

# Virus- en vectorbeheersing in pootaardappelen en suikerbieten

Eindverslag PPS TU18049



Dit onderzoek is in opdracht van de topsector Tuinbouw en Uitgangsmaterialen uitgevoerd door de Stichting Wageningen Research (WR), business unit Biointeracties en Plantgezondheid en business unit Open Teelten.

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

Wageningen, Augustus 2023

Rapport WPR-TU18049

---

## PPS project TU18049

### Virus- en vectorbeheersing in pootaardappelen

Startdatum: 01-02-2019

Einddatum: 31-01-2023

**MMIP:** A2 Gezonde, robuuste bodem en teeltsystemen gebaseerd op agro-ecologie en zonder schadelijke emissies naar grond- en oppervlaktewater

#### Partners:

Stichting NAO projecten (penvoerder)

Via de stichting NAO projecten: Agrico, Agroplant, Averis, C. Meijer, HZPC, Royal ZAP, Schaap Holland en Stet Holland

Brancheorganisatie Akkerbouw

Cosun Beet Company

Certis Belchim

CAV Agrotheek B.V.

Bayer CropScience SA-NV

LTO Noord

Nederlandse Algemene Keuringsdienst (NAK)

Agrifirm NWE

Koppert B.V.

De Groene Vlieg Bio Control B.V.

Stichting IRS

Stichting ter exploitatie van Proefboerderij Rusthoeve

Stichting Wageningen Research



# Virus- en vectorbeheersing in poot aardappelen en suikerbieten

Eindverslag PPS TU18049

Martin Verbeek<sup>1</sup>, Klaas van Rozen<sup>1</sup>, Pieter de Wolf<sup>1</sup>, René van der Vlugt<sup>1</sup>, Jan Bergervoet<sup>1</sup>, Wim van den Berg<sup>1</sup>, Darleen van Dam<sup>1</sup>, Bas Allema<sup>1</sup>, Elma Raaijmakers<sup>2</sup>, Geert Langeslag<sup>3</sup>

1 Wageningen University & Research

2 Stichting IRS, Dinteloord

3 Nederlandse Algemene Keuringsdienst, Emmeloord

Dit onderzoek is in opdracht van de topsector Tuinbouw en Uitgangsmaterialen uitgevoerd door de Stichting Wageningen Research (WR), business unit Biointeracties en Plantgezondheid en business unit Open Teelten.

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

Wageningen, augustus 2023

---

Rapport WPR-TU18049

---

Verbeek, M., van Rozen, K., de Wolf, P.L., van der Vlucht, R.A.A., Bergervoet, J., van den Berg, W., van Dam, D., Allema, A.B., Raaijmakers, E. en Langeslag, G., 2023. *Virus- en vectorbeheersing in pootaardappelen en suikerbieten*; Eindverslag PPS TU18049. Wageningen Research, Rapport WPR- TU18049.

Dit rapport is gratis te downloaden op <https://doi.org/10.18174/643051>

PVY wordt door bladluizen van zieke naar gezonde planten overgebracht. De gevolgen van klimaatverandering op het gedrag van bladluizen is één van de oorzaken van grotere problemen met PVY in de pootaardappelteelt. Bladluisvluchten zullen steeds vaker vroeger in het voorjaar, maar ook nog laat in het jaar optreden. Het voor de pootaardappelteler beschikbare middelenpakket om bladluizen te bestrijden staat echter steeds meer onder druk. Dit eindverslag van de PPS virus- en vectorbeheersing in de pootaardappel (en in suikerbiet) geeft de resultaten weer van onderzoek dat er op gericht is een betere risico-inschatting op infecties te maken en een aantal handvatten te bieden om infecties en verspreiding van PVY en bietenvergelingszucht zoveel mogelijk tegen te gaan.

Trefwoorden: aardappelvirus Y, bietenvergelingszucht, bladluizen, monitoring, beheersmaatregelen

© 2023 Wageningen, Stichting Wageningen Research, Wageningen Plant Research, Business unit Biointeracties en Plantgezondheid en business unit Open Teelten, Postbus 16, 6700 AA Wageningen; T 0317 48 07 00; [www.wur.nl/plant-research](http://www.wur.nl/plant-research)

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

Stichting Wageningen Research. Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Stichting Wageningen Research.

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

Rapport WPR- TU18049

Foto omslag: Bloeiend aardappelveld juli 2023

---

# Inhoud

<b>Woord vooraf</b>	<b>5</b>
<b>Samenvatting</b>	<b>7</b>
<b>1 Inleiding</b>	<b>9</b>
<b>2 Werkpakket 1: meten is weten. Over bladluisvluchten, bladluisdeterminatie, insecticidenresistentie, virusbronnen en het gedrag van virussen in de plant.</b>	<b>11</b>
2.1 Analyse historische data van bladluisvluchten in relatie tot klimaatgegevens	11
2.1.1 Achtergrond	11
2.1.2 Vangstgegevens in datasets NAK	11
2.1.3 Relatie winter en eerste vluchtdata bladluizen	14
2.1.4 Samenvatting dataonderzoek door Geert Langeslag (NAK)	16
2.1.5 Conclusie analyse bladluisvangsten in relatie tot het klimaat	21
2.2 Vergelijking bladluisvangsten met de hoge zuigval, de gele vangbak en de insectenfuik	21
2.2.1 Achtergrond	21
2.2.2 Vergelijking drie valtypen	21
2.2.3 Conclusie vergelijking valtypen	24
2.3 Moleculaire identificatie van bladluizen	25
2.3.1 Achtergrond	25
2.3.2 De techniek: Luminex xTAG	25
2.3.3 Bladluisidentificatie	26
2.3.4 Gelijktijdige virusdetectie in bladluizen	26
2.3.5 Luminex xTAG resultaten	26
2.3.6 Verificatie Luminex determinatie met handmatige determinatie NAK	27
2.3.7 Conclusie Luminex bladluisdeterminatie met gelijktijdige virusdetectie	28
2.4 Virusbronnen	28
2.4.1 DAS-ELISA	28
2.4.2 Resultaten virustoetsen	28
2.4.3 Verificatie vondst Gewone berenklaauw	29
2.4.4 Conclusie virusbronnen	30
2.5 Translocatiesnelheid van PVY in aardappel	30
2.5.1 Inleiding translocatiesnelheid	30
2.5.2 Experiment 2021: bepaling translocatiesnelheid door aantoonbaarheid in ondergrondse delen	30
2.5.3 Experiment 2022: bepaling translocatiesnelheid door loofverwijdering op verschillende tijdstippen	33
2.5.4 Kasproef translocatiesnelheid op hergroei	35
2.5.5 Conclusie translocatiesnelheid	36
2.6 Detectie van insecticidenresistentie in de groene perzikbladluis (extra module BO-akkerbouw)	37
2.6.1 Inleiding insecticidenresistentie	37
2.6.2 Beschikbare detectiemethoden	37
2.6.3 TaqMan ontwikkeling	38
2.6.4 Toetsingen op in Nederland gevangen bladluizen	39
2.6.5 Conclusie detectie insecticide-resistentie in groene perzikluis	41
<b>3 Werkpakket 2: Kennis- en innovatieagenda</b>	<b>42</b>
<b>4 Werkpakket 3: beheersmaatregelen</b>	<b>43</b>
4.1 Beheersingsmaatregelen PVY	43

---

4.2	Inzicht in verschillende teeltstrategieën en omgevingsfactoren op PVY	48
4.2.1	Achtergrond	48
4.2.2	Aanpak	48
4.2.3	Tellingen bladluizen en natuurlijke vijanden in het perceel	49
4.2.4	Potentiële plaagonderdrukking door randen	51
4.2.5	PVY in omringende planten en onkruiden	52
4.2.6	PVY in de aardappelpercelen	52
4.2.7	Overzicht van de resultaten	52
4.2.8	Conclusie veldonderzoek	53
4.3	Toepassing van silicium	54
4.3.1	Achtergrond	54
4.3.2	Materiaal & Methodes	54
4.3.3	Resultaten	55
4.3.4	Conclusie silicium toepassing tegen PVY-overdracht	58
4.4	Afdeken met stro en tussenteelt haver	59
4.4.1	Effecten op bladluis, PVY en opbrengst	60
4.4.2	Conclusie stro en haver toepassing tegen PVY-overdracht	61
4.5	Virusbrononderzoek	61
4.5.1	Conclusie virusbronnen	63
4.6	Veldonderzoek IRS bietenvergelingsziekte in suikerbieten	63
<b>5</b>	<b>Werkpakket 4 Beslisregels</b>	<b>64</b>
	<b>Literatuur</b>	<b>67</b>
	<b>Bijlage 1: Factsheet Bladluismonitoring</b>	<b>69</b>
	<b>Bijlage 2: Factsheet Silicium</b>	<b>71</b>
	<b>Bijlage 3: Factsheet Stro en tussengewas</b>	<b>73</b>
	<b>Bijlage 4: Factsheet Translocatiesnelheid</b>	<b>75</b>
	<b>Bijlage 5: Factsheet Virusbronnen</b>	<b>77</b>
	<b>Bijlage 6: Vangstgegevens bladluizen 2019-2021 (NAK)</b>	<b>79</b>

---

# Woord vooraf

Dit verslag is een eindproduct van een intensieve samenwerking van onderzoekers en stakeholders uit de gehele keten van de pootaardappelindustrie. Daarnaast is ook het IRS betrokken vanwege de raakvlakken in het onderzoek naar bietenvergelingsziekte. De overdracht door bladluizen en de epidemiologie van het aardappelvirus Y en de verschillende bietenvergelingsvirussen is zeer complex te noemen. Door de samenwerking in deze PPS zijn nieuwe inzichten en meetmethoden ontwikkeld en daarnaast nieuwe handvatten voor de beheersing van deze ziekten. Er zijn duidelijke richtingen gevonden waarin de beheersing van de bovengenoemde virusziekten met minder gewasbeschermingsmiddelen kan worden uitgevoerd. Een stap in de goede richting.





---

# Samenvatting

Het PPS project Virus- en vectorbeheersing in pootaardappelen is in 2019 opgestart voor vier jaar. Dit project beoogde door middel van onderzoek en een grote inbreng van de verschillende stakeholders (d.m.v. workshops, lezingen en enquêtes) meer kennis te krijgen van en grip te krijgen op de verspreiding van PVY in pootaardappelen en van bietenvergelingsziekte in suikerbieten. Concreet waren de doelstellingen van het project:

- Inzicht te krijgen in vroege en/of late bladluisluchten op basis van historische datasets en recente vangstcijfers met het oog op het ontwikkelen van een klimaat-bestendig waarschuwingssysteem;
- De ontwikkeling van een set hulpmiddelen op basis van de nieuwste moleculaire technieken die het mogelijk maakt het risico op infecties met PVY gedurende de diverse fasen in de teelt nauwkeuriger in te schatten;
- In samenspraak met telers en andere stakeholders bestaande en nieuwe innovatieve beheersmaatregelen tijdens de hele productieketen te evalueren. Deze zullen zo nodig getest worden om zo te komen tot een innovatieve systeemaanpak die de risico's op besmetting en afwaardering of afkeuring reduceert. De aandacht gaat vooral uit naar duurzame maatregelen die de biodiversiteit niet schaden. Concreet zal dit strategieën opleveren die het risico op PVY infectie in alle fasen van de keten beperken en een set flexibele beheersmaatregelen waarmee bladluizen op duurzame wijze bestreden kunnen worden.

In dit onderzoek wordt tegelijkertijd de monitoring van bladluizen en de inzet van alternatieve strategieën in het licht van bietenvergelingsziekte bekeken. De virussen die veroorzaker zijn van bietenvergelingsziekte worden op een andere wijze overgebracht (persistent) dan PVY (non—persistent), maar nieuwe inzichten en werkwijzen in monitoring en/of beheersing zijn ook bij bietenvergelingsziekte van belang voor de ontwikkeling van gezonde en robuuste teeltsystemen.

Het project heeft de volgende resultaten opgeleverd:

## *Bladluismonitoring en relatie tot klimaat*

- Verschillende vangstechnieken voor bladluismonitoring zijn vergeleken. Er is niet een bepaald valtype aan te wijzen die het beste zou zijn om bladluizen te monitoren. Omdat de drie vangstmethoden (zuigval op 12 meter hoogte, fuik net boven gewas en gele vangbak voor actief op geel afkomende bladluizen) ieder zeer waarschijnlijk optimaal zijn voor verschillende bladluisoorten kun je de drie valtypen als complementair zien. Het is echter ook zo dat kleine afstanden al grote gevolgen kunnen hebben voor de aantallen gevangen bladluizen op de verschillende locaties, waardoor de nauwkeurigheid van bladluismonitoring alleen verhoogd kan worden door het monitornetwerk zo fijnmazig mogelijk te maken. Idealiter worden beheersmaatregelen per perceel gekoppeld aan monitoring op perceelniveau.
- Niet alleen het totaal aantal bladluizen maar ook de vectordruk en de cumulatieve vectordruk (of totale geaccumuleerde vectordruk aan het eind van de tellingen, i.h.a. 31 augustus) kunnen zeer sterk van jaar tot jaar en van locatie tot locatie verschillen. Ook laten de verschillende vangstmethoden soms grote onderlinge verschillen zien binnen een locatie (zie hiervoor ook 2.2). Er is geen duidelijk verband te leggen is tussen de geaccumuleerde vectordruk, en dan met name het moment waarop die duidelijk begint op te lopen, en het verloop van de minimum- en maximumtemperatuur over het jaar.
- Er lijkt wel een trend zichtbaar dat een hoog Hellmann Koudegetal leidt tot een latere datum waarop de eerste bladluizen worden gevangen. Dit lijkt in overeenstemming met de bevindingen van de NAK waarin de beste correlatie gevonden wordt voor het totaal aantal gevangen bladluizen over de periode 1 juni tot 15 augustus, met het aantal dagen dat de dagtemperatuur in februari boven de 5°C is. Hierbij moet wel de kanttekening geplaatst worden dat het totaal aantal gevangen bladluizen weinig zegt over de (cumulatieve) vectordruk omdat het aandeel 'andere luizen', die dus niet

---

meegenomen worden in de berekening van de vectordruk, kan oplopen tot meer dan 65% (in 2022) maar dat dit percentage ook sterk kan verschillen van jaar tot jaar en binnen een jaar.

- Bladluisidentificatie gebeurt bij de NAK op visuele kenmerken van de bladluizen. Binnen dit project is een moleculaire identificatiemethode ontwikkeld voor de 15 belangrijke bladluissoorten voor PVY overdracht. Tegelijkertijd met de moleculaire identificatie m.b.v. het Luminex platform kan in dezelfde analyse worden gemeten of de bladluis PVY, PLRV of één van de bietenvergelingsvirussen BYV, BMYV of BChV bij zich draagt.

#### *Virusbronnen*

- Ondanks dat er veel monsters zijn getest, is in geen enkel monster uit wilde planten - die in het voorjaar werden verzameld - PVY gevonden. PVY was wel in hoge concentraties aanwezig in een aantal aardappel-opslagplanten. Aannemelijk is dat al vroeg in het voorjaar opslagplanten wel serieuze virusbronnen kunnen zijn, van waaruit bladluizen PVY verder verspreiden naar het jonge en nog heel vatbare gewas.

#### *Translocatiesnelheid van PVY naar de knollen*

- In dit onderzoek is gebleken dat de snelheid waarmee PVY na infectie in het blad zich naar de knollen begeeft sneller is dan vaak gedacht (vaak wordt 1,5 week genoemd). De snelheid die in jonge planten werd gemeten is ongeveer 4 dagen na infectie van een topblad. In hergroei van oude planten werd zelfs een snelheid van 3 dagen gemeten. Hergroei is even vatbaar als een jonge plant en infectie van hergroei kan nog tot onverwachte infecties van de knollen leiden.

#### *Moleculaire detectie van insecticidenresistentie in de groene perzikluis (*Myzus persicae*)*

- zijn 4 TaqMan toetsen ontwikkeld die aan kunnen tonen of een groene perzikbladluis een mutatie heeft behorende tot de volgende insecticidenresistenties: kdr, s-kdr, MACE en E4/EF4. Met de TaqMan toets kan worden gemeten of de bladluis de mutatie heeft op geen, één allel of beide allelen, wat betekent dat de bladluis gevoelig is, heterozygoot resistent of homozygoot resistent.
- In groene perzikluizen (*M. persicae*) die in Nederland waren gevangen werden met deze toets alle vier de soorten resistentie gevonden.

#### *Kennis- en innovatieagenda*

- De kennis- en innovatieagenda voor de PPS virus- en vectorbeheersing in de pootaardappelen is tot stand gekomen na gesprekken, enquêtes, workshops en lezingen voor stakeholders uit de gehele pootaardappelsector. Het eindverslag van deze kennis- en innovatieagenda is in een apart document aan de partners ter beschikking gesteld. Dat rapport is vertrouwelijk en alleen bedoeld voor partners van de PPS Virus- en Vectorbeheersing. Verdere verspreiding of openbaarmaking is niet toegestaan.

#### *Beheersstrategieën*

- Er is op verschillende locaties en bedrijven (met verschillende teeltstrategieën) gemonitord om een inzicht te krijgen in die verschillende strategieën, de effectiviteit daarvan, maar ook met het ook op omgevingsfactoren. Het beeld is dat met tolerante rassen, schoon uitgangsmateriaal (geen reactie pootgoed) en aanwezigheid van voldoende natuurlijke vijanden het risico op een klasseverlaging verlaagt ten opzichte van afwijkende maatregelen.
- Toepassing van Silicium lijkt een gunstig effect te hebben op aantallen bladluizen.
- Dit geldt ook voor de toepassing van strobedekking of de tussenzaai van haver.
- Het IRS heeft veldproeven uitgevoerd met alternatieve beheersmaatregelen tegen bladluizen en verspreiding van bietenvergeling (verslaglegging op website IRS).
- Het bovengenoemde onderzoek heeft geleid tot een aantal aandachtspunten en richtlijnen waarmee de verspreiding van PVY en bietenvergelingsvirussen kunnen worden beperkt.

---

# 1 Inleiding

De gezondheid van pootaardappelen wordt bedreigd door virussen zoals onder andere het aardappelvirus Y (Potato virus Y, PVY). Dit virus wordt door bladluizen overgedragen op zogenaamde non-persistente wijze. Dit betekent dat de bladluis PVY opneemt tijdens proefboringen en ook tijdens proefboringen af kan geven aan een volgende plant. De bladluis hoeft dus aardappel niet als waardplant te accepteren om het virus over te brengen en de zogenaamde passanten kunnen al een belangrijke rol hebben in de verspreiding van dit virus. Niet alle bladluizen brengen het virus even efficiënt over, in Nederland zijn ongeveer 15 soorten in beeld die van belang zijn in de verspreiding van PVY in aardappel.

Na infectie van het blad (primaire infectie) vermeerdert het virus zich verder en verspreidt zich door de plant. Het virus komt zodoende ook in de knol terecht. Een plant die in het volgende seizoen uit een geïnfecteerde knol groeit is ziek (secundaire infectie) en kan weer als bron fungeren voor verdere verspreiding door bladluizen.

In Nederland bestaat een uitgebreid certificeringssysteem om de kwaliteit en gezondheid van pootaardappel te waarborgen. Waarschuwingen voor bladluisvluchten en een advies-loofdodingsdatum moeten de kans op knolinfecties met PVY minimaliseren. Veldinspecties en nacontrole in het lab op onder andere infecties met PVY, bepalen de uiteindelijke klasse en daarmee de waarde van een partij.

Voorspellingen t.a.v. bladluisvluchten en het loofdodingsadvies zijn gebaseerd op een empirische relatie tussen bladluisdruk en het percentage PVY geïnfecteerde knollen. Echter, door klimaatsverandering en genetische veranderingen in PVY is dit model mogelijk niet meer actueel. Bladluisvluchten komen steeds vroeger en de samenstelling van bladluissoorten en PVY-stammen verschuift, waardoor de infectiekans van knollen toeneemt. De verwachting is dat door klimaatsverandering de frequentie van afwaardering door PVY alleen maar zal toenemen.

Beheersing van non-persistent overgedragen virusziekten zoals PVY met behulp van gewasbeschermingsmiddelen is lastig. Insecticiden tegen bladluizen werken langzamer dan de snelheid dat het virus wordt overgedragen en geven dus weinig bescherming tegen virusoverdracht. Deze middelen worden dan ook voornamelijk ingezet om bladluispopulaties in het gewas laag te houden. Inmiddels zijn een aantal gewasbeschermingsmiddelen ter bestrijding van insecten niet meer toegelaten en komen er steeds meer op de lijst van "candidates for substitution" van de EU te staan. De toepassing van minerale olie – dat ook in de biologische teelt mag worden gebruikt - heeft wel effect op de overdracht van PVY, al is dat zeker niet 100% effectief.

