizoen/

Boertjes, B.C., T.J.M. van den Berg, L. Kok, B.A.M. Overdevest & G. Scholte-Wassink, 2004. Onderzoek naar middelen / maatregelen ter bestrijding en beheersing van wortelduizendpoot in de teelt van chrysant. PPO, Glastuinbouw, pp 1-50.

Boogaard, M., B. C. Boertjes, B. 't Hoen & R. van den Meiracker. 2002. Biologische bestrijding van wortelduizendpoot, *Scutigerella immaculata*, in snijchrysant. PPO, Glastuinbouw, pp 1-17.

Edwards, C. A. 1958. The ecology of Symphyla. Part I. Populations. *Entomologia experimentalis et applicata* 1: 308-319.

Edwards, C. A., 1959). The ecology of Symphyla. Part II. Seasonal soil migrations. *Entomologia experimentalis et applicata* 2: 257 -267.

Edwards, C. A., 1961. The ecology of Symphyla. Part III. Factors controlling soil distributions. *Entomologia experimentalis et applicata* 4: 239-256.

Martin, C. H., 1948. Movement and Seasonal Populations of the Garden Centipede in Greenhouse Soil. *Journal of Economic Entomology* 41(5): 707-715.

Michelbacher, A. E., 1938. The biology of the garden centipede *Scutigerella immaculata*. *Hilgardia* 11(3): 55-148.

Michelbacher, A. E., 1939. Seasonal Variation in the Distribution of two Species of Symphyla found in California. *Journal of Economic Entomology* 32(1): 53-57.

Shanks, C. H., 1966. Factors that affect reproduction of the garden symphylan *Scutigerella immaculata*. *Journal of Economic Entomology* 59(6): 1403-1406.

Waterhouse, J. R., 1968. Studies on the garden symphylan, *Scutigerella immaculata* (Symphyla : Scutigerellidae). *Canadian entomologist* 100: 172 -178.