Het PPS project Virus- en vectorbeheersing in pootaardappelen is in 2019 opgestart voor een duur van vier jaar. Dit project beoogde door middel van onderzoek en een grote inbreng van de verschillende stakeholders (d.m.v. workshops, lezingen en enquêtes) meer kennis te krijgen van en grip te krijgen op de verspreiding van PVY in pootaardappelen en van bietenvergelingsziekte in suikerbieten. Concreet waren de doelstellingen van het project:

- Inzicht te krijgen in vroege en/of late bladluisvluchten op basis van historische datasets en recente vangstcijfers met het oog op het ontwikkelen van een klimaat-bestendig waarschuwingssysteem;
- De ontwikkeling van een set hulpmiddelen op basis van de nieuwste moleculaire technieken die het mogelijk maakt het risico op infecties met PVY gedurende de diverse fasen in de teelt nauwkeuriger in te schatten;
- In samenspraak met telers en andere stakeholders bestaande en nieuwe innovatieve beheersmaatregelen tijdens de hele productieketen te evalueren. Deze zullen zo nodig getest worden om zo te komen tot een innovatieve systeemaanpak die de risico's op besmetting en afwaardering of afkeuring reduceert. De aandacht gaat vooral uit naar duurzame maatregelen die de biodiversiteit niet schaden. Concreet zal dit strategieën opleveren die het risico op PVY infectie in alle fasen van de keten beperken en een set flexibele beheersmaatregelen waarmee bladluizen op duurzame wijze bestreden kunnen worden.

---

In dit onderzoek wordt tegelijkertijd de monitoring van bladluizen en de inzet van alternatieve strategieën in het licht van bietenvergelingsziekte bekeken. De virussen die veroorzaker zijn van bietenvergelingsziekte worden op een andere wijze overgebracht (persistent) dan PVY (non—persistent), maar nieuwe inzichten en werkwijzen in monitoring en/of beheersing zijn ook bij bietenvergelingsziekte van belang voor de ontwikkeling van gezonde en robuuste teeltsystemen.

In dit eindverslag vindt u de resultaten en bevindingen van bovenvermeld onderzoek. In de bijlagen zijn een aantal factsheets opgenomen waarin de belangrijkste bevindingen en aanbevelingen zijn vermeld.

## 2 Werkpakket 1: meten is weten.

Over bladluisvluchten, bladluisdeterminatie, insecticidenresistentie, virusbronnen en het gedrag van virussen in de plant.

### 2.1 Analyse historische data van bladluisvluchten in relatie tot klimaatgegevens

#### 2.1.1 Achtergrond

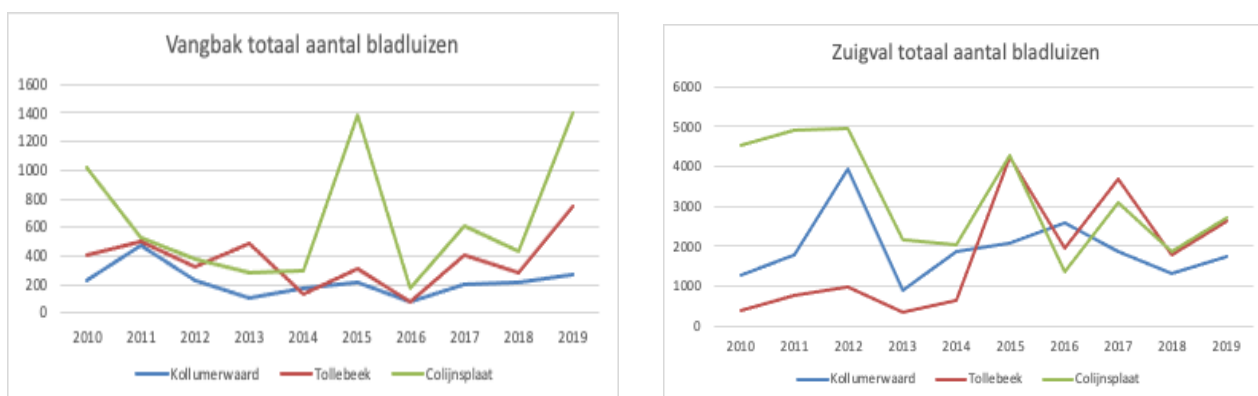
Door de NAK worden jaarlijks alle gegevens omtrent de bladluisvangsten tussen 1 mei en 31 augustus bijgehouden en het is bekend dat de datum waarop bepaalde bladluissoorten (voor het eerst) gaan vliegen mede bepaald wordt door het weer. Die eerste vluchtdata zijn onder meer afhankelijk van de temperatuur over een bepaalde periode maar worden ook mede bepaald door bijvoorbeeld de windsnelheid.

Bij aanvang van deze PPS was het idee om te kijken of er mogelijke (statistische) verbanden te leggen zijn tussen weerdata in bepaalde jaren en de aantal gevangen bladluizen van bepaalde soorten in die jaren.

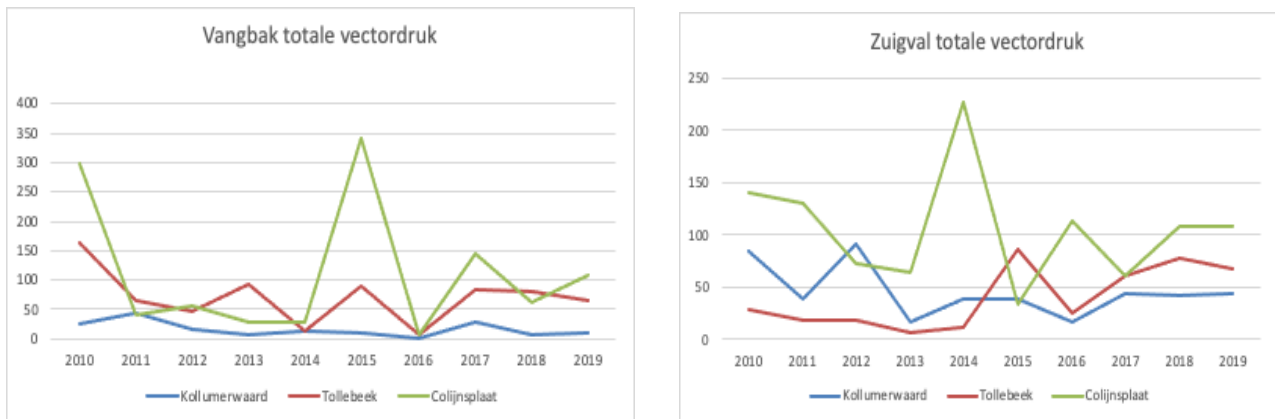
#### 2.1.2 Vangstgegevens in datasets NAK

Bij een eerste inventarisatie van beschikbare datasets bleken oude datasets van voor 2009 niet meer beschikbaar. Voor de jaren daarna bleken wel data over de totale aantallen bladluizen en de geaccumuleerde vectordruk per jaar beschikbaar maar de andere data gefragmenteerd.

Figuren 1 en 2 geven een beeld van respectievelijk de totale aantal gevangen bladluizen en de geaccumuleerde vectordruk voor de vangbakken en hoge zuigvallen op de drie locaties Kollumerwaard, Tollebeek en Colijnsplaat over de periode 2010-2019. Uit deze figuren blijkt heel duidelijk dat er een zeer grote variatie in de gevangen aantallen per jaar, per locatie en per vangstmethode.



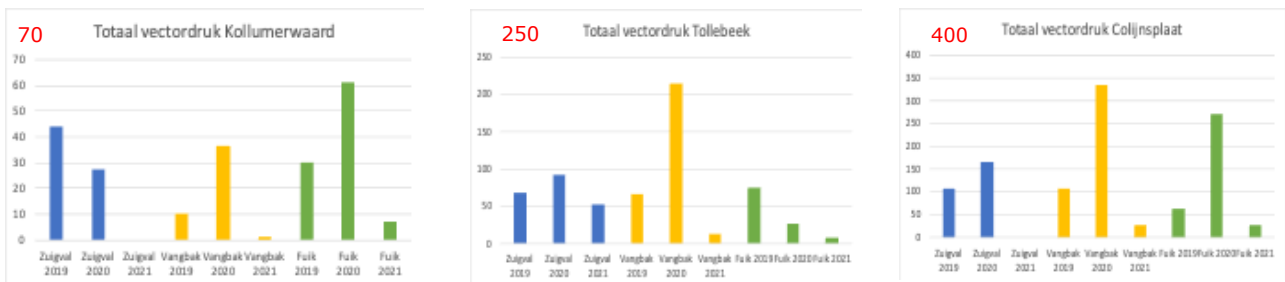
**Figuur 1:** totaal aantal gevangen bladluizen in vangbakken en zuigvallen op drie locaties over de jaren 2010-2019



**Figuur 2:** totale geaccumuleerde vectordruk in vangbakken en zuigvallen op drie locaties over de jaren 2010-2019

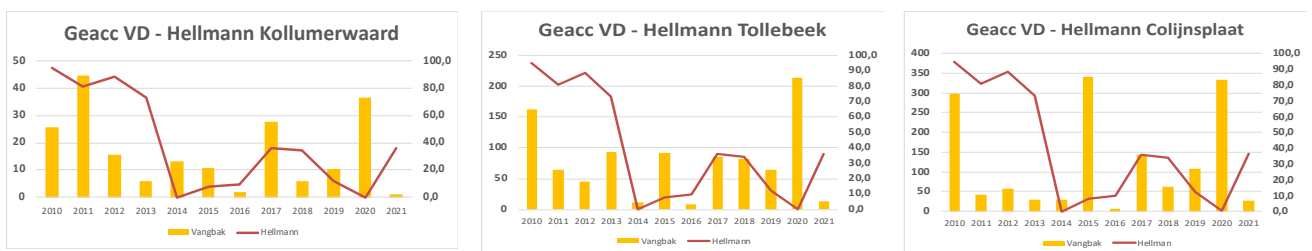
Een poging om een statische analyse uit te voeren op de beschikbare data gaf geen resultaten. Daarom is ervoor gekozen om de vluchtdata zoals die binnen dit PPS zijn verzameld door de NAK vanaf 2019 tot 2021 te analyseren en te kijken of er mogelijke relaties met weergegevens zijn. Voor een meer algemene samenvatting van de bladluisvangsten met de verschillende vangstmethoden wordt verwezen naar paragraaf 2.2.

Hoewel de data sterk variëren van jaar tot jaar, blijkt uit een vergelijking van de totale vectordruk tussen de drie verschillende locaties Kollumerwaard (Noord), Tollebeek (Midden) en Colijnsplaat (Zuid) een duidelijke tendens dat de vectordruk toeneemt in zuidelijke richting (zie figuur 3). Voor 2021 zijn alleen voor Tollebeek data van de hoge zuigval beschikbaar.



**Figuur 3:** totale geaccumuleerde vectordruk in vangbakken, zuigvallen en fuiken op drie locaties over de jaren 2019-2021. Per grafiek is de schaal van de totale vectordruk in rood weergegeven.

De temperaturen in de winter zijn van invloed op de overleving van bladluizen - zowel in de vorm van eieren alsook levend - waarbij aangenomen wordt dat vorst een negatieve invloed heeft op de overleving en daarmee ook een negatieve invloed op de groottes van de startpopulaties in het voorjaar. Het Hellmann-getal van een jaar is de som van de etmaalgemiddelden met temperaturen beneden 0 °C in de periode van 1 nov t/m 31 maart van dat jaar (<https://www.knmi.nl/nederland-nu/klimatologie/lijsten/hellmann>) Deze waardes zijn uitgezet tegen de geaccumuleerde vectordruk over de periode 2010-2021 voor de vangbakken op de drie verschillende locaties (zie Figuur 4)

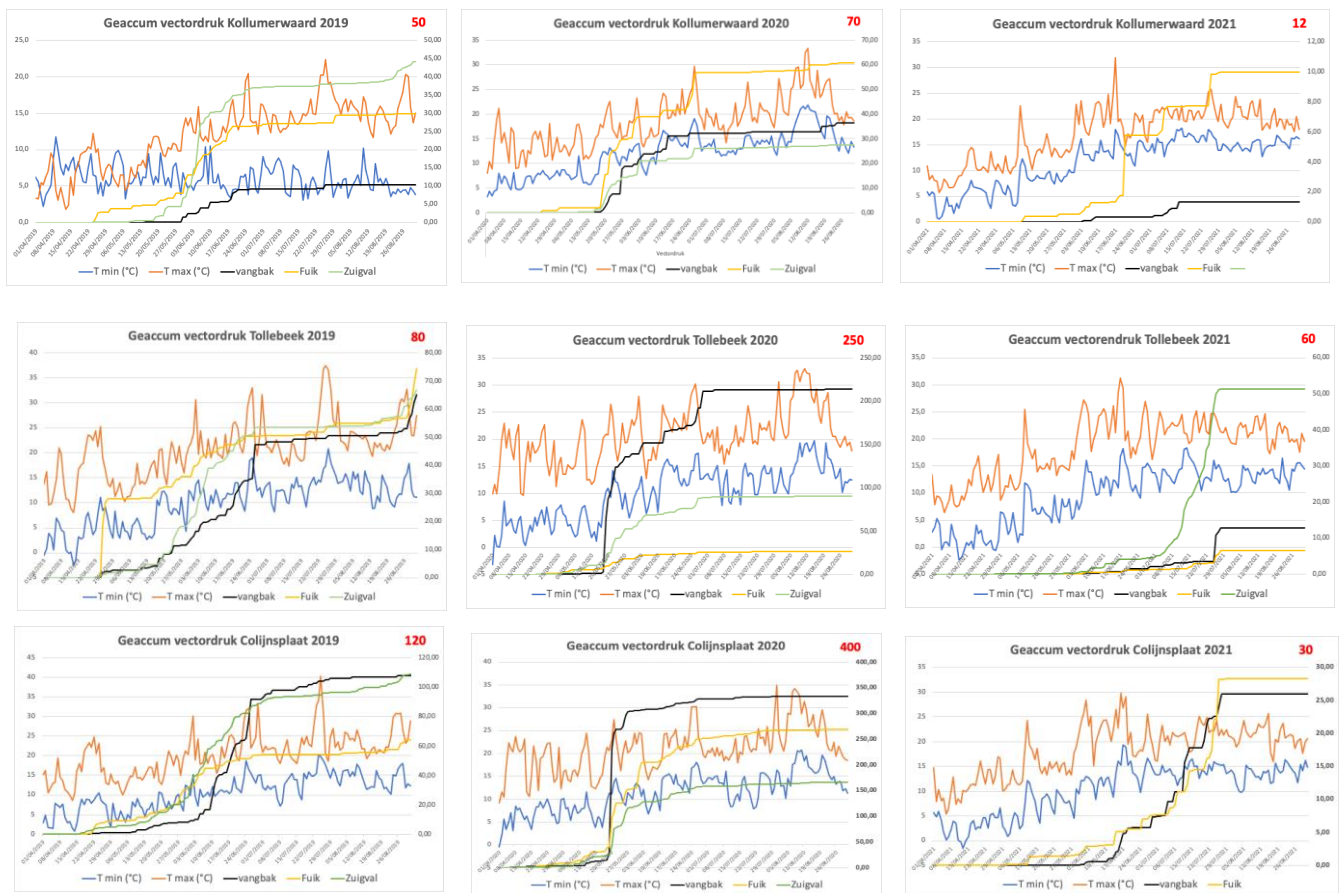


**Figuur 4:** Verloop van het Hellman-getal (etmaalgemiddelde beneden de 0°C; linker Y-as) en de geaccumuleerde vectordruk (rechter Y-as) in de vangbakken op de locaties Kollumerwaard, Tollebeek en Colijnsplaat over de periode 2010-2021.

Uit deze grafieken blijkt geen duidelijke relatie tussen de geaccumuleerde vectordruk in een bepaald jaar en het Hellmann-getal in de daaraan voorafgaande winter waarbij de waarden voor de geaccumuleerde vectordruk sterk verschillen per locaties.

Vervolgens is over de jaren 2019-2021 gekeken naar de ontwikkeling van de minimum en maximum temperaturen in de periode van 1 april tot 31 augustus en het aantal gevangen bladluizen, de variatie van de vectordruk en de totale geaccumuleerde vectordruk over die periode. Deze temperatuurdata zijn overgenomen van het KNMI ([www.daggegevens.knmi.nl/klimatologie/daggegevens](http://www.daggegevens.knmi.nl/klimatologie/daggegevens)) voor de weerstations die het dichtst bij de drie NAK -locaties gelegen zijn. Dit zijn respectievelijk Lauwersoog voor Kollumerwaard, Lelystad voor Tollebeek en Wilhelminadorp voor Colijnsplaat.

Hieronder is in Figuur 5 die relatie tussen het temperatuurverloop (minimum- en maximumtemperatuur op de linker Y-as) en de totale geaccumuleerde vectordruk (rechter Y-as) voor de drie gebruikte vangstmethode weergegeven voor Kollumerwaard, Tollebeek en Colijnsplaat voor de jaren 2019-2021. In elke grafiek is de maximale geaccumuleerde vectordruk op 31 augustus van dat jaar in rood weergegeven.



**Figuur 5:** Verloop van minimum- en maximumtemperatuur afgezet tegen de geaccumuleerde vectordruk voor vangbak, fuik en hoge zuigval voor de locaties Kollumerwaard, Tollebeek en Colijnsplaat. Per grafiek is de schaal van de totale vectordruk in rood weergegeven.

Uit de vergelijking van verschillende vangstmethode per locatie over de drie jaren blijkt dat er geen duidelijk verband te leggen is tussen het verloop van de temperatuur over het jaar en de geaccumuleerde vectordruk en dan met name het moment waarop die duidelijk begint op te lopen. Elk jaar is er wel een temperatuurpiek in juni of juli maar dit geeft niet automatisch een duidelijke stijging van de geaccumuleerde vectordruk. Uit de grafieken hierboven is wel af te leiden dat per jaar de trend in toename van de geaccumuleerde vectordruk op de drie verschillende locaties min of meer gelijk is. Een geleidelijke stijging in 2019, een meer abrupte toename in 2020 eind mei en een latere stijging pas vanaf eind juni/begin juli in 2021. De reden(en) voor deze verschillen tussen de jaren is/zijn niet bekend.

### 2.1.3 Relatie winter en eerste vluchtdata bladluizen

Terwijl de NAK normaal gesproken op 1 mei begint met het vangen van bladluizen, start Stichting de Groene Vlieg al eerder in het jaar door gele lijmvallen in tulpenpercelen te plaatsen. In tabel 1 is weergegeven op welke datum de eerste bladluizen werden gevangen, ingedeeld naar Zuid-west Nederland, de Flevopolders en Noord-Nederland. Hier is een tendens waarneembaar dat na een zachte winter (een laag Hellmann koudegetal) er eerder vliegende bladluizen worden waargenomen.

Datum eerste bladluisvangst tulpenpercelen (door St. De Groene Vlieg), bladluizen niet op soort gedetermineerd									
Streek / jaar	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
ZuidWest	23 mei	2 april	30 april	21 april	26 april	7 mei	8 april	16 maart	12 mei
Polders	21 mei	n.t.	n.t.	18 april	21 april	7 mei	1 april	6 april	5 mei
Noord	21 mei	7 april	7 mei	9 mei	19 april	7 mei	15 april	6 april	15 april
Hellmann koudegetal	73.2	0	7.8	9.6	36	34.1	12.1	0.1	36.3

<https://www.knmi.nl/nederland-nu/klimatologie/lijsten/hellmann>

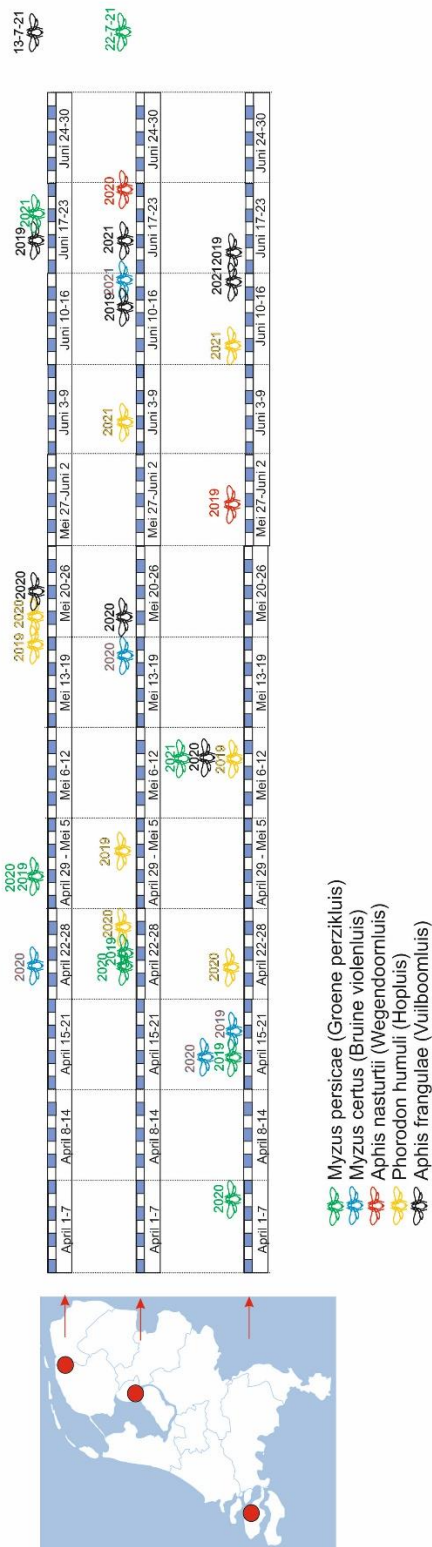
**Tabel 1:** Eerste waarnemingsdata vliegende bladluizen door De Groene Vlieg in de jaren 2013 -2021 met het Hellmann Koudegetal voor desbetreffende jaren.

Op basis van de vangsten die in samenwerking met de NAK in deze PPS werden gedaan (in Colijnsplaat, Tollebeek en Kollumerwaard) kon ook een relatie worden gelegd met de zachtheid van de winter en de eerste vangstdatum voor een bepaald bladluisoort. In figuur 6 hieronder (blz. 15) is weergegeven wanneer op welke locatie de eerste bladluis is gevangen van de voor de verspreiding van PVY meest belangrijke bladluisoorten.

Uit de vergelijking van deze eerste vluchtdata blijkt dat er erg grote verschillen tussen de jaren (tot wel 7 weken) kunnen zijn waarop de eerste bladluisvluchten werden waargenomen. Er lijkt een trend zichtbaar dat een hoog Hellmann Koudegetal leidt tot een latere datum waarop de eerste bladluizen worden gevangen en mogelijk ook tot een lagere geaccumuleerde vectordruk.

Bij dat laatste moeten wel een aantal kanttekeningen bij worden geplaatst. Ten eerste is het KNMI Hellman Koudegetal berekend voor de gemeten temperaturen in De Bilt. Deze waardes kunnen niet als representatief worden genomen voor de drie locaties. Ook zijn de verschillen in geaccumuleerde vectordruk tussen de verschillende valtypen (gele vangbak, fuik en hoge zuigval) op een locatie al zo groot (zie Figuur 5), dat een (directe) relatie tussen het Hellmann Koudegetal en de geaccumuleerde vectordruk in dat jaar niet direct gelegd kan worden.





**Figuur 6:** Overzicht van de eerste waarnemingsdatum in 2019, 2020 en 2021 van vijf voor de verspreiding van PVY belangrijke bladluizen. Deze waarnemingsdata zijn vermeld voor de locaties Colijnsplaat (Zeeland), Tollebeek (NOP) en Kollumerwaard (Friesland). De aangegeven datum is de dag waarop voor het eerst een vliegende bladluis van die bepaalde soort is gevangen, ongeacht het valtype (hoge zuigval, gele vangbak of fuik). Deze waarnemingen zijn in deze jaren gestart op 1 april binnen de PPS virus- en vectorbeheersing in de poot aardappelen, i.s.m. de NAK te Emmeloord.

# Samenvatting Dataonderzoek Bladluizen NAK 2013-2022

G. Langeslag (contact: g.langeslag@nak.nl)



In de jaren 2013 tot en met 2022 heeft de NAK bladluizen geteld en gedetermineerd die gevangen zijn in vangbakken. Deze tellingen zijn gebruikt om de correlatie te bepalen tussen (omgevings-) kenmerken en de aanwezigheid van bladluizen. Temperatuur in februari en luchtvochtigheid in april hebben een sterke correlatie met het moment van de zomerpiek in bladluisvangsten. Luchtvochtigheid in juni heeft een sterke correlatie met het totaal aantal gevangen bladluizen in het seizoen.

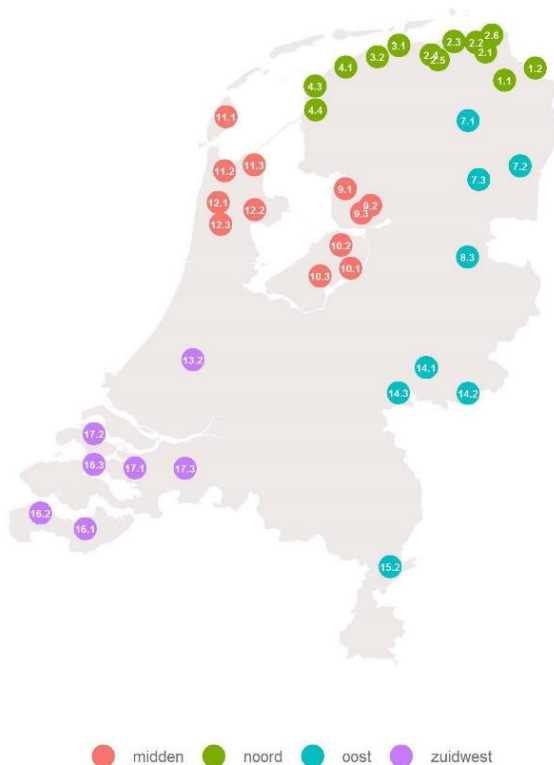
Onderstaande tekst is een verkort verslag van het dataonderzoek dat binnen de NAK gedaan is naar de bladluisvangsten in vangbakken. De tekst is bedoeld ter informatie voor de deelnemers aan de PPS Vector Virus en staat los van de bijdrage van de NAK aan deze PPS.

## Introductie

Bladluizen spelen een belangrijke rol bij het overbrengen van virussen (bijvoorbeeld PVY of PLRV) in pootgoed (Dupuis 2017). Dit is de reden waarom de NAK al jaren tijdens het pootaardappel-teeltseizoen dagelijks tellingen uitvoert in 42 vangbakken.

Een vangbak is een gele bak waarin een laagje water met afwasmiddel zit. Dit afwasmiddel zorgt ervoor dat de oppervlaktespanning van het water afneemt en de insecten die in de bak landen verdrieken. De bak is geel gekleurd, omdat dit bladluizen aantrekt. De bladluizen worden regelmatig afgetapt en in een buisje met alcohol opgestuurd naar de NAK voor telling en determinatie naar soort (bladluismonitoring 2022).

De bladluistellingen zijn in de praktijk bedoeld om een indicatie te geven van de bladluispopulatie in een gebied (de telling is een sample van de gehele populatie). De exacte vangsten zijn erg afhankelijk van de precieze plaatsing van de vangbak en kunnen daarom niet zomaar gebruikt worden als indicatie van de bladluissituatie in een groter gebied. Wanneer de data gebruikt wordt voor monitoring is het beter om een regio als geheel te beoordelen. In figuur 1 is de plaatsing van de verschillende vangbakken geografisch weergegeven.



figuur 1: plaatsing van vangbakken. De kleur van de vangbak geeft de regio aan waaraan deze is gekoppeld.

De bladluistellingen worden verzameld tijdens het pootgoedseizoen om een indicatie te geven van de bladluissituatie. Dit betekent dat er bladluizen kunnen vliegen vóórdat de vangbakken geplaatst zijn, maar dat dit uit de data niet blijkt.

In tabel 1 is de periode van aftappen weergegeven voor de verschillende jaren.

tabel 1: moment van eerste en laatste vangst door NAK (NAK 2022)

Voor 2019, 2020 geldt dat de aftap voor de vangbakken 2.5, 9.2 en 16.3 begonnen is in april en voor de andere vangbakken in mei. Voor 2021 en 2022 geldt dat de aftap voor de vangbakken en zuigvallen rond 1 mei gestart is.

Jaar	Eerste aftap vangbak	Laatste aftap vangbak
2013	10-06-2013	16-08-2013
2014	02-06-2014	15-08-2014
2015	09-06-2015	31-08-2015
2016	01-06-2016	06-10-2016
2017	07-06-2017	18-08-2017
2018	07-06-2018	16-08-2018
2019	19-04-2019	31-08-2019
2020	07-04-2020	29-08-2020
2021	24-04-2021	31-08-2021
2022	02-05-2022	31-08-2022

De gevangen bladluizen worden per soort geteld. In tabel 2 zijn de verschillende bladluisoorten weergegeven die gedetermineerd en geteld worden bij de NAK.

## Onderzoek

Op basis van hypothesen over epidemiologie en ontwikkeling van bladluispopulaties is data-onderzoek gedaan naar correlaties tussen weerskenmerken en de aanwezigheid van bladluizen in de vangbakken van de NAK.

Er is gekozen om de analyse uit te voeren op het aantal bladluizen en niet op vectorendruk. Het aantal bladluizen in de analyse is een stuk groter wanneer gekeken wordt naar alle bladluizen en niet alleen naar die bladluizen die ook in de aardappelteelt een rol spelen. Door op vectorendruk te focussen zou er onevenredig veel waarde gehecht worden aan een beperkt aantal *M. persicae*, waardoor de analyse onbetrouwbarder wordt.

Wanneer in dit document gesproken wordt over vangbakstellingen, wordt altijd gesproken over de vangsten van specifieke vangbakken in specifieke jaren.

## Gebruikte gegevensbronnen

De data die gebruikt is bij dit onderzoek is afkomstig uit de bladluisvangstgegevens van de NAK uit de periode 2013-2022. Een reden om deze data te gebruiken voor deze analyse is dat dit een van de meest volledige datasets is op dit gebied en al jaren op dezelfde wijze verzameld en geadmistreerd wordt. In deze gehele periode is op dezelfde manier afgetapt en zijn dezelfde soorten geteld en gedetermineerd. Om data jaar over jaar gelijk te houden zijn alleen tellingen tussen dag 150 (1 juni) en 225 (15 augustus) gebruikt. Hierdoor is het alleen mogelijk iets te zeggen over de zomervlucht van bladluizen. Het is bekend dat er voor 1 juni ook al bladluisvluchten zijn; vanaf 2021 worden vangbakken daarom eerder afgetapt. Daarnaast zijn vangbakken uitgesloten van de dataset indien er op minder dan 5 dagen bladluizen gevangen zijn of er minder dan 10 bladluizen gevangen zijn.

Weerskenmerken (KNMI 2022) (bijvoorbeeld omgevingstemperatuur, relatieve luchtvochtigheid en zonne-instraling) zijn aan een partij gekoppeld op basis van de locatie van het vangbak. Denk daarbij bijvoorbeeld aan:

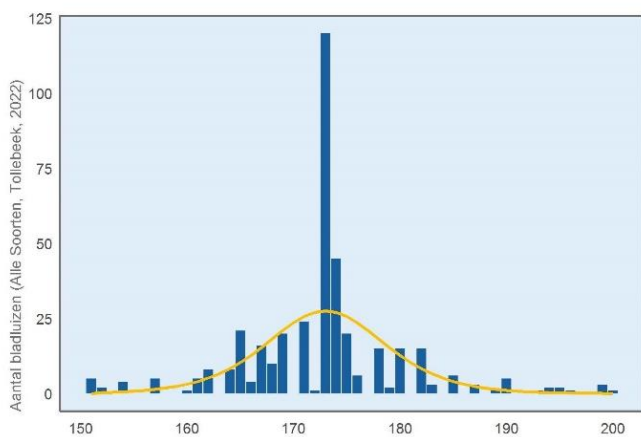
- gemiddelde temperatuur in laatste twee week juni
- totale neerslag in juni
- aantal vorstdagen in februari
- relatieve luchtvochtigheid in april

tabel 2: bladluisoorten die worden geteld en gedetermineerd door de NAK (NAK 2022). REH = Relatieve Efficiëntie Factor zoals vastgesteld door de vaste commissie pootaardappelen en zoals deze gebanteerd wordt door de NAK (per definitie heeft een *M. persicae* een REH-waarde van 1). % = percentage van alle gevangen bladluizen dat tot betreffende soort behoort. Opvallend is dat 66% van alle gevangen bladluizen niet tot de gedetermineerde soorten behoren.

Bladluisoort			%
Groene perzikluis	<i>Myzus persicae</i>	Mp	6 %
Bruine violenluis	<i>Myzus certus</i>	Mc	0 %
Wegedoornluis	<i>Aphis nasturtii</i>	An	0 %
Hopluis	<i>Phorodon humili</i>	Ph	1 %
Vuilboornluis	<i>Aphis frangulae</i>	Afran	4 %
Zwarte bonenluis	<i>Aphis fabae</i>	Af	9 %
Erwteluis	<i>Acyrtosiphon pisum</i>	Ap	1 %
Appelgrasluis/ Vogelkersluis	<i>Rhopalosiphum insertum/padi</i>	Ri/Rp	6 %
Sjalotteluis	<i>Myzus ascolonicus</i>	Ma	0 %
Aardappeltopluis	<i>Macrosiphum euphorbiae</i>	Me	0 %
Roosgrasluis	<i>Metopolophium dirhodum</i>	Md	3 %
Groene kortstaartluis	<i>Brachycaudus belichrysi</i>	Bh	1 %
Boerbloemluis	<i>Anlacortum solani</i>	As	0 %
Melige kaolluis	<i>Brevicoryne brassicae</i>	Bb	1 %
Andere kortstaartluis	<i>Brachycaudus spp</i>	B.spp.	0 %
Andere luizen		Al	66 %

## Aanpak Onderzoek

In figuur 2 is het werkelijke aantal bladluizen in vangbak 9,3 (Tollebeek) in 2022 getoond met de blauwe balk. Met de gele lijn is het verloop van de vangsten getoond. Het moment van maximale vangst is het dagnummer waarop de gele lijn haar piek bereikt. Het cumulatieve aantal is het totaal aantal bladluizen (tussen 1 juni en 15 augustus) opgeteld.



figuur 2: Parametrische modellering van bladluisvangsten. Op de horizontale as is dagnummer *d* weergegeven.

Mogelijke verklaringen voor dit patroon zijn de populatiedynamica van bladluizen en vectoren, de beschikbaarheid van voedsel en omgevingsomstandigheden. Waarschijnlijk is dat combinaties van deze factoren een rol spelen.

In de analyse wordt onderzoek gedaan naar het cumulatieve aantal bladluizen per vangbak en naar het dagnummer in het jaar waarin de maximale vangst per vangbak heeft plaatsgevonden.

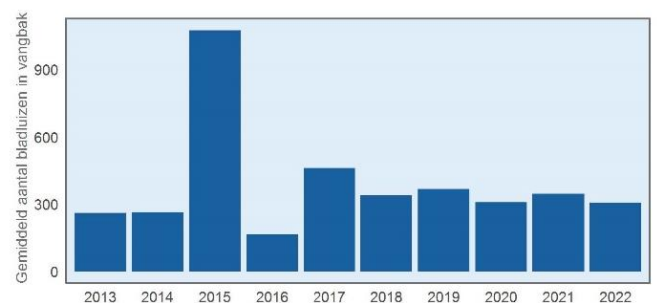
### Tijdskenmerken

Soms komt uit de analyse dat een kenmerk in een bepaalde maand een grote correlatie vertoont met het dagnummer van maximale vangst *D* of het cumulatief aantal bladluizen *CUM\_AANTAL*. In dat geval moet altijd in gedachten gehouden worden dat het niet specifiek over die maand zelf hoeft te gaan, maar ook om een periode in de populatieontwikkeling kan gaan. Dit wordt bevestigd door grote onderlinge correlatie van de verschillende maanden. Februari staat bijvoorbeeld voor de periode dat bladluispopulaties overwinteren.

### Cumulatief aantal bladluizen (CUM\_AANTAL)

Over het algemeen is het zo dat het *CUM\_AANTAL* in het noorden van Nederland wat lager is dan in het zuiden; maar dit is niet altijd het geval.

In figuur 3 is het gemiddeld aantal gevangen bladluizen per jaar per vangbak weergegeven tussen 1 juni en 15 augustus.



figuur 3: gemiddeld aantal gevangen bladluizen per vangbak (Alle Soorten)

Hieruit komt duidelijk naar voren dat 2015 een extreem jaar was. In dat jaar zijn in 70% van de vangbakken meer dan 500 bladluizen gevangen. Deze vangbakken stonden verspreid over het gehele land. De vangbakken waarin minder dan 500 bladluizen gevangen zijn lagen echter allemaal in Groningen of Friesland. 2015 verschilt van de andere jaren in die zin dat half juni, het weer bewolkt, relatief koud en vochtig was, waarna juist in de periode dat de vangsten normaal gesproken pieken (eind juni) een extreme toename in temperatuur gemeten is, terwijl de bewolking en de relatieve luchtvochtigheid sterk afnamen. Dit lijkt een ongelukkige samenloop van omstandigheden. Omdat extreme uitschieters groot effect kunnen hebben op de resultaten van de analyse wordt 2015 uitgesloten uit de dataset.

### Moment van maximale vangst (*D*)

Over het algemeen is het zo dat het moment van maximale vangst *D* in het noorden wat later ligt dan in het zuiden. Dit is echter niet elk jaar het geval. Het verschil tussen vroege en late vangbakken is over het algemeen slechts enkele dagen.

### Analyse

In de analyse is als het ware een sleepnet uit gegooid om te bepalen hoe goed het cumulatief aantal bladluizen en het moment van maximale vangst correleert met weersomstandigheden. De dataset bevat voor elke vangbak in elk jaar het cumulatief aantal bladluizen, het moment van maximale vangst en 2.250 weerskenmerken die bepaald zijn voor die specifieke vangbak.

Met behulp van regressie modellen is bepaald hoe goed de waarde van een specifiek weerskenmerk kan voorspellen wat het cumulatief aantal bladluizen wordt of wat het moment van maximale vangst zal zijn.

Om de mate van correlatie te bepalen is gebruik gemaakt van de  $R^2$  waarde. Omgevingskenmerken worden alleen als significant gezien, wanneer deze een *p*-score hebben die lager ligt dan 0,001. Daarnaast moet de relatie voor de verschillende jaren in de dataset een vergelijkbare effect laten zien en moet de relatie over de gehele range van mogelijke waarden consistent (min of meer continu stijgend of continu dalend) zijn. Daarnaast worden ook de tijdsperiodes september-december uitgesloten, waardoor zoveel mogelijk nadruk gelegd wordt op kenmerken die potentieel een causaal verband hebben met de betreffende parameter.

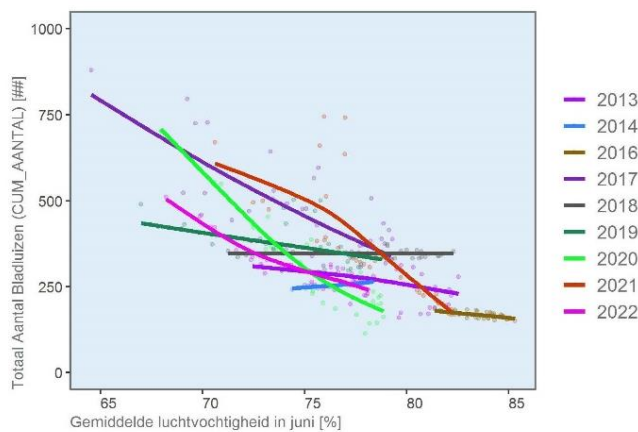
### Correlatie en causaliteit

Belangrijk om te onthouden is dat correlatie tussen twee kenmerken niet perse causaliteit inhoudt. Kenmerken die samenhangen met iets dat wel een echte invloed heeft, zullen meestal ook correleren met de responsvariabele zonder dat er sprake is van een oorzakelijk verband.

Er zijn vele effecten die een rol kunnen spelen bij het dagnummer van maximale vangst D en het cumulatief aantal bladluizen CUM\_AANTAL, zoals bijvoorbeeld weersomstandigheden, maar ook lokale omstandigheden zoals gewassen in de omgeving, aanwezigheid van predatoren en exacte plaatsing van de vangbak. Voor veel van deze omstandigheden is geen data voorhanden. In de analyse is gefocust op weerskenmerken.

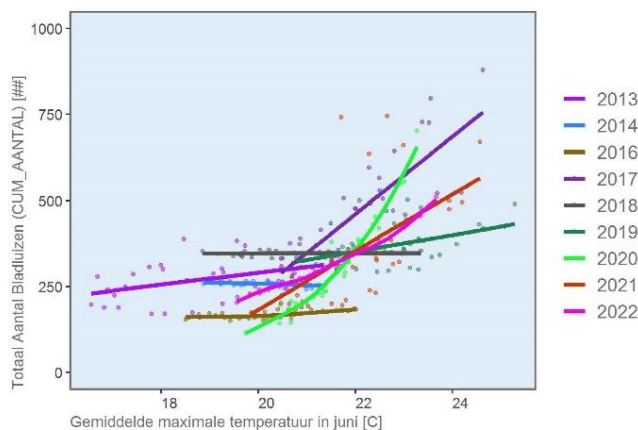
### Cumulatief aantal gevangen bladluizen (CUM\_AANTAL)

Uit de analyse volgt dat de relatieve luchtvochtigheid in juni de grootste correlatie heeft met het aantal gevangen bladluizen. Dit is een negatieve correlatie, zoals in figuur 4 getoond is.



figuur 4: Totaal aantal bladluizen (CUM\_AANTAL) versus relatieve luchtvochtigheid in juni. Met verschillende kleuren zijn de verschillende jaren getoond.

Een ander kenmerk dat naar voren komt uit de analyse is dat de gemiddelde maximale temperatuur in juni ook een sterke correlatie heeft met het aantal gevangen bladluizen. Dit kenmerk is zelf sterk gecorreleerd met de gemiddelde temperatuur in juni. In figuur 5 is dit weergegeven.

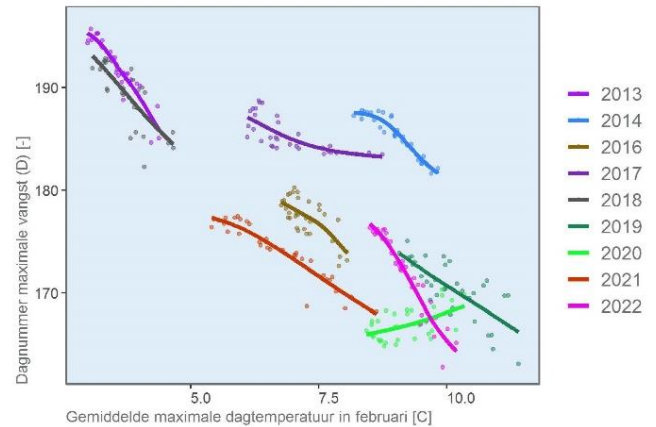


figuur 5: Totaal aantal bladluizen (CUM\_AANTAL) versus gemiddelde maximale temperatuur in juni. Met verschillende kleuren zijn de verschillende jaren getoond.

Zowel de temperatuur als de luchtvochtigheid (Davis, J. A., Radcliffe, E. B. en Ragsdale, D. W. 2006) (Dupuis 2017) worden ook in literatuur genoemd als weerskenmerken met een sterke correlatie met het cumulatieve aantal bladluizen.

### Dagnummer maximale vangst D

Uit de analyse volgt dat de maximale temperatuur in februari het beste correleert met het dagnummer van maximale vangst. Dit is een negatieve correlatie, zoals in figuur 6 getoond is. Wanneer echter nog iets verder gekeken wordt in de data, is er nog een kenmerk dat nog iets hogere correlatie heeft en dat is het aantal graaddagen boven de 5 °C in de maand februari. Dit sluit aan bij de notie dat de minimale ontwikkelingstemperatuur van bladluizen ongeveer 4°C is (Holloway, P., Kudenko, D. en Bell, J.R. 2018).



figuur 6: Dagnummer van maximale vangst D versus gemiddelde maximale dagtemperatuur in februari. Met verschillende kleuren zijn de verschillende jaren getoond.

### Diverse

Andere kenmerken laten wel een correlatie zien tussen het kenmerk en het moment van maximale vangst D of het cumulatieve aantal bladluizen. Deze correlaties zijn echter een stuk kleiner dan diegene die hierboven genoemd worden.

### Interacties met andere kenmerken

De verschillende weerskenmerken zijn onderling vaak sterk gecorreleerd. Een voorbeeld hiervan is dat hoge luchtdruk vaak samenvalt met stabiel droog warm zomerveer. Wanneer naar kenmerken afzonderlijk bekeken wordt, kunnen verschillende kenmerken eenzelfde correlatie laten zien. Terwijl het ene kenmerk wellicht een causale relatie heeft met een van de parameters heeft het andere kenmerk dat helemaal niet te hebben, maar hebben de kenmerken onderling toevallig wel een grote correlatie.

Belangrijk is dan ook om in gedachten te houden dat modellen opgebouwd wordt met kenmerken die de **correlatie** met de verschillende parameters verbeteren. Dit hoeft niets te zeggen over een **causaal** verband tussen de kenmerken die gebruikt worden in de modellen.

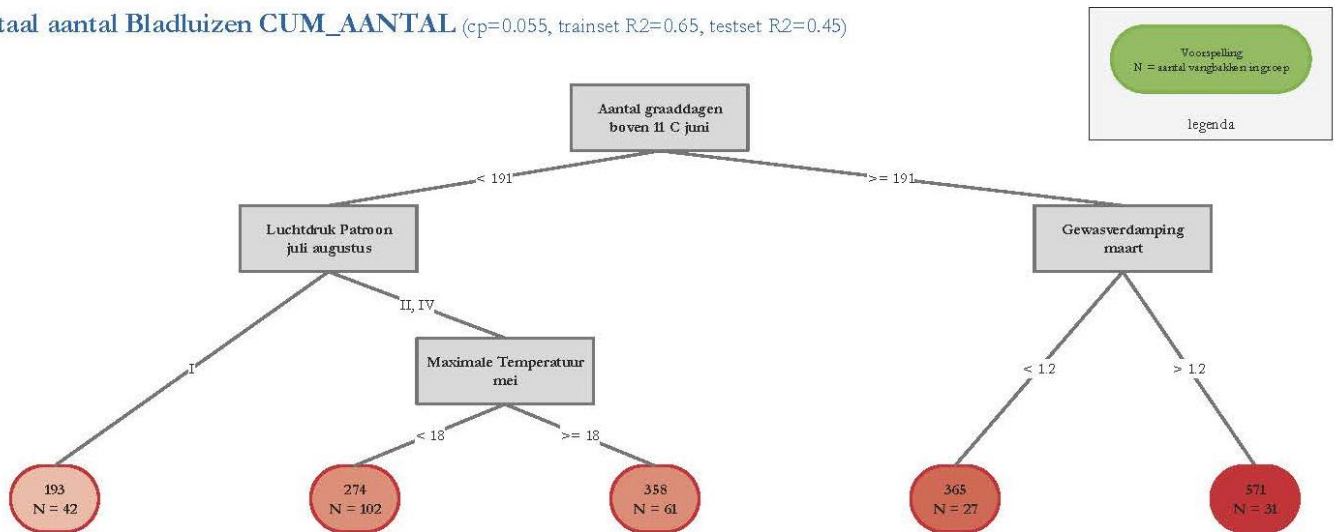
Met een classification en regression tree (CART) wordt inzicht gegeven in interacties van verschillende kenmerken. Deze tree kan extreem groot (en onleesbaar) worden gezien het aantal verschillende kenmerken in de analyse. In figuur 7 zijn een pruned CART's weergegeven voor het cumulatief aantal bladluizen en het dagnummer van maximale vangst.

Binnen de uiteindelijke groepen wordt in de CART geen onderscheid gemaakt tussen de vangbakken en jaren binnen de uiteindelijke groepen. Dit is een consequentie van de modelleringstechniek. Binnen een CART wordt binnen de uiteindelijke groepen geen onderscheid gemaakt tussen de vangbakken en jaren.

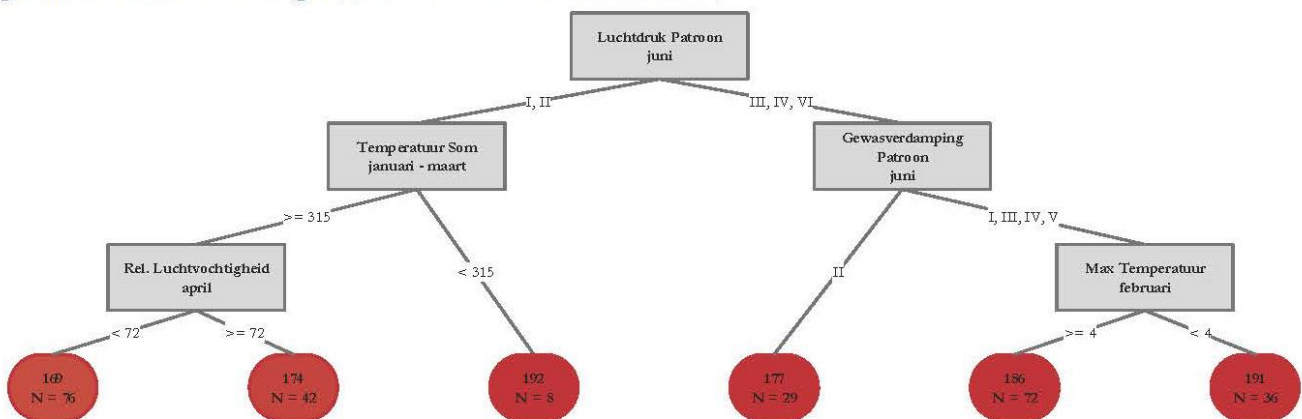
### Conclusie

Het totaal aantal bladluizen CUM\_AANTAL is voornamelijk gecorreleerd aan de relatieve luchtvochtigheid ( $R^2=0.46$ ) en temperatuur ( $R^2=0.37$ ) in juni. Dit is de periode vlak voor de maximale vangst en wanneer de populatie bladluizen het sterkst groeit, waardoor het niet vreemd is dat factoren die dat proces verstoren of verbeteren juist op dat moment een grote rol spelen. De temperatuur wordt in literatuur als belangrijke factor in populatieontwikkeling van bladluizen gezien (Davis, J. A., Radcliffe, E. B. en Ragsdale, D. W. 2006) (Dupuis 2017), maar ook relatieve luchtvochtigheid heeft een effect op de bladluisvluchten (Dupuis 2017).

### Totaal aantal Bladluizen CUM\_AANTAL ( $c_p=0.055$ , trainset $R^2=0.65$ , testset $R^2=0.45$ )



### Dagnummer Maximale Vangst ( $c_p=0.035$ , trainset $R^2=0.86$ , testset $R^2=0.90$ )



figuur 7: Pruned CART voor parameters (Cum\_aantal, c en D) voor bladluisvangsten.  $C_p$  geeft de mate van pruning weer. In de grafieken rechts een boxplot gegeven van de voorspelling (horizontale as) van de CART uitgezet tegen de werkelijke waarden (verticale as) voor een onafhankelijke testset. De CART is bepaald op basis van een trainset. Deze trainset is samengesteld uit een willekeurig gekozen aantal vangbakken (80% van het totaal aantal vangbakken). De testset bestaat uit de resterende vangbakken. Met de box is de range aangegeven waarbinnen 95% van de metingen zich bevonden.

Het dagnummer van maximale vangst D is voornamelijk gecorreleerd aan de temperatuur in februari ( $R^2=0.71$ ) en relatieve luchtvochtigheid in april ( $R^2=0.45$ ). Deze correlaties worden ook in literatuur (Dupuis 2017) beschreven. Wanneer februari warmer was, dan lag het dagnummer van maximale vangst later dan wanneer februari warmer was. Wanneer de relatieve luchtvochtigheid in april hoger is ligt de piek van de bladluisvangsten (D) later in het seizoen. Het kenmerk dat de grootste correlatie had is het aantal graaddagen boven  $5\text{ }^\circ\text{C}$  in februari. Dit komt overeen met de notie dat de minimale development threshold bij  $4\text{ }^\circ\text{C}$  ligt.

Met behulp van de historische bladluistellingen van de NAK kan deze analyse slechts betrekking hebben op de zomervlucht (eind juni, begin juli). Dit is een consequentie van het gebruik van monitoringsdata uit de praktijk voor dataonderzoek. Pas in zeer recente jaren is eerder afgetapt, maar dan nog blijft het de vraag of bladluisvluchten niet voor de start van de bladluistellingen plaatsgevonden hebben. De vangbakken worden bij voorkeur in aardappelvelden geplaatst (geen insecticiden), waardoor specifiek gericht wordt op bladluizen die worden aangetrokken door aardappelplanten, maar soms is dit om praktische redenen niet mogelijk.

Er is een grote temporele (jaar-op-jaar en dag-op-dag) en spatiële variatie (over Nederland) tussen de vangbaktellingen. De dag-op-dag temporele variatie kan deels verklaard worden doordat bladluistellingen een aantal keer per week hebben plaatsgevonden, maar niet altijd met evenveel tussendagen. De verklaring voor jaar-op-jaar temporele variatie en spatiële variatie moet gezocht worden in andere factoren, zoals bijvoorbeeld lokale omstandigheden rondom

de vangbakken, weersomstandigheden en aanwezigheid van natuurlijke vijanden.

### Interpretatie en discussie

Omdat de exacte locatie van de vangbakken in de meeste gevallen niet bekend is en er geen data beschikbaar is over lokale omstandigheden rondom de vangbak zal er altijd een deel van de variatie in bladluistellingen niet verklaard kunnen worden met algemene gegevens, zoals het weer in de regio. De lokale omstandigheden zouden wellicht een deel van de grote spreiding tussen de vangsten in verschillende vangbakken kunnen verklaren.

De vangbakken zijn geplaatst in regio's waarin veel aardappelpootgoed geteeld wordt. Dit betekent dat ze niet willekeurig over het land verspreid en zijn en bepaalde regio's met bijbehorende weerskenmerken sterker vertegenwoordigd zijn dan andere.

Weersomstandigheden lijken wel enige correlatie te vertonen met het aantal gevangen bladluizen CUM\_AANTAL en dagnummer van maximale vangst D, maar de correlatie is niet heel sterk. Dit wordt deels veroorzaakt doordat weerskenmerken afzonderlijk bekeken worden. In het veld is het altijd een samenspel van factoren.

Op basis van deze analyse kunnen geen causale verbanden gelegd worden, maar wanneer analyseresultaten in lijn zijn met bepaalde verwachtingen over de verspreiding van bladluizen en de opbouw van de populatie, geeft het deze verwachting extra gewicht. Causale relaties kunnen alleen aangetoond worden onder gecontroleerde omstandigheden waarbij slechts 1 kenmerk varieert

wordt. Met deze praktijkgegevens zijn er veel te veel bekende en onbekende omgevingsomstandigheden die invloed zouden kunnen hebben op de bladluisvangsten om zeker te weten of een bepaalde omstandigheid bladluisvangsten veroorzaakt.

Op basis van het idee dat een populatie bladluizen zich langzaam (in vele dagen) ontwikkelt (populatie bladluizen is niet soms heel groot, de volgende dag heel klein en de dag erop weer heel groot) zou je mogen verwachten dat je de populatieontwikkeling in de bladluisvangsten terug ziet. Dit is vaak niet heel duidelijk. Er is grote temporele variatie (dag op dag) tussen de bladluisvangsten. Ten eerste wordt dit veroorzaakt doordat de vangbakken niet met gelijke tussenpozen gelegeed worden. Soms zit er meer tijd tussen twee aftappingen en soms wat minder. Ten tweede zou dit ook kunnen betekenen dat de bladluisvangsten wellicht geen goede afspiegeling van de populatie in het veld zijn, omdat er te weinig bladluizen gevangen worden voor een representatieve steekproef. Ten derde zou het kunnen betekenen dat er op sommige dagen veel bladluizen gevangen worden omdat de lokale weersomstandigheden op die specifieke dag gunstig waren voor bladluizen om te vliegen en dat de lokale weersomstandigheden op een andere dag ongunstig waren en de bladluizen dus niet in de vangbak terecht kwamen.

### Tooling

- 📦 R-studio met R-versie 4.0.2
- 📦 Packages ggplot2 versie 3.3.3, rpart versie 4.1.15, raster versie 3.5.9, rocr versie 1.0.11, DBI versie 1.1.2, gstat versie 2.0.8

### Bronnen

- Begon, M., Townsend, C.R., en Harper, J.L. 2005. *Ecology, from Individuals to Ecosystems*. John Wiley And Sons Ltd.
- bladluismonitoring, NAK. 2022. *NAK, bladluismonitoring*. <https://www.nak.nl/aardappelen/bladluizen/>.
- Davis, J. A., Radcliffe, E. B., en Ragsdale, D. W. 2006. „Effects of High and Fluctuating Temperatures on *Myzus persicae*.” *Environmental Entomology* (Entomological Society of America) 35 (6): 1461-1468. <https://academic.oup.com/ee/article/35/6/1461/386852>.
- Dupuis, B. 2017. „Development of a crop management method to control the spread of Potato Virus Y (PVY).” <http://hdl.handle.net/2078.1/192701>.
- Harrell, F.E. 2015. *Regression Modelling Strategies*. Springer. [https://warin.ca/ressources/books/2015\\_Book\\_RegressionModelingStrategie\\_s.pdf](https://warin.ca/ressources/books/2015_Book_RegressionModelingStrategie_s.pdf).
- Holloway, P., Kudenko, D., en Bell, J.R. 2018. „Dynamic selection of environmental variables to improve the prediction of aphid phenology: A machine learning approach.” *Ecological Indicators* 88: 212-522. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2017.10.032>.
- KNMI. 2022. <https://dataplatfom.knmi.nl/>.
- NAK. 2022. <https://www.nak.nl>.
- Pelletier, Y., X. Nie, M.-A. Giguere, U. Nanayakkara, E. Maw, en R. Footitt. 2012. „A New Approach for the Identification of Aphid Vectors of Potato Virus Y.” *Journal of Economic Entomology* 105 (6): 1909-1914. doi:<https://doi.org/10.1603/EC12085>.
- van Harten, A. 1981. „Bladluizen, virusziekten en rooidata bij pootaardappelen.”
- Verbeek, M., P.G.M. Piron, A.M. Dullemans, C. Cuperus, en R.A.A. Van Der Vlugt. 2010. „Determination of aphid transmission efficiencies for N, NTN and Wilga strains of Potato virus Y.” doi:<https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.2009.00359.x>.

### 2.1.5 Conclusie analyse bladluisvangsten in relatie tot het klimaat

Niet alleen het totaal aantal bladluizen maar ook de vectordruk en de cumulatieve vectordruk (of totale geaccumuleerde vectordruk aan het eind van de tellingen, i.h.a. 31 augustus) kunnen zeer sterk van jaar tot jaar en van locatie tot locatie verschillen. Ook laten de verschillende vangstmethoden soms grote onderlinge verschillen zien binnen een locatie (zie hiervoor ook 2.2). Er is geen duidelijk verband te leggen is tussen de geaccumuleerde vectordruk, en dan met name het moment waarop die duidelijk begint op te lopen, en het verloop van de minimum- en maximumtemperatuur over het jaar.

Er lijkt wel een trend zichtbaar dat een hoog Hellmann Koudegetal leidt tot een latere datum waarop de eerste bladluizen worden gevangen. Dit lijkt in overeenstemming met de bevindingen van de NAK waarin de beste correlatie gevonden wordt voor het totaal aantal gevangen bladluizen over de periode 1 juni tot 15 augustus, met het aantal dagen dat de dagtemperatuur in februari boven de 5°C is. Hierbij moet wel de kanttekening geplaatst worden dat het totaal aantal gevangen bladluizen weinig zegt over de (cumulatieve) vectordruk omdat het aandeel 'andere luizen', die dus niet meegenomen worden in de berekening van de vectordruk, kan oplopen tot meer dan 65% (in 2022) maar dat dit percentage ook sterk kan verschillen van jaar tot jaar en binnen een jaar.

## 2.2 Vergelijking bladluisvangsten met de hoge zuigval, de gele vangbak en de insectenfuik

### 2.2.1 Achtergrond

Door de Nederlandse Algemene Keuringsdienst (NAK) worden de bladluisvluchten tijdens het poot aardappelseizoen gemonitord. Dit gebeurt op drie locaties met de hoge zuigval (waarmee bladluizen worden gevangen die op ongeveer 12 meter hoogte vliegen), te weten Kollumerwaard, Tollebeek en Colijnsplaat. Daarnaast gebruikt de NAK 40 gele vangbakken die in verschillende poot aardappelpercelen worden geplaatst. De gele vangbak wordt op gewashoogte geplaatst en zal bladluizen vangen die worden aangetrokken door de gele kleur en landen in de bak. In de bak staat een laagje water met zeep waardoor de bladluizen vrijwel meteen in het water zinken en niet meer kunnen ontsnappen. Het vangseizoen is normaliter van 1 mei tot 1 september.

### 2.2.2 Vergelijking drie valtypen

Voor deze PPS is de vangstperiode met één maand uitgebreid en liep in 2019 t/m 2021 van 1 april tot 1 september. Ook is er een extra vangstmethode aangewend: de insectenfuik. Deze fuik wordt net boven het gewas geplaatst. Door de grote windvaan staat de fuik altijd tegen de wind in en worden vliegende insecten die de fuik invliegen levend gevangen in een bus achterin de fuik waaruit ze niet meer kunnen ontsnappen.

De drie vangstmethoden zijn met elkaar vergeleken op de drie plaatsen waar de hoge zuigvallen staan. Echter in 2021 waren twee hoge zuigvallen aan vervanging toe en hebben dat jaar niet gedraaid. Hierdoor zijn in Colijnsplaat en Kollumerwaard alleen de fuik en de vangbak gebruikt.



**Figuur 7:** Van links naar rechts: hoge zuigval, bladluisfuk en gele vangbak. In het overzichtskaartje rechts zijn de drie plaatsen aangegeven (gele pijlen) waar deze drie vangstmethoden zijn vergeleken (Colijnsplaat, Tollebeek en Kollumerwaard).

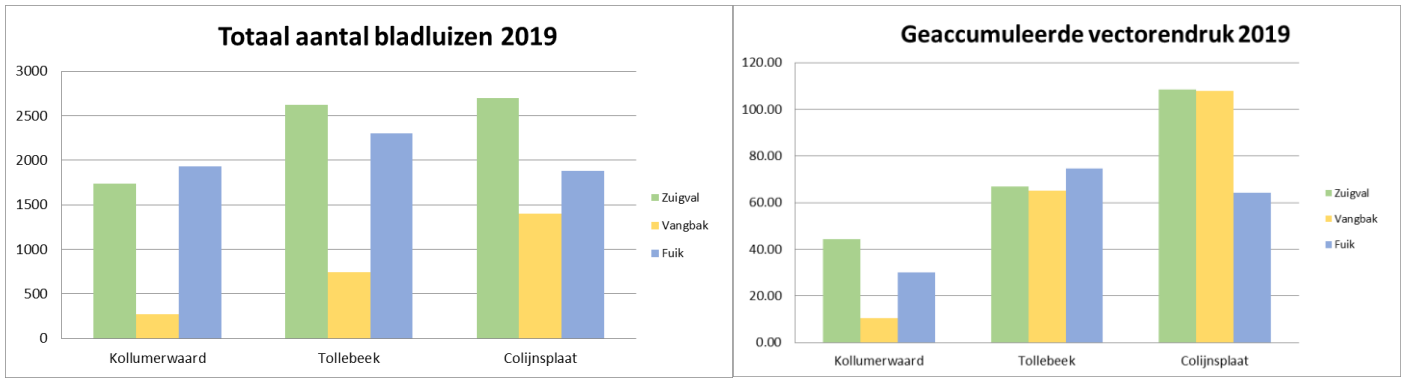
Gedurende de vangstperiode zijn op elke dag, behalve op zondag, de vallen leeggemaakt. De vangsten zijn geanalyseerd bij de NAK en de bladluizen zijn op soort gedetermineerd voor de 15 soorten waarvan bekend is dat die bijdragen aan de verspreiding van het aardappelvirus Y (PVY). Deze 15 soorten staan vermeld in tabel 2, met hun relatieve efficiëntie in het overdragen van PVY (REF-waarde, waarbij de meest efficiënte bladluisoort *Myzus persicae* de relatieve waarde 1 heeft gekregen). Deze REF waarde wordt gebruikt om de vectordruk uit te bepalen: vectordruk = aantal bladluizen per soort x REF van deze soort.

De aantallen zijn per soort, per datum en per locatie bijgehouden. In de figuren 8 t/m 10 zijn de totale vangsten en de geaccumuleerde vectordruk per valtype en locatie weergegeven voor de jaren 2019 t/m 2021. De vangsten per soort zijn in tabelvorm weergegeven in Bijlage 6.

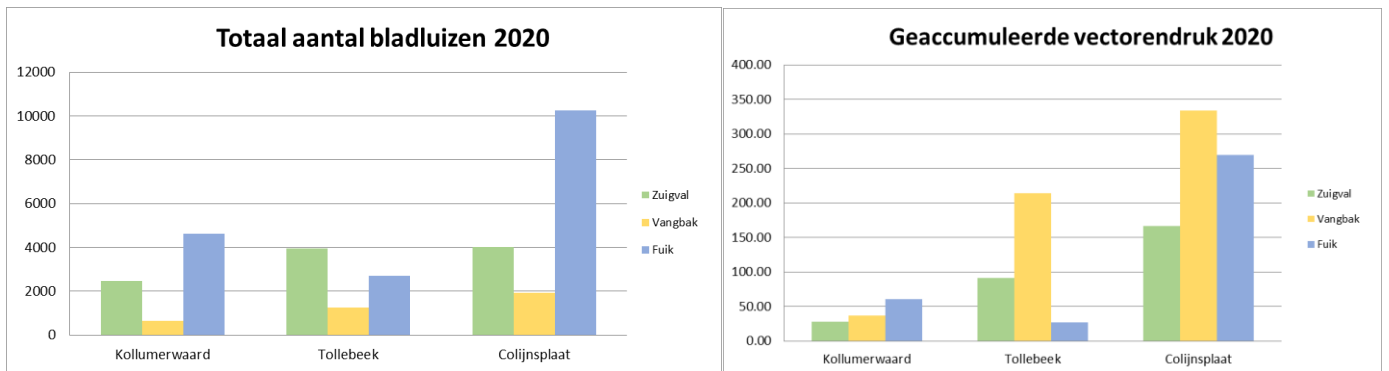
**Tabel 2:** De vijftien soorten bladluis die worden gedetermineerd m.b.t. vectordruk voor het aardappelvirus Y met hun Relatieve Efficiëntie Factor voor PVY-overdracht (REF) zoals de NAK die hanteert op basis van verschillende literatuur. De rest van de gevangen bladluizen worden gegroepeerd onder "andere bladluizen" en tellen niet mee in de vectordruk.

Nederlandse naam	Wetenschappelijke naam	Afkorting	REF
Groene perzikluis	<i>Myzus persicae</i>	M.p.	1.00
Bruine violenluis	<i>Myzus certus</i>	M.c.	1.00
Sjalotteluis	<i>Myzus ascolonicus</i>	M.a.	0.01
Hopluis	<i>Phorodon humuli</i>	P.h.	0.45
Aardappeltopluis	<i>Macrosiphum euphorbiae</i>	M.e.	0.01
Zwarte bonenluis	<i>Aphis fabae</i>	A.f.	0.10
Wegedoornluis	<i>Aphis nasturtii</i>	A.n.	0.60
Erwteluis	<i>Acyrtosiphon pisum</i>	A.p.	0.10
Appelgrasluis/Vogelkersluis	<i>Rhopalosiphum insertum/padi</i>	R.i./R.p.	0.03
Roosgrasluis	<i>Metopolophium dirhodum</i>	M.d.	0.01
Groene kortstaartluis	<i>Brachycaudus helichrysi</i>	B.h.	0.01
Vuilboomluis	<i>Aphis frangulae</i>	A.fran.	0.40
Melige koolluis	<i>Brevicoryne brassicae</i>	B.b.	-
Andere kortstaartluis	<i>Brachycaudus spp</i>	B.spp.	-
Boterbloemluis	<i>Aulacorthum solani</i>	A.s.	0.01
Andere bladluizen		Al	-

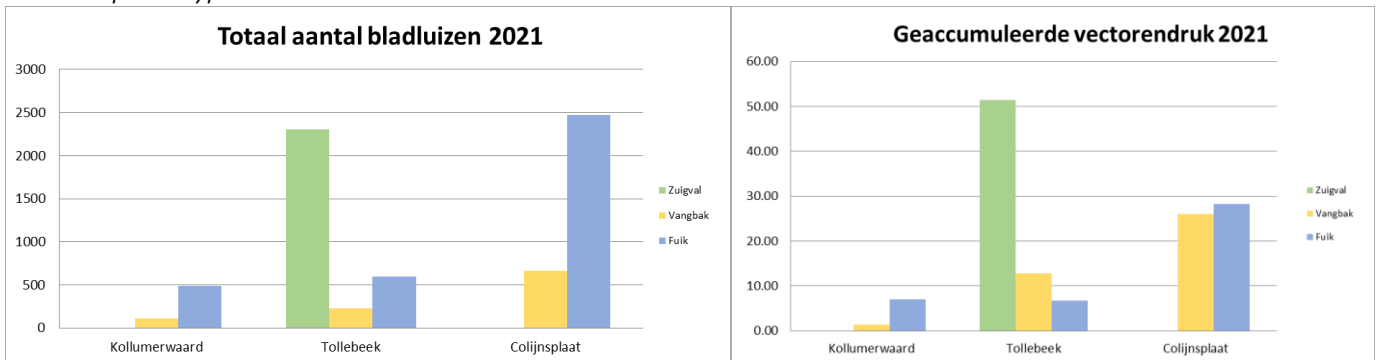




**Figuur 8:** Links: Totaal aantal bladluizen in 2019 per valtype en per locatie. Rechts: de geaccumuleerde vectordruk in 2019 per valtype en locatie.



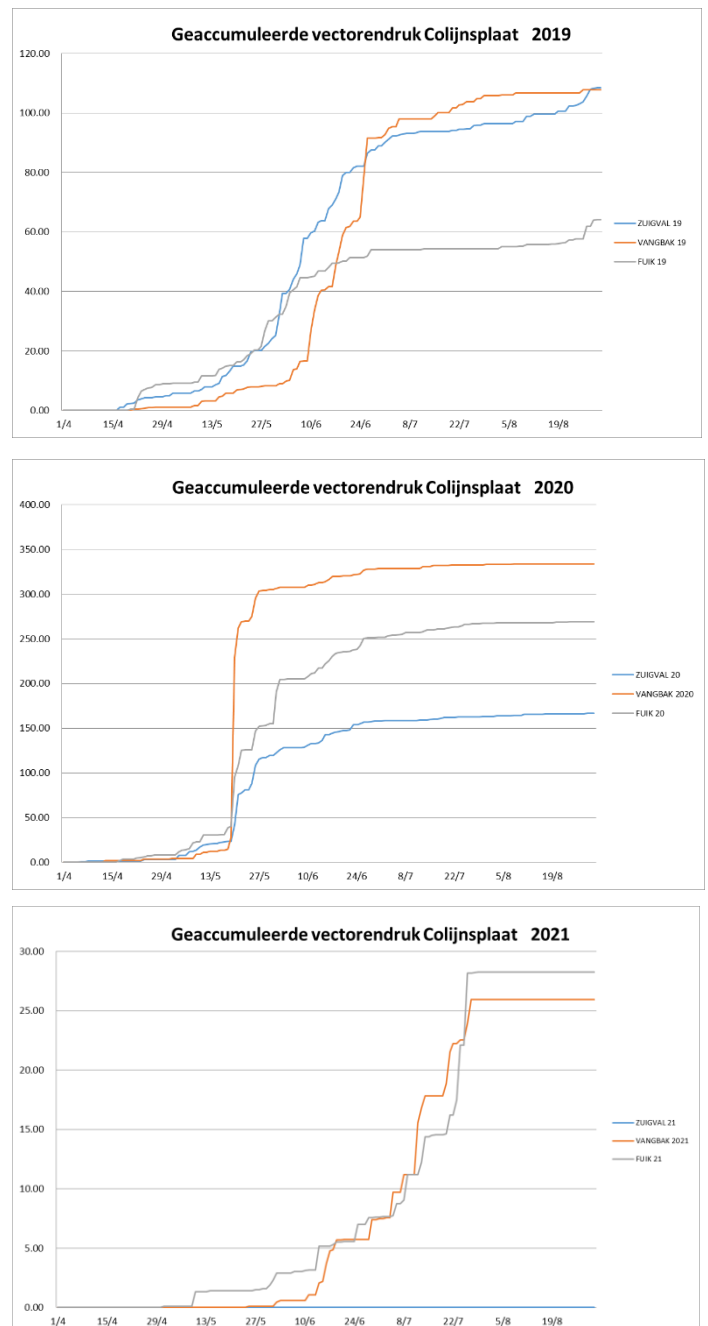
**Figuur 9:** Links: Totaal aantal bladluizen in 2020 per valtype en per locatie. Rechts: de geaccumuleerde vectordruk in 2020 per valtype en locatie.



**Figuur 10:** Links: Totaal aantal bladluizen in 2021 per valtype en per locatie. Rechts: de geaccumuleerde vectordruk in 2021 per valtype en locatie.

In de drie jaren 2019 t/m 2021 waren er grote verschillen in de aantallen gevangen bladluizen, zoals te zien is in de figuren 8 t/m 10. Deze verschillen zijn waar te nemen tussen locaties, maar ook tussen de verschillende valtypen. Maar in de hiernaast weergegeven grafieken (figuur 11) voor de ontwikkeling van de vectordruk in de tijd is goed te zien dat in een jaar na een zeer zachte winter (bijv. 2020) de vectordruk al vroeg in het jaar zeer hoog kan zijn.

**Figuur 11:** De opbouw van de geaccumuleerde vectordruk in de loop van het poot aardappelseizoen in Colijnsplaat in 2019, 2020 en 2021.



### 2.2.3 Conclusie vergelijking valtypen

Er is niet een bepaald valtype aan te wijzen die het beste zou zijn om bladluizen te monitoren. Omdat de drie vangmethoden (zuigval op 12 meter hoogte, fuik net boven gewas en gele vangbak voor actief op geel afkomende bladluizen) ieder zeer waarschijnlijk optimaal zijn voor verschillende bladluissoorten kun je de drie valtypen als complementair zien. Het is echter ook zo dat kleine afstanden al grote gevolgen kunnen hebben voor de aantallen gevangen bladluizen op de verschillende locaties, waardoor de nauwkeurigheid van bladluismonitoring alleen verhoogd kan worden door het monitornetwerk zo fijnmazig mogelijk te maken. Idealiter worden beheersmaatregelen per perceel gekoppeld aan monitoring op perceelniveau.

## 2.3 Moleculaire identificatie van bladluizen

### 2.3.1 Achtergrond

Om de vectordruk voor het aardappelvirus Y te bepalen worden vijftien bladluisoorten gemonitord. Deze vijftien bladluisoorten (eigenlijk zestien want *Rhopalosiphum padi* en *Rhopalosiphum insertum* worden bij elkaar genomen, zie tabel 2).

De vangsten uit de hoge zuigvallen en gele vangbakken worden door medewerkers van de NAK gesorteerd op bladluizen en andere insecten, waarna de bladluizen op soort worden gedetermineerd. Deze determinatie is handwerk en vraagt een grote expertise om de voor de overdracht van PVY belangrijke soorten te scheiden van de andere soorten (ongeveer 450 bladluisoorten alleen al in Nederland) en te tellen.

Binnen deze PPS is gekeken of deze determinatie ook gebaseerd kan worden op een moleculaire toets waarbij gekeken wordt naar een zogenaamd 'barcode-gen'. Met determinatie van insecten op basis van sequentie van zulke barcodegenen is al veel onderzoek gedaan, maar voor bladluizen staat dit nog in de kinderschoenen.

De reeds gepubliceerde onderzoeksresultaten en genetische informatie in de wereldwijde database (NCBI) hebben als basis gediend voor de ontwikkeling van een multiplex Luminex xTAG toets, waarbij de 15 bladluisoorten, waarop de vectorendruk voor PVY wordt gebaseerd, kunnen worden onderscheiden.

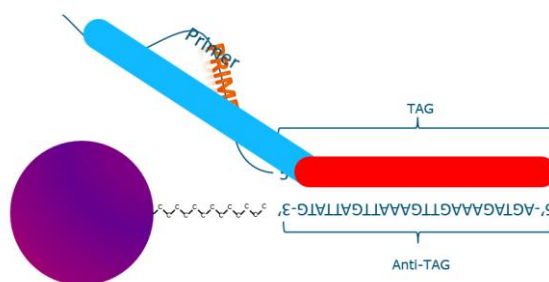
Aanvankelijk was het idee om deze toets ook kwalitatief te maken zodat uit een verzameling van bladluizen ook de aantallen van elke soort konden worden bepaald. Echter, dit bleek praktisch niet haalbaar.

Wel bleek de Luminex toets geschikt om gelijktijdig met de soortbepaling te toetsen of de bladluis ook virus bij zich heeft. Dit is ontwikkeld voor PVY, aardappelbladrolvirus (PLRV) en de bietenvergelingsvirussen.

### 2.3.2 De techniek: Luminex xTAG

De Luminex xTAG is gebaseerd op de PCR-amplificatie van het barcode gen Cytochroom C oxidase, subunit 1 (CO1). Na de amplificatie van dit CO1-gen vindt er een amplificatie plaats op basis van specifieke primers, zogenaamde *target specific primer extension (TSPE)*-primers. Voor elk van de 15 bladluisoorten zijn één of meerdere TSPE-primers ontworpen. Deze TSPE-primers hebben tevens een TAG, een uniek stukje sequentie die niet past op enig organisme. De TAG pas echter precies op een complementair stukje DNA (de anti-TAG) dat is gekoppeld aan een Luminex-bolletje (zie figuur 12). Deze luminexbolletjes hebben een unieke kleur en door elke specifieke anti-TAG te koppelen aan bolletjes met een specifieke kleur krijgen we een set van bolletjes die verschillende *targets* kunnen detecteren.

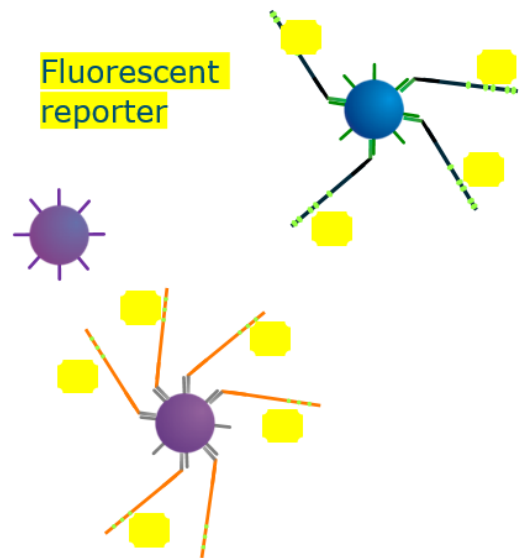
De Luminexmethode is daardoor in staat veel targets tegelijk in een monster te detecteren (multiplex). Voor de bladluisdeterminatie is een 31-plex ontwikkeld. Dit wil zeggen dat er 31 verschillende kleuren bolletjes worden gebruikt. Elke kleur bolletje heeft een eigen anti-TAG voor een stukje DNA afkomstig van bladluis of van virus. Er kunnen op deze manier dus 31 verschillende 'targets' in één enkele toets gedetecteerd worden.



**Figuur 12:** Schematische weergave van een Luminex bolletje met specifieke kleur, met daaraan gekoppeld de anti-TAG. De anti-TAG is in staat de TAG-sequentie van de specifieke TSPE-primer te binden.

Tijdens de amplificatie van de target-sequentie zijn in de sequentie nucleotiden ingebouwd met een biotine-label. Dit biotine-label kan later worden gebruikt om een fluorescerende stof te laten binden aan de sequentie. Na het hybridiseren van de PCR-producten aan de luminexbolletjes en de incubatie met de fluorescente stof (reporter) worden in het luminexapparaat de bolletjes gescand, waarbij de kleur van het

bolletje wordt gemeten en daarnaast ook of er aan het bolletje een fluorescent label zit. Met deze twee waarden kan worden bepaald welk van de 32 targets in het monster aanwezig was.



**Figuur 13:** Schematische weergave van luminexbolletjes (twee kleuren) waaraan TSPE-amplificatieproducten zijn gekoppeld en daaraan een fluorescent label. Deze bolletjes worden als positieve reacties geteld. Een derde bolletje heeft geen TSPE-amplificatieproduct gekoppeld en is negatief. Het bijbehorende target was niet aanwezig in het monster.

### 2.3.3 Bladluisidentificatie

Op basis van beschikbare CO1-sequenties van bladluisoorten in de wereldwijde database (NCBI) en op enkele eigen sequentiebepalingen van soorten die niet in die database waren te vinden, zijn specifieke TSPE-primers ontwikkeld. Omdat een aantal targets die in verschillende bladluisoorten voorkomen soms identiek zijn of zeer sterk op elkaar lijken was het nodig om meerdere TSPE-targets per bladluisoort te ontwerpen (vandaar dat we voor vijftien bladluisoorten zo'n 29 TSPE primers nodig hebben). Daarnaast zijn nog twee TSPE-primers ontworpen voor 'bladluis algemeen' die altijd positief moeten zijn wanneer er bladluizen in het monster aanwezig zijn (totaal dus 31 TSPE primers).

### 2.3.4 Gelijktijdige virusdetectie in bladluizen

Het is mogelijk gebleken om de Luminex bladluisidentificatie uit te breiden met specifieke primers en TSPE-primers voor virussen. Allereerst is dit voor PVY ontwikkeld. In de eerste stap van de Luminex procedure is een PCR met het eerste primerpaar (CO1 voor bladluis, PVY-specifiek voor PVY). Detectie van het CO1 gen is echter op DNA en de detectie van PVY is op RNA. De benodigde reverse transcriptie reactie (RT) voor het RNA bleek geen invloed te hebben op de latere PCR op het CO1 DNA en de PCR op beide soorten target kon dus gelijktijdig worden uitgevoerd. Ook voor PLRV en de bietenvergelingsvirussen zijn specifieke primers en TSPE-primers ontwikkeld. In labcontroles van bladluizen met deze virussen konden de virussen goed worden aangetoond.

### 2.3.5 Luminex xTAG resultaten

In de eerste experimenten bleek dat de TSPE-primers voor enkele bladluisoorten niet goed werkten. Hiervoor zijn nieuwe primers ontworpen en uitgetest. Uiteindelijk hebben we een goede set primers werkend waarmee bladluizen op soort kunnen worden gedetermineerd. Verzamelingen van andere insecten die met de insectenfuik werden gevangen gaven in de Luminex toets geen achtergrondreactie of vals-positieven. In onderstaand figuur (figuur 14) is een overzicht te zien van een aantal bladluismonsters en de reacties in de Luminex test.



---

### 2.3.7 Conclusie Luminex bladluisdeterminatie met gelijktijdige virusdetectie

De moleculaire identificatie van bladluizen met behulp van Luminex xTAG op basis van het CO1 gen is mogelijk. De uitkomsten van bekende en onbekende bladluizen zijn vergelijkbaar en grotendeels overeenkomstig met handmatige identificatie door de NAK. Andere insecten uit de vangsten met de insectenfuik gaven in de experimenten geen noemenswaardige achtergrond in de Luminex xTag. Automatisering van het tellen van de soorten bladluizen uit een grote verzameling insecten is vooralsnog technisch niet mogelijk met de Luminex xTAG methode.

Het bleek mogelijk om gelijktijdig met de xTAG determinatie te toetsen of de bladluizen virus bij zich hadden. Het gaat dan om de aardappelvirussen PVY en PLRV, en de bietenvergelingsvirussen BYV, BMVY en BChV.

## 2.4 Virusbronnen

De vraag of aardappelvirus Y (PVY) de winter kan overleven in andere gewassen of onkruiden speelt al lang en is al eerder onderwerp van onderzoek geweest in binnen- en buitenland. In dat eerdere onderzoek zijn onkruiden gevonden die besmet bleken met PVY, maar er is niet aangetoond dat deze onkruiden dan ook bronnen kunnen zijn van waaruit PVY naar de aardappel overgebracht kan worden door bladluizen. In dit project zijn onkruiden, maar ook aardappelopslag, met name aan het begin van het seizoen bemonsterd en met DAS-ELISA getoetst op infectie met PVY. Dit is met name omdat in eerdere onderzoeken later in het seizoen werd bemonsterd, maar om aan te tonen dat wilde planten bronnen zijn waarin het virus de winter overbrugt is voor deze PPS eerder in het jaar bemonsterd. Het werk is overlappend met Werkpakket 3 waarin voornamelijk de onkruiden zijn bemonsterd. De virustoetsen zijn binnen Werkpakket 1 uitgevoerd, waarbij ook de eventuele transmissie vanuit geïnfecteerde wilde planten zou worden onderzocht.

### 2.4.1 DAS-ELISA

Bladmateriaal van aardappel of onkruiden zijn vermalen met behulp van Bioreba maalzakjes (Bioreba, Reinach, Zwitserland). De gebruikte maalbuffer is een standaard Sample Extraction Buffer (SEB) waaraan 0.25% natriumsulfiet is toegevoegd. De gebruikte antisera (coating en conjugaat) zijn van Prime Diagnostics Wageningen. Zie voor het verdere DAS-ELISA protocol en samenstelling van buffers het protocol van Prime Diagnostics op [www.primediagnostics.com](http://www.primediagnostics.com).

### 2.4.2 Resultaten virustoetsen

Toetsingen op PVY in aardappelopslag, graanopslag en wilde planten zijn gedurende drie teeltseizoenen uitgevoerd.

In 2020 werden 190 onkruidmonsters getoetst (77 waren afkomstig van het IRS en zijn door het IRS ook op bietenvergelingsvirussen onderzocht). In deze 190 werd geen PVY of bietenvergeling (in de 77 monsters van het IRS) gevonden.

In 2021 zijn in totaal 326 mengmonsters (van elk vijf planten) getoetst behorende tot 69 soorten wilde planten. Onder deze soorten zaten ook soorten die in eerder onderzoek werden gemeld als waardplant voor PVY, zoals bijvoorbeeld paardenbloem.

---

In 2021 werd alleen PVY gevonden in monsters van aardappelopslag. Daarnaast waren alle monsters van wilde planten negatief, behalve een monster van Gewone berenklaauw dat heel licht positief was in de DAS-ELISA.

In 2022 zijn nog eens 240 monsters getoetst van groenbemesters, aardappelopslag, graanopslag en wilde planten (waaronder bitterzoet), weer in mengmonsters van 5 planten per monster. PVY kon in hoge concentraties worden aangetoond in een aantal aardappel-opslagplanten. Ook in 2022 werden geen wilde planten gevonden met PVY, behalve weer een zeer lichte reactie met het antiserum tegen PVY in enkele planten van Gewone berenklaauw.

### 2.4.3 Verificatie vondst Gewone berenklaauw

Omdat in DAS-ELISA bij verschillende monsters van Gewone berenklaauw (*Heracleum sphondylium*) een lichte reactie werd waargenomen is hier verder naar gekeken. Het werd namelijk uit de ELISA resultaten niet duidelijk of de (zeer) lichte reactie een gevolg was van een zeer lage concentratie PVY in deze planten òf dat er sprake was van een kruisreactie.

Allereerst is een qPCR uitgevoerd op RNA-extracties van Gewone berenklaauw. Uit deze test kwam geen duidelijk signaal van PVY naar voren.

Daarnaast zijn er enkele, voor PVY gevoelige, indicatorplanten geïnoculeerd met een homogenaat van Gewone berenklaauw (hetzelfde homogenaat dat voor de ELISA werd gebruikt). Deze indicatorplanten werden niet ziek.

Daarna zijn deze RNAs met een generieke PCR voor potyvirusen getoetst. Hier kwamen de monsters uit Gewone berenklaauw wel duidelijk als positief naar voren. Dit was een aanwijzing dat er wellicht een ander potyvirus in Gewone berenklaauw aanwezig was dat kruisreageert in de ELISA voor PVY. WUR heeft besloten om deze monsters in een ander project te sequencen. Dit leverde een sequentie op van een potyvirus dat nog niet eerder werd beschreven en in Gewone berenklaauw voorkomt. Verder onderzoek is nodig om te bepalen wat de waardplantenreeks van dit virus is.



**Figuur 15:** In Gewone berenklaauw werd een nieuw potyvirus gevonden dat een hele lichte kruisreactie geeft in de DAS-ELISA voor PVY.

---

#### 2.4.4 Conclusie virusbronnen

Ondanks dat er veel monsters zijn getest, is in geen enkel monster uit wilde planten - die in het voorjaar werden verzameld - PVY gevonden. PVY was wel in hoge concentraties aanwezig in een aantal aardappel-opslagplanten. Aannemelijk is dat al vroeg in het voorjaar opslagplanten wel serieuze virusbronnen kunnen zijn, van waaruit bladluizen PVY verder verspreiden naar het jonge en nog heel vatbare gewas. Enkele monsters van Gewone berenklaau gaven een zeer lichte reactie in ELISA. Na verificatie van deze uitslagen met andere toetsmethoden en sequentiebepaling bleek er in Gewone berenklaau geen PVY maar een tot nu toe nog onbekend potyvirus voor te komen.

## 2.5 Translocatiesnelheid van PVY in aardappel

### 2.5.1 Inleiding translocatiesnelheid

PVY wordt overgebracht door bladluizen. De bladluis landt op een aardappelplant en zal een blad aanprikken om te bepalen of deze een geschikte waardplant is. Dit noemen we een proefboring. Tijdens deze proefboring wordt het virus al overgedragen. De wijze van overdracht waarbij virussen in slechts korte tijd tijdens proefboringen worden opgenomen of afgegeven noemen we non-persistente overdracht.

Nadat een cel is aangeprikt door een virus-dragende bladluis, zal het virus zich in deze cel gaan vermenigvuldigen. Daarna zullen virusdeeltjes door de plant verspreid worden en wordt de gehele plant ziek. Eerst zullen virusdeeltjes zich van cel naar cel moeten begeven in het aangeprikte blad. Zodra dan het vaatweefsel wordt bereikt gaat het transport van virusdeeltjes veel sneller en zullen virusdeeltjes zich eerst naar de snel-delende weefsels (zogenaamde *sinks*) verspreiden. Deze *sinks* bevinden zich zowel bovengronds (groeipunten) maar ook ondergronds in wortels en stolonen.

Het begrip van de translocatiesnelheid is een belangrijke factor voor het bepalen van de (advies) loofdodingsdatum. Na het behalen van een bepaalde vectordruk zal geadviseerd worden het loof te doden om te voorkomen dat er te veel virus in de knollen terecht komt. In het verleden werd uitgegaan van een translocatiesnelheid van blad naar knol van ongeveer anderhalve week.

In dit project hebben we in kas- en tunnelproeven experimenten gedaan om de translocatiesnelheid van PVY in aardappel preciezer te bepalen.

### 2.5.2 Experiment 2021: bepaling translocatiesnelheid door aantoonbaarheid in ondergrondse delen

Voor het onderdeel translocatiesnelheid werden door twee PPS-partners miniknollen aangeleverd (ieder 1 ras). De partners hebben aangegeven dat de rasnamen niet vermeld mogen worden in het verslag.

Het eerste experiment werd uitgevoerd in een tunnelkas. Helaas was er geen gaaskas beschikbaar in dit seizoen en is een tunnelkas van plastic gebruikt. In de zomer van 2021 was het vaak warm en zijn er in de plastic tunnel vaak hoge temperaturen bereikt.

De miniknollen zijn op 7 mei 2021 gepoot in speciale emmers waarmee makkelijk de ondergrondse delen kunnen worden bemonsterd (Merk Elho, met binnen en buitenpot, zie figuur 16). Voor het oppotten werd normale potgrond met osmocote-bemesting gebruikt, het water geven werd geregeld d.m.v. druppelbevloeiing op een watergeefautomaat.



**Figuur 16:** Aardappels zijn gepoot in aardappelkweekpotten van Elho, met binnen- en buitenpot. Hierdoor konden de ondergrondse delen makkelijk op verschillende tijdstippen worden bemonsterd.



De aardappelplanten zijn op 3 tijdstippen geïnoculeerd met PVY (24, 31 en 112 dagen na planten), waarbij telkens 10 planten met één van de drie PVY-isolaten werden geïnoculeerd. De gebruikte PVY-isolaten behoren tot de stammen PVY-N, PVY-NTN en PVY-Wilga.

Het gebruik van bladluizen voor inoculatie is in een tunnel niet toegestaan. De virussen werden daarom mechanisch geïnoculeerd met een relatief inefficiënte methode om bladluisinoculatie te imiteren. Deze methode wordt "droog-inoculatie" genoemd. Hierbij worden de planten eerst bestoven met Carborundum poeder. Daarna wordt een met PVY geïnfecteerd blad opgerold en over grof schuurpapier gehaald om de cellen kapot te maken. Er komt een beetje sap op het opgerolde blaadje te staan en door dit opgerolde blaadje over de te inoculeren bladeren met Carborundumpoeder te wrijven kan het virus in de zo ontstane kleine wondjes in de epidermiscellen binnendringen.



**Figuur 17:** Eerste tunnelproef (2021) met links de wijze van inoculatie (drooginoculatie), midden overzicht tunnel en rechts het moment van eerste symptoomontwikkeling tijdens de bloei.

De planten werden daarna op verschillende tijden bemonsterd (zowel blad als ondergrondse delen zoals stolonen of knollen).

Resultaten:

- Inoculatie (droog-inoculatie) 24 en 31 dagen 10-40% infectie, bij oude planten (115 DAP) trad geen infectie op.
- De kortste tijd dat PVY in de ondergrondse delen was aan te tonen is 11 dagen na inoculatie.
- Sommige planten worden later ziek, een enkele keer was een meting aan de wortel positief terwijl in het bladmonster PVY nog niet aan te tonen was.
- Steekproef knollen getoetst, PVY was in de spruiteinden van de knollen afkomstig van zieke planten goed met ELISA aan te tonen.

Omdat de temperaturen in de tunnelkas in het teeltseizoen erg hoog zijn geweest en het gewas daar snel verouderde, wat een negatief effect gehad kan hebben op de efficiëntie van virusinoculatie, is een kleiner experiment in een geconditioneerde kas uitgevoerd.

Voor de kasproef werden de twee rassen op 10 september opgeplant en na opkomst op 1 stengel gezet. Op 1 oktober (21 DAP) zijn de planten geïnoculeerd met de drie PVY isolaten (N, NTN en Wilga). Op een later tijdstip, na de bloei, is de tweede serie geïnoculeerd. Dit was 70 dagen na poten (70 DAP) en ook ditmaal met de drie PVY isolaten.

Ook in dit experiment waren de eerste planten ongeveer 11 dagen na blad-inoculatie ondergronds (in ELISA aantoonbaar) geïnfecteerd. Een overzicht van de resultaten van het kasexperiment is weergegeven in tabel 4.

**Tabel 4:** Overzicht van toetsresultaten in ELISA van het translocatie-experiment in een geconditioneerde kas, najaar 2021. N= PVY-N, NTN=PVY-NTN, W=PVY-Wilga. += PVY aantoonbaar in ELISA.

Days after planting (DAP)	Ras	7 d na inoculatie	11 d na inoculatie	14 d na inoculatie	20 d na inoculatie
<b>21</b>	1	N blad - N stolon n.t.	N blad - N stolon -	N blad + N stolon +	Niet getest
		NTN blad - NTN stolon n.t.	NTN blad + NTN stolon +	NTN blad + NTN stolon +	Niet getest
		W blad - W stolon n.t.	W blad + W stolon -	W blad + W stolon +	Niet getest
	2	N blad + N stolon n.t.	N blad + N stolon -	N blad + N stolon +	Niet getest
		NTN blad + NTN stolon n.t.	NTN blad + NTN stolon +	NTN blad + NTN stolon +	Niet getest
		W blad - W stolon n.t.	W blad + W stolon +	W blad + W stolon +	Niet getest
<b>70</b>	1	N blad - N stolon -	N blad - N stolon -	N blad - N stolon -	N blad - N stolon -
		NTN blad - NTN stolon -	NTN blad - NTN stolon -	NTN blad - NTN stolon -	NTN blad + NTN stolon -
		W blad - W stolon -	W blad - W stolon -	W blad - W stolon -	W blad - W stolon -
	2	N blad - N stolon -	N blad + N stolon +	N blad + N stolon +	N blad + N stolon +
		NTN blad - NTN stolon -	NTN blad + NTN stolon -	NTN blad + NTN stolon -	NTN blad + NTN stolon +
		W blad - W stolon -	W blad + W stolon -	W blad + W stolon +	W blad + W stolon +

### 2.5.3 Experiment 2022: bepaling translocatiesnelheid door loofverwijdering op verschillende tijdstippen

In bovenstaand experiment in 2021 werd de translocatiesnelheid bepaald door in de verschillende plantendelen op verschillende tijdstippen te bemonsteren en in ELISA te toetsen of er virus aanwezig was. Om in ELISA een positieve waarde te krijgen, moet er een bepaalde virusconcentratie aanwezig zijn in de getoetste plantendelen. Het virus moet dus al eerder in die plantendelen aangekomen zijn, waarna het zich in de cellen kon gaan vermeerderen.

In 2022 is de translocatiesnelheid bepaald door aardappelplanten te inoculeren op het blad en vervolgens na verschillende incubatietijden de stengel ± 5 cm boven de grond af te snijden. De ondergrondse delen, en soms ook blad van hergroei, zijn vervolgens ongeveer vier weken na het afsnijden van de stengel getoetst op infectie. Ook na de oogst zijn knollen getoetst op infectie. Alle toetsen zijn uitgevoerd met DAS-ELISA.

#### Kasproef

In het voorjaar van 2022 is eerst een kasproef uitgevoerd onder geconditioneerde omstandigheden. Hiervoor werden van ras 1 in totaal 14 planten opgepot en na opkomst op 1 stengel gezet. Na inoculatie met PVY-NTN op 30 DAP (dagen na planten) zijn de stengels afgesneden op 3, 4, 5, 6, 7 of 10 dagen na de inoculatie (telkens twee planten per tijdstip). Als controle werd 1 plant niet geïnoculeerd en 1 plant werd geïnoculeerd maar niet afgesneden. De ondergrondse delen (en tevens ook blad van eventuele hergroei) werden na vier weken getoetst met DAS-ELISA.

Een overzicht van de toetsuitslagen staat in tabel 5. De translocatiesnelheid bleek veel sneller te zijn dan de eerder gemeten 11 dagen (op basis van aantoonbaarheid). De vroegste infectie van ondergrondse delen (in 1 van de 2 planten) vond plaats al bij 4 dagen na inoculatie. Bij 5 dagen werd er ook 1 van de 2 planten ziek, de planten die vanaf dag 6 na inoculatie werden afgesneden werden allemaal ziek. In deze proef werd het virus dus al binnen 4 dagen van het blad naar de knol getransporteerd.

Loofverwijderen (dagen na inoculatie)	3	4	5	6	7	10	niet afgesneden	niet geïnoculeerd
Plant 1	-	-	+	+	+	+	+	-
Plant 2	-	+	-	+	+	+		

**Tabel 5:** Overzicht van toetsresultaten op PVY in ondergrondse delen in planten die op verschillende tijdstippen na inoculatie met PVY-NTN werden afgesneden. De snelste translocatie van virus van blad naar ondergrondse delen was al binnen 4 dagen.

#### Tunnelproef 2022

De tunnelproef in 2022 kon wel in een gaastunnel worden uitgevoerd. Hierin werden de temperaturen niet zo extreem hoog als in de plastic tunnel in 2021. Maar door de mooie zomer werd het groeiseizoen in de tunnel aanzienlijk verkort (planten van ras 2 begonnen al rond 60 DAP te verouderen).

De opzet is om de planten van ras 1 en ras 2 (dezelfde rassen als in 2021, knollen overgehouden van de gezonde controles van 2021) op drie verschillende tijdstippen te inoculeren met PVY-NTN. Na de inoculatie worden de planten op verschillende tijdstippen afgesneden en daarna zal in de ondergrondse delen, eventuele hergroei en later in de knollen na de oogst worden gemeten of daar virus is in terecht gekomen vóórdat de stengel werd afgesneden.

#### Proefopzet:

Plantdatum: 4 mei 2022, in potten gevuld met potgrond + Osmocote. Watergeven d.m.v. druppelsysteem op watergeefautomaat.

Na opkomst de planten op 1 stengel gezet.

Alle planten zijn op het blad getoetst op PVY (0-meting) om er zeker van te zijn dat de geogste knollen van 2021 gezond waren.

De inoculatie is uitgevoerd door twee (bij de eerste twee inoculatie data) tot vier (bij de latere inoculatie data) bladeren te bestuiven met Carborundum en in te wrijven met een homogenaat van besmet blad in inoculatiebuffer. Dit is de meest efficiënte manier van inoculeren.

Het volgende inoculatie / afsnijschema is aangehouden:

Plot 1: inoculatie 10-6 (37 DAP). Inoculatie op vrijdag, afsnijden op ma (3d), di (4d), wo (5d), do (6d) en vr (7d)

Plot 2: inoculatie 13-6 (40 DAP). Inoculatie op maandag, afsnijden op di (1d), wo (2d), do (3d) en vr (4d)

Plot 3: inoculatie 1-7 (58 DAP, tijdens bloei). Inoculatie op vrijdag, afsnijden op ma (3d), di (4d wo (5d), do (6d) en vr (7d)

Plot 4: inoculatie 4-7 (61 DAP tijdens bloei). Inoculatie op maandag, afsnijden op di (1d), wo (2d), do (3d) en vr (4d)

Plot 5: inoculatie 15-7 (72 DAP, verouderend gewas). Inoculatie op vrijdag, afsnijden op ma (3d), di (4d), wo (5d), do (6d) en vr (7d)

Plot 6: inoculatie 18-7 (75 DAP, verouderend gewas). Inoculatie op maandag, afsnijden op di (1d), wo (2d), do (3d) en vr (4d)

In elke plot worden twee negatieve controles per ras (niet geïnoculeerd) en twee positieve controles per ras (geïnoculeerd maar niet afgesneden) meegenomen. Voor elke behandeling zijn telkens twee planten per ras geïnoculeerd.

#### Resultaten:

Alleen bij de eerste Plot (37 DAP) zijn planten ziek geworden:

Afsnijden op dag 6 na inoculatie: ras 1 : 1 van de 2 planten ziek (zowel ondergrondse delen als blad van hergroei)  
ras 2: 0 van de 2 planten ziek (zowel ondergrondse delen als blad van hergroei)

Afsnijden op dag 7 na inoculatie: ras 1: 1 van de 2 planten ziek (zowel ondergrondse delen als blad van hergroei)  
ras 2: 2 van de 2 planten ziek (zowel ondergrondse delen als blad van hergroei)

Positieve controles: beide rassen 1 van de 2 planten ziek.

Bij alle andere behandelingen zijn geen planten ziek geworden (ook niet de positieve controles).



**Figuur 18:** Overzicht van twee inoculatieplots in de tunnelproef van 2022. Op de voorgrond is bij een aantal afgesneden planten hergroei zichtbaar. In het midden en achteraan de veel oudere planten van de negatieve controles (niet geïnoculeerd) en de positieve controles (geïnoculeerd, maar niet afgesneden).

Naast bovengenoemde behandelingen bleven er per ras 4 planten over. Deze planten zijn op het laatste moment (afstervend gewas, en duidelijke oogstbare knollen) afgesneden. Alleen bij ras 1 trad hergroei op, bij ras 2 gebeurde dit niet en stierven de boven de grond staande stengelstompjes af.

De hergroei van ras 1 is daarna geïnoculeerd met PVY-NTN. Van de 4 planten is daarvan 1 visueel ziek geworden. Dit was te zien aan bladsymptomen in de hergroei.

Na enkele weken zijn de knollen geoogst en met ELISA zijn daarna van elke plant 20 knollen getoetst. Van de planten die niet zichtbaar ziek waren geworden was geen van de knollen geïnfecteerd geraakt. Van de plant die wel visueel ziek werd waren 8 van de 20 knollen in ELISA positief, wat neerkomt op 40% ziek.

#### 2.5.4 Kasproef translocatiesnelheid op hergroei

Om de translocatiesnelheid op hergroei te bepalen zijn op 14 november 2022 van elk ras (ras 1 en ras 2) 12 knollen opgepot. Na 112 dagen na planten van de knol zijn bij elk ras van 10 planten de stengels afgesneden. Na 1 week was er voldoende hergroei op alle planten waarneembaar. 119 dagen na planten is op de 1 week oude hergroei PVY NTN geïnoculeerd. Van de twee overgebleven oude planten per ras werd 1 plant als gezonde controle gehouden en werd 1 plant geïnoculeerd.

De geïnoculeerde hergroeischeuten werden vervolgens na 3, 4, 5, 6 of 7 dagen na inoculatie weer afgesneden (telkens twee planten per behandeling per ras).

Nadat de planten wederom waren uitgelopen is ELISA uitgevoerd op blad van de nieuwe scheuten en na de oogst na twee weken werden ook de knollen getoetst met ELISA.

Hieruit bleek dat er in 3/4 planten al na 3 dagen voldoende virus naar de ondergrondse delen (en dus de al gevormde knollen) wordt getransporteerd en aantoonbaar was in de knollen nadat deze waren geoogst.

Toets op geoogste knollen:						
Loof verwijderen						
(dagen na inoculatie van de hergroei)		3	4	5	6	7
Ras 1	plant 1	-	+	+	+	+
	plant 2	+	+	+	-	+
Ras 2	plant 1	+	+	+	+	+
	plant 2	+	+	+	+	+

**Tabel 6:** Overzicht van toetsresultaten (ELISA) in knollen van planten die op de 1 week oude hergroei waren geïnoculeerd met PVY-NTN. De hergroei werd op verschillende tijdstippen (3 tot 7 dagen) na inoculatie afgesneden. De snelste translocatie van virus van blad naar ondergrondse delen was al binnen 3 dagen.

---

### 2.5.5 Conclusie translocatiesnelheid

De translocatiesnelheid is in het verleden vaak gesteld op ongeveer anderhalve week. In de experimenten van 2021, waarbij werd gekeken wanneer PVY aantoonbaar was in de ondergrondse delen, komt een vergelijkbare snelheid naar voren: ongeveer 11 dagen.

Echter, wanneer gekeken wordt wanneer al kleine hoeveelheden virus naar de ondergrondse delen getransporteerd worden waar het virus zich kan vermenigvuldigen komt een ander beeld naar voren. Door in de experimenten uitgevoerd in 2022 de aardappelplanten na inoculatie met het virus op verschillende momenten af te snijden wordt bepaald wanneer het virus zich al voorbij het afsnijpunt richting de ondergrondse delen kon verplaatsen. In de kasproef was dit al 4 dagen na inoculatie, in de tunnelproef werd een snelheid van ongeveer 6 dagen gemeten.

Ook is in de tunnelproef vastgesteld dat inoculatie van hergroei kan leiden tot een aanzienlijk percentage zieke knollen.

In een latere kasproef bleek de infectie van hergroei al na 3 dagen te leiden tot virus translocatie naar de ondergrondse delen. De knollen die al gevormd waren op het moment van hergroei raakten na inoculatie van de hergroei dus al snel geïnfecteerd en het virus kon gemakkelijk na enkele weken met ELISA worden aangetoond.

In de tunnelproef bleek ook dat de inoculatie op de tijdstippen tijdens bloei en na de bloei veel moeizamer gaan. De planten zijn waarschijnlijk veel minder vatbaar door ouderdomsresistentie, een bekend fenomeen maar het is onduidelijk welke factoren er invloed op hebben.

## 2.6 Detectie van insecticidenresistentie in de groene perzikbladluis (extra module BO-akkerbouw)

### 2.6.1 Inleiding insecticidenresistentie

Bladluizen zijn lastig te bestrijden en natuurlijke vijanden, zoals bijv. larven van lieveheersbeestjes, komen vaak te laat om de soms explosieve groei van kolonies bij te houden. Chemische bestrijding staat steeds meer onder druk door het wegvallen van sommige gewasbeschermingsmiddelen (recent een aantal neonicotinoïden en middelen met de werkzame stof pymetrozine).

Uit buitenlands onderzoek (m.n. in het Verenigd Koninkrijk) is de laatste jaren duidelijk geworden dat veel bladluispopulaties van verschillende belangrijke soorten inmiddels verschillende resistenties tegen insecticiden hebben ontwikkeld. Daarmee worden bespuitingen niet alleen minder of zelfs niet effectief, maar ze leiden ook tot meer milieubelasting en hogere teeltkosten. Voor Nederland geldt dat er in verschillende teelten wel wordt geconstateerd dat bladluizen toenemend resistent lijken te worden voor verschillende middelen, maar er geen zicht is op welke resistentiegenen hier precies bij betrokken zijn of welke werkelijke niveaus van resistentie die zich inmiddels hebben ontwikkeld in de verschillende bladluisoorten.

In de wetenschappelijke literatuur zijn reeds toetsingen beschreven voor het detecteren en onderscheiden van de resistenties in met name *Myzus persicae* (de groene perzikbladluis) tegen verschillende middelen. Deze resistenties zijn gebaseerd op puntmutaties in specifieke bladluisgenen. In het hier gerapporteerde werk is gewerkt aan toetsmethoden om deze puntmutaties in *M. persicae* te detecteren.

Als voorbereiding op deze studie is literatuur verzameld en in een bezoek gebracht aan de groep van Dr. Ralf Nauen van Bayer Monheim. Bayer is partner in het PPS consortium en daarom kon kennis en materiaal vrij worden uitgewisseld.

### 2.6.2 Beschikbare detectiemethoden

Op basis van de literatuur (Anstead et al., 2008; Anstead et al., 2004) zijn regio's in het genetische materiaal van *M. persicae* geïdentificeerd waarin bepaalde puntmutaties verantwoordelijk zijn voor resistenties tegen verschillende werkzame stoffen.

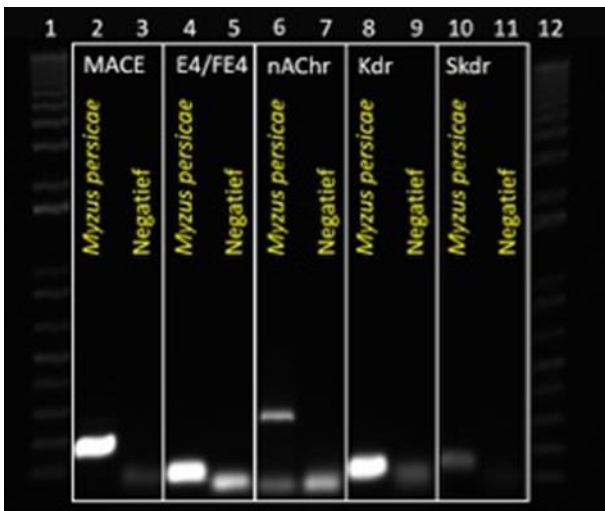
De verschillende mutaties worden met de volgende afkortingen aangeduid:

Naam	'Werking'	Resistentie tegen:
MACE	gemodificeerd acetylcholinesterase	organofosfaat- en carbamaat
E4/FE4	esterases overproductie	organofosfaten, pyrethroïden en in mindere mate carbamaten
nAchr	mutatie in nAChR b1 gen	neonicotinoïden
kdr	knock down resistance	pyrethroïden en organochloriden
s-kdr	super knock down resistance	pyrethroïden en organochloriden

**Tabel 7:** afkortingen van de mutaties, werking en werkzame stoffen waartegen de mutatie een resistentie geeft.

In eerste instantie werd in dit project gewerkt aan een uitbreiding van de Luminex xTAG toets die ook wordt gebruikt voor de identificatie van bladluisoorten en gelijktijdige detectie van de aardappelvirussen PVY en PLRV, en de bietenvergelingsvirussen BMVY, BYV en BChV.

Er werd gestart met het uittesten van de primers aan weerszijden van de mutatiepunten. De primers werden uitgetest op DNA extracties van bladluizen met verschillende resistenties uit de collectie van dr. Ralf Nauen. Dit bleek voor alle mutatiepunten goed te werken, behalve voor nAchr, waar een a-specifiek amplificatieproduct werd gedetecteerd.



Resistentie	Lengte (bp)
MACE	151
E4/FE4	77
nAchr	300
kdr	88
skdr	84

**Figuur 19:** Amplificatie (PCR) van de genomgebieden van *M. persicae* op de plaatsen waar de verschillende mutaties voorkomen.

Echter, om goede primers voor een Luminex xTAG te ontwikkelen ontbrak de benodigde genetische informatie. Er is namelijk maar één volledig genoom van *M. persicae* gesequenced. Daarnaast is de informatie over resistentiegenen gefragmenteerd, zijn er geen referentiesequenties beschikbaar en is er weinig informatie over de genetische variatie in de resistentiegenen.

Omdat voor TaqMan toetsen een kleiner stuk sequentie nodig is om de toets op te ontwikkelen is er voor gekozen de detectie van mutaties verder te ontwikkelen als TaqMan PCR.

In dit project is de nAchr-resistentie verder niet meegenomen vanwege de aspecifieke reactie met de gepubliceerde primers en omdat deze resistentie tegen de inmiddels niet meer toegelaten neonicotinoïden werkt. Inmiddels is gebleken dat deze resistentie ook werkt tegen nieuwe werkzame stoffen die afgeleid zijn van de neonicotinoïden en wel een toelating hebben. Dit zou in een eventueel vervolg aandacht moeten krijgen.

### 2.6.3 TaqMan ontwikkeling

Specifieke primers en probes zijn op basis van de literatuurgegevens ontwikkeld voor MACE, E4/FE4, kdr en s-kdr. De probes zijn specifiek voor resistent of voor niet-resistent en hebben ieder een ander fluorescent label gekregen (FAM voor vatbaar, VIC voor resistent). Dit wil zeggen dat tegelijkertijd gemeten kan worden of de getoetste bladluis vatbaar is, volledig resistent is of een combinatie van beiden (de bladluis is diploïd en heeft in het laatste geval zowel een vatbaar als een resistent allel).

De sequenties van de gebruikte primers en probes zijn weergegeven in de volgende tabel (tabel 8):



**Tabel 8:** Overzicht gebruikte primers en probes voor de TaqMan detectie van insecticide-resistenties in *M. persicae*.

Resistentie	Naam		Sequentie 5'-3'
MACE	MACE1-Fw		GCGCTTTTCTTGACGATTATCCT
	MACE2-Rv		ACCACCACGTTTTCTCCTTT
	MACE-s	gevoelig	FAM-AGGGTACTATTCAATATTT-NFQ
	MACE-r	resistent	VIC-AGAGGGTACTATTTTATATTT-NFQ
E4/FE4	E4/FE4-1-Fw		ACCAAGTAGCAGCATTGAAATGGAT
	E4/FE4-1-Rv		GGTGATCGTGACGCTGTTG
	E4	gevoelig	FAM-AAAACATCGTTGCATTC-NFQ
	FE4	resistent	VIC-ACATCGTGGCATTCC-NFQ
kdr	kdr1-Fw		CCATTCTTCTGGCTACTGTTGTC
	kdr2-Rv		CCGAGTAGTACATATTTATCATTAT
	kdr-s	gevoelig	FAM-ACCACGAGGTTACC-MGB
	kdr-r	resistent	VIC-ATACCACGAAGTTACC-MGB
super-kdr	skdr1-Fw		CGTGGCCACACTGAATCT
	skdr2-Rv		TTATGCACAAGACAAACGTTAGGTTA
	skdr-s	gevoelig	FAM-CGACCCATTATGGATAT-MGB
	skdr-r	resistent	VIC-CGACCCGTTATGGATAT-MGB

#### 2.6.4 Toetsingen op in Nederland gevangen bladluizen

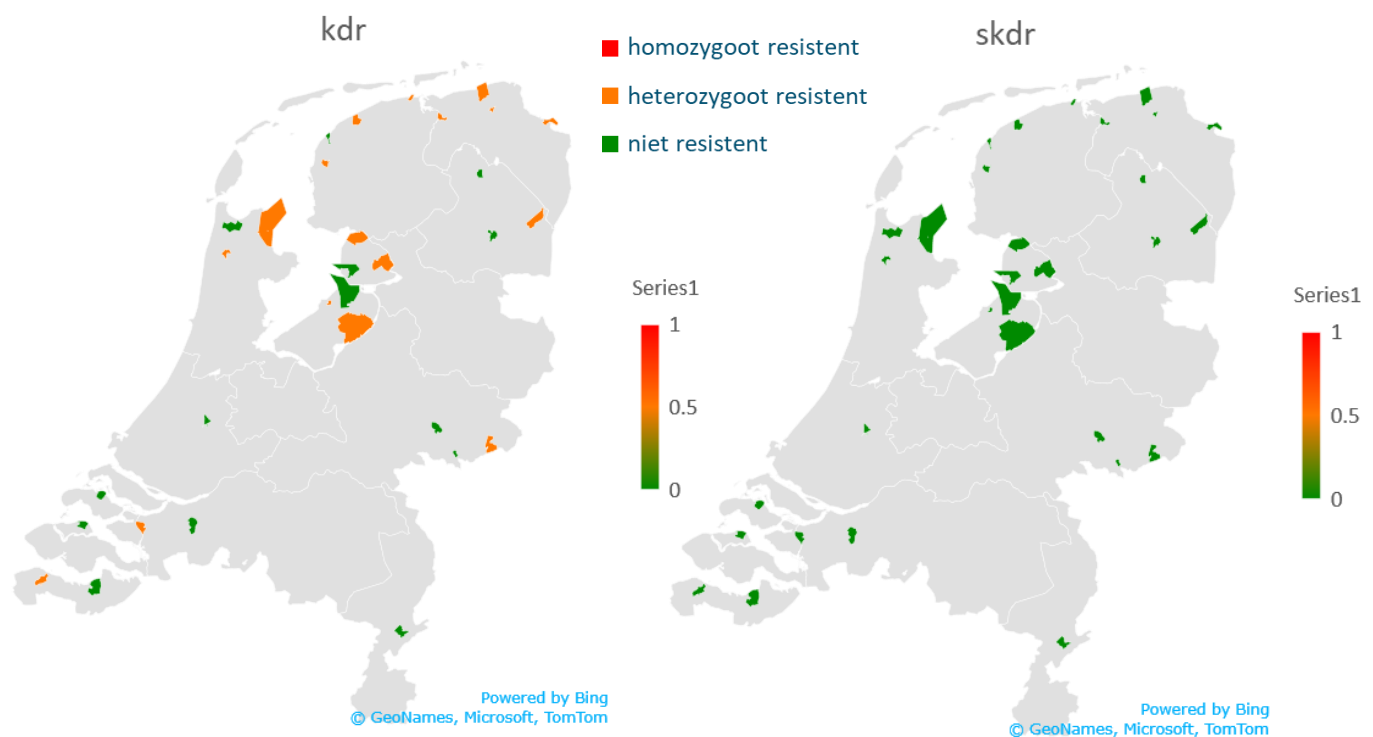
Na het uittesten van bovenstaande primers op controle materiaal dat via dr. Ralf Nauen was verkregen werden in Nederland gevangen groene perzikluizen (*M. persicae*) aan deze toets onderworpen. In 2021 zijn door de NAK 10 *M. persicae* aangeleverd voor dit onderzoek. Daarnaast zijn uit collecties nog 5 bladluizen getoetst.

De 15 bladluizen werden individueel opgewerkt tot DNA monsters en met de verschillende TaqMan assays getoetst op eventuele resistenties die met de bovenstaande primers kunnen worden gedetecteerd. De vier verschillende mutaties die verband houden met de verschillende resistenties werden in deze 15 bladluizen aangetoond, soms homozygoot (twee allelen met de mutatie), soms heterozygoot (een allel met de mutatie, het andere allel zonder) (zie tabel 9).

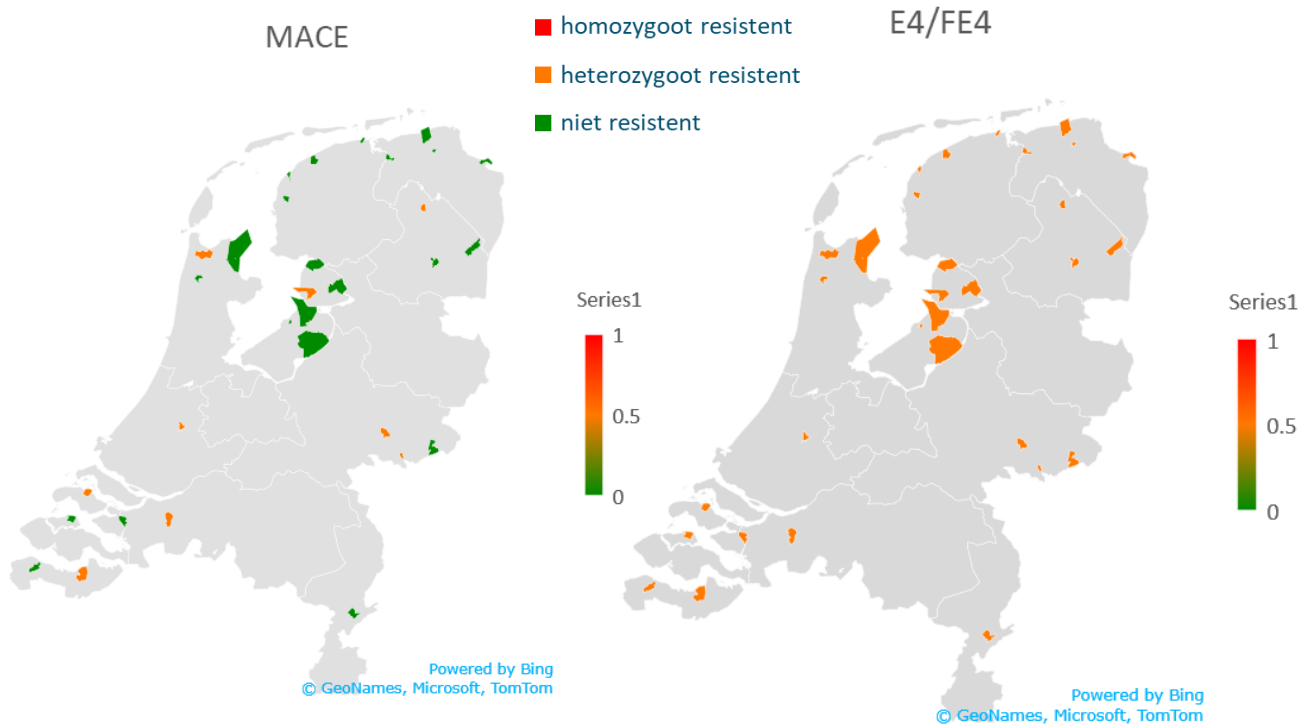
**Tabel 9:** Resultaten bladluis-resistentietoets (TaqMan) 2021 op 15 *Myzus persicae*. s= susceptibile (vatbaar), r=resistent (homozygoot), s/r=heterozygoot: 1 allel vatbaar, 1 allel resistent.

TaqMan resultaat					
	Monster	kdr	s-kdr	E4/EF4	MACE
1	MP-NAK-1	s	s	s/r	
2	MP-NAK-2	s	s	s/r	s/r
3	MP-NAK-3	s	s	s/r	s/r
4	MP-NAK-4	s/r	r	s/r	s
5	MP-NAK-5	s	s	s/r	
6	MP-NAK-6	s/r	s	s/r	s
7	MP-NAK-7	s	s	s/r	s/r
8	MP-NAK-8	s	s	s/r	s/r
9	MP-NAK-9	s	s	s/r	s
10	MP-NAK-10	s	s	r	s/r
11	Res1	s/r	r	r	s
12	Res2	s/r	s/r	r	s
13	Res3	s/r	s/r	r	s
14	Res4	s	?	r	s
15	Mp2-WUR	s/r	s	s/r	s

Naar aanleiding van de resultaten van 2021 zijn in 2022 meer *M. persicae* in Nederland gevangen en getoetst. De NAK heeft 60 groene perzikluizen aangeleverd die in het seizoen van 2022 werden gevangen in gele vangbakken. Van elke bladluis is genoteerd in welke vangbak die werd gevangen. De bladluizen werden met de 4 TaqMan toetsen getest op aanwezigheid van de resistentie-mutaties. Ook hier kon de uitkomst zijn: vatbaar, homozygoot resistent of heterozygoot resistent. De uitslagen zijn hieronder weergegeven (figuren 20 en 21) als het vangstgebied waar de gele vangbak stond en de mate van resistentie die in die gevangen bladluizen werd gevonden. Dit is voor elke resistentiesoort kdr, s-kdr, MACE en E4/FE4 in een aparte kaart weergegeven.



**Figuur 20:** Resistentieverdeling van 60 groene perzikluizen in gele vangbakken 2022 voor kdr en s-kdr



**Figuur 21:** Resistieverdeling van 60 groene perzikluizen in gele vangbakken 2022 voor MACE en E4/FE4

Zoals in de figuren is te zien is er in de 60 bladluizen insecticide-resistentie gevonden. Resistenties komen in deze steekproef het meest voor als een heterozygote resistentie. Volgens experts is deze vorm van resistentie stabiel voor de bladluis en zal daarom meer voorkomen dan een homozygote resistentie. Voor s-kdr werd geen enkele bladluis gevonden met een resistentie. Ook hier is een verklaring voor: de mutatie waarop is getoetst blijkt nauwelijks meer voor te komen. De populaties met deze mutatie zijn verdrongen door populaties die een andere mutatie hebben welke een vergelijkbare resistentie als s-kdr veroorzaakt. De oude mutatie is verdwenen en in de toets zullen deze bladluizen dus als gevoelig worden getoetst. Om de nieuwe populaties te kunnen onderscheiden is aanpassing van de toets nodig.

### 2.6.5 Conclusie detectie insecticide-resistentie in groene perzikluis

In deze module zijn 4 TaqMan toetsen ontwikkeld die aan kunnen tonen of een groene perzikbladluis een mutatie heeft behorende tot de volgende insecticidenresistenties: kdr, s-kdr, MACE en E4/FE4. Met de TaqMan toets kan worden gemeten of de bladluis de mutatie heeft op geen, één allel of beide allelen, wat betekent dat de bladluis gevoelig is, heterozygoot resistent of homozygoot resistent.

In 2021 werden in een serie groene perzikluizen (*M. persicae*) die in Nederland waren gevangen alle vier de soorten resistentie gevonden.

In 2022 zijn vervolgens 60 bladluizen waarvan de vangstlocatie was genoteerd ook resistenties gevonden. Dit betrof de resistenties kdr, MACE en E4/FE4. Voor s-kdr werden geen resistente bladluizen gevonden, maar in een overleg met dr. Nauen, Bayer Monheim, werd duidelijk dat de populatie *M. persicae* voor deze mutatie is veranderd en dat de toets moet worden aangepast om op een ander gebied in het genetisch materiaal van de bladluis een andere mutatie, die ook een resistentie tegen pyrethroiden en organochloriden veroorzaakt, aan te tonen.

---

## 3 Werkpakket 2: Kennis- en innovatieagenda

In Werkpakket 2 van de PPS wordt gewerkt aan het opstellen van een brede Kennis- en Innovatieagenda. Deze agenda bevat alle punten waaraan gewerkt moet worden om tot een betere virus- en vectorbeheersing te komen. Deze agenda is gemaakt met en voor de consortiumpartners.

Het belangrijkste doel van de agenda is om te zorgen dat het onderzoek in de PPS aansluit bij de toepassingscontext in de praktijk. Onderzoek leidt namelijk niet automatisch tot actie in de praktijk. Daarvoor zijn andere partijen nodig, die meestal ook onderdeel zijn van het consortium van de PPS. Denk aan het ontwikkelen van een nieuwe virusdetectiemethode voor gebruik in het veld of het toetsen van andere vangstsystemen om de activiteit van virusoverdragende bladluizen te monitoren. Het is belangrijk om dan in het onderzoek nauw samen te werken met partijen die met deze methoden gaan werken in de praktijk.

Het tweede doel is om aandacht te krijgen voor belangrijke opgaven die niet door de PPS worden gedekt, zoals bijvoorbeeld de ontwikkeling van virusresistente rassen. Dit zit niet in de PPS, maar in het consortium zitten wel meerdere handelshuizen met een eigen kweekprogramma.

De kennis- en innovatieagenda is per definitie dynamisch. Ontwikkelingen in de context (markt, beleid) kunnen zorgen voor nieuwe uitdagingen, maar ook voor het verdwijnen van bestaande thema's. Daarnaast kunnen nieuwe inzichten leiden tot een aanscherping en aanvulling van de agenda. Daarom is er in WP2 ook bewust aandacht voor het delen van kennis tijdens consortiumbijeenkomsten van de PPS.

De kennis- en innovatieagenda voor de PPS virus- en vectorbeheersing in de pootaardappelen is tot stand gekomen na gesprekken, enquêtes, workshops en lezingen voor stakeholders uit de gehele pootaardappelsector. Het eindverslag van deze kennis- en innovatieagenda is in een apart document aan de partners ter beschikking gesteld. Dat rapport is vertrouwelijk en alleen bedoeld voor partners van de PPS Virus- en Vectorbeheersing. Verdere verspreiding of openbaarmaking is niet toegestaan.

---

## 4 Werkpakket 3: beheersmaatregelen

Veel klassieke en alternatieve maatregelen kunnen en worden ingezet om PVY in poot aardappelen te beheersen. PVY in de pootgoedteelt wordt gekarakteriseerd als een complexe dynamiek waaraan een verscheidenheid aan factoren ten grondslag liggen, zowel op perceelsniveau als op grootschalig landschapsniveau. De huidige beheersing richt zich met name op het voorkomen van virusoverdracht door planten te beschermen met minerale olie en het gebruik van insecticiden om bladluizen af te doden. Het doel van deze PPS is om het gebruik van gewasbeschermingsmiddelen te beperken met een pakket aan duurzame maatregelen, waarmee PVY-overdracht toch wordt beperkt.

De richting van dit onderzoek is gebaseerd op diverse consortiumbijekomsten binnen de PPS virus- en vectorbeheersing, een resultaat hiervan is het rapport "Kenniss- en innovatieagenda; intern rapport voor partners van PPS virus- en vectorbeheersing in poot aardappelen" (Wolf, P.L. de et al., 2023). Een rapport (2019) ligt hieraan ten grondslag, wat jaarlijks is geactualiseerd naar aanleiding van een workshop aan het einde van ieder jaar. Daarnaast hebben diverse bijeenkomsten en telersvergaderingen aan de agenda bijgedragen, waaronder bijeenkomsten bij diverse afdelingen van de Poot aardappelacademie. Gebruik is gemaakt van rapporten over PVY en bladluizen die in Nederland recent zijn uitgekomen, waarin effectieve en potentiële beheersmaatregelen (Allema et al., 2020, Graafstra, 2020) en de invloed van bemesting (Termorshuizen e.a., 2021) zijn beschreven. Binnen de PPS virus- en vectorbeheersing is ook gewerkt aan gerst als tussengewas en bestrijdingsmaatregelen in suikerbieten (IRS) en is rekening gehouden met onderzoek in andere projecten, zoals het gebruik van netten en stro in poot aardappelen (diverse aardappelhandelshuizen en landbouwcoöperaties) en FAB-randenonderzoek in diverse gewassen (PPS FAB+).

### 4.1 Beheersingsmaatregelen PVY

Er zijn vijf mogelijkheden om het probleem PVY in poot aardappelen aan te pakken; 1) vatbaarheid verlagen van aardappelrassen, 2) virusbronnen verwijderen, 3) voorkomen van virusoverdracht, waaronder het effectief bestrijden van PVY overbrengende bladluis en 4) een zelfregulerend kwaliteitssysteem waarmee alle (geïnfecteerde) aardappelpartijen op een gegeven moment of eerder uit het productieproces worden gehaald. Wanneer aan één van deze componenten 100% wordt voldaan zijn nieuwe knollen in principe virusvrij. De praktijk is weerbarstiger.

#### *Ad 1) vatbaarheid verlagen van aardappelrassen*

De poot aardappelhandelshuizen zijn volop bezig met verhogen van de weerbaarheid van aardappelrassen, maar het ontwikkelen van resistente rassen tegen PVY is een grote uitdaging. Een veredelaar heeft te maken met kwaliteitseisen als smaak en vorm en andere aspecten als gevoeligheid voor andere ziekten en plagen. Er zijn momenteel rassen op de markt waar telers en de NAK nooit of minder frequent PVY in aantreffen, hiermee lopen telers minder risico op afkeuring of verlaging door PVY.

#### *Ad 2) virusbronnen verwijderen*

Telers spenderen veel tijd aan het verwijderen van secundair PVY (PVY-geïnfecteerde gepote knol), maar een PVY-besmette plant laat lang niet altijd de virussymptomen zien. Dit is onder meer afhankelijk van ras, PVY-type en hoeveelheid inoculum. Een verbetering zou zijn dat symptoomloze rassen uit de keten worden geweerd, maar een mogelijkheid is ook om op een innovatieve manier deze planten en knollen uit een partij poot aardappelen te halen. Gewerkt wordt aan het detecteren van zieke planten door kunstmatige intelligentie (camera's) en detectie door bijen, maar voorsnog zijn deze methoden technisch (nog) niet mogelijk of onvoldoende onderzocht. Een opvallend gegeven is dat het vele selectiewerk wat telers zelf verrichten tot maar een fractie van het uiteindelijke resultaat leidt: ruwweg 15% van het uiteindelijk gedeclasseerde of afgekeurde pootgoed wordt tot vlak voor het doodspuitmoment in het veld gedetecteerd, terwijl het gros van de verlaging in de nacontrole plaatsvindt. Dit is een frustrerend gegeven, aangezien dit vaak onverwacht is, terwijl telers veel energie, tijd en kosten hebben geïnvesteerd om declassificatie te

---

voorkomen. Een manier om met name vlak voor het doodspuitmoment een eenmalige maatregel uit te voeren om PVY planten, inclusief knollen, te verwijderen zou welkom zijn, maar dan moeten die planten wel herkend worden.

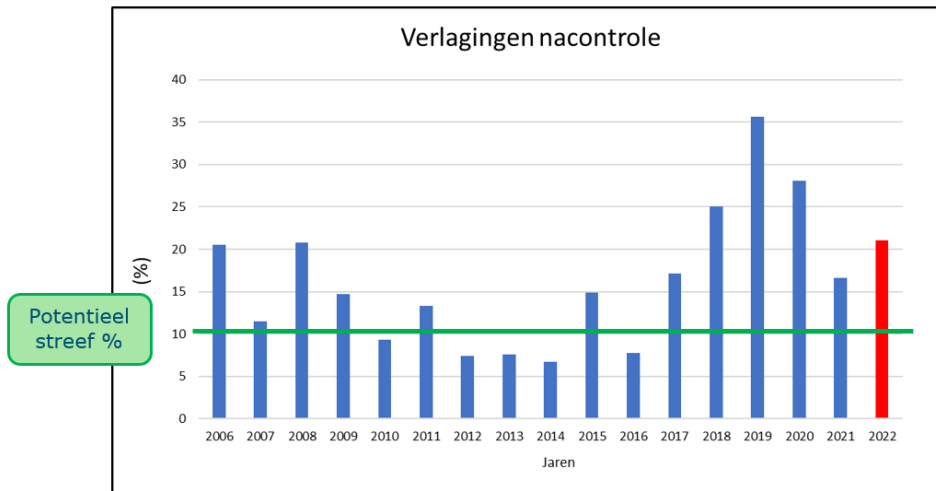
In deze PPS werd duidelijk en bevestigd dat secundair zieke aardappelplanten de belangrijkste virusbron voor PVY vormt, afkomstig uit aardappelopslag of consumptie-, zetmeel- en pootaardappelpercelen. Tijdens gezamenlijk onderzoek in werkpakketten 1 en 3 van deze PPS zijn 6000 wilde planten rondom aardappelpercelen en percelen met een recent PVY-verleden op PVY geanalyseerd. Dit onderzoek heeft plaatsgevonden van april tot juli in 2021, 2022 en 2023. In geen enkel monster werd PVY aangetroffen, enkel in opslagplanten en in aardappelplanten van aardappelpercelen werd PVY gedetecteerd. Uit eerder onderzoek kwam naar voren dat later in het seizoen wel planten rondom aardappelpercelen besmet kunnen zijn (van der Vlugt et al., 2011), zoals o.a. paardenbloem. Mogelijk dat later in het seizoen andere planten dan aardappelplanten geïnfecteerd kunnen raken door PVY-geïnfecteerde bladluizen. Indien dit plaatsvindt kan deze nieuw geïnfecteerde plant een bron zijn voor verdere verspreiding, maar betreft dan wel infectie laat in het seizoen. Het is ook maar zeer de vraag in hoeverre bladluizen PVY uit deze nieuwe virusbron kunnen opnemen en vervolgens ook weer kunnen overdragen op aardappelplanten. De conclusie is dat aardappelplanten de voornaamste bron zijn voor PVY virusoverdracht. Deze uitkomst geeft aan dat het verwijderen van opslagplanten en een ruimtelijke aanpak van de pootgoedteelt ten opzichte van aardappelteelten met andere productiedoelinden een lagere kans op besmetting geeft. Schoon oogsten van je aardappelpercelen en het vernietigen of afdekken van aardappelhopen zijn ook voor PVY-beperking belangrijke maatregelen.

#### *Ad 3) voorkomen van virusoverdracht*

Bescherming van de huidige pootgoedteelt is vooral gericht op voorkomen van virusoverdracht en bestrijding van bladluis. Diverse studies laten zien dat inzet van minerale olie (tegen overdracht) PVY significant terugdringt, maar nooit volledig. Effectiviteit van insecticiden tegen gevleugelde bladluis is beperkt, aangezien PVY door PVY-geïnfecteerde bladluizen direct al bij proefboringen wordt overgedragen. Maar PVY-geïnfecteerde bladluizen raken PVY pas geheel kwijt na een aantal proefboringen, afdoding leidt in deze periode tot minder overdracht. In het verleden is zelfs aangetoond dat in het toepassen van insecticiden juist kan leiden tot een toename van de overdracht van PVY omdat bladluizen veel onrustiger worden en sneller van plant naar plant bewegen. Insecticiden werken met name tegen (koloniserende) ongevleugelde bladluizen, waarmee de populatie wordt gereduceerd en belendende gezonde aardappelplanten niet meer kunnen infecteren. In deze PPS zijn in een perceel planten, naast plekken waar PVY-zieke planten door de teler zijn verwijderd, op PVY geanalyseerd; 85% van deze belendende aardappelplanten waren PVY geïnfecteerd. Dit betrof een perceel waar geen minerale olie en insecticiden werden gespoten.

#### *Ad 4) een zelfregulerend kwaliteitssysteem*

In de praktijk worden veel telers ondanks regelmatige inzet van minerale olie en insecticiden onaangenaam verrast met klasseverlaging of afkeuring in de nacontrole. Dit gegeven geeft ook aan dat andere (duurzamere) maatregelen een alternatief bieden om PVY onder controle te houden, waarbij ook geen 100% werking hoeft worden verwacht. Een arbitraire lijn van ergens tussen de 5 en 15% aan extra klasseverlagingen en afkeuringen, kan worden getrokken waaraan een duurzame beheersingsstrategie mag worden voldoen (Figuur 22). Dit aangezien ook met inzet van gewasbeschermingsmiddelen een dergelijk percentage verlaging of afkeuring afgelopen decennia voorkwam. Het kwaliteitssysteem van de NAK blijft hierbij een belangrijke factor om voldoende hoogwaardig kwaliteit pootgoed te bieden.



**Figuur 22:** Percentage verlagingen in de tijd; potentiële norm waaraan een duurzamere strategie zou moeten voldoen. De gegevens van 2022 waren nog niet volledig toen deze grafiek werd gemaakt, vandaar dat dit in rood is aangegeven.

Wanneer in de praktijk alles in het werk is gesteld om PVY-vrije partijen pootaardappelen te oogsten, bezit de sector een afgewogen kwaliteitssysteem om afzet van een hoogwaardig product (~100% PVY-vrij pootgoed) grotendeels te waarborgen. Dit begint met een classificatiesysteem waarbij gestart wordt met schoon basismateriaal, een automatische klasseverlaging per teelt voor pootgoed en het uit de markt faseren van partijen via afzet voor consumptie of zetmeel. Dit vergt veldkeuringen en een uiteindelijk bepalende nacontrole na de oogst. Een afgewogen kwaliteitssysteem, wat gebaseerd is op statistische, economische en praktische uitgangspunten.

Daarnaast zijn er nog vele teeltmaatregelen die een aandeel hebben in het beperken van PVY-toename. Dat betreft klassieke maatregelen zoals het voorkiemen van poters, vroeg planten en een vroeger loofdodingsmoment (ontwijken van PVY-dragende bladluizen) en het voorkomen van hergroei na loofdoding. Een overzicht wordt gegeven in tabel 10. Daarnaast zijn er verschillende andere maatregelen die kunnen worden overwogen, waaronder het misleiden van bladluizen (stro, mengteelten), bemesting, stimuleren of uitzetten van natuurlijke vijanden (geen baat bij uitroeien bladluizen), aanleggen van barrières (vluchtgedrag, kwijtraken van PVY-virus). Een overzicht wordt gegeven in tabel 11.

De sector staat niet stil. Insectengaas is een maatregel wat PVY-overdracht door bladluizen vrijwel geheel kan voorkomen. Aardappelruggen afdekken met stro wordt in de praktijk reeds opgepakt. De effectiviteit en praktische toepasbaarheid hiervan is door handelshuizen en coöperaties recent onderzocht en de sector pakt dit gretig op. Binnen de PPS virus- en vectorbeheersing zijn vele onderzoeksvragen en -richtingen benoemd. Het consortium gaf aan dat veredeling op resistente rassen de belangrijkste maatregel is. Omgeving en ligging van pootaardappelpercelen is genoemd als een belangrijke onderzoeksrichting.

**Tabel 10:** Overzicht van klassieke maatregelen om PVY te beheersen.

Huidige maatregelen en ervaringen om risico's op bladluis en Y-virus te verlagen	Werkingsmechanisme	Actiemoment
<b>Hygiëne en uitgangsmateriaal</b>		
Teelt van tolerante en/of resistente rassen: raadpleeg de raseigenschappen bij de handelshuizen	Resistentie	Winter
Kwaliteitsbewaking van de NAK: jaarlijkse klasseverlaging, veld- en nacontrole (evt. verlagingpercentage) op virus. Gebruik gecertificeerd, "virusvrij" pootgoed. <i>Klasse pootgoed is gebaseerd op een steekproef op basis van statistiek en kosten. Naarmate de klasse lager wordt, mag een partij meer PVY-knollen bevatten. Met een toenemend gebruik van miniknollen is de kans op schoner uitgangsmateriaal hoger.</i>	Inoculum verlaging	Veld - naogst
Plantgoed scheiden op bedrijf – voorkom dat geïnfecteerde (ca) en niet geïnfecteerde partijen tijdens inschuren en bewaren worden vermengd.	Inoculum verlaging	Inschuren - bewaren
Teel pootaardappelen in gebieden met lage bladluis- en virusdruk (koud, winderig) waar minder aardappelen worden geteld	Verlaging overdracht	
Teel vroegrijp aardappelrassen	Vectorontwijking / voorkom hergroei	Winter
Teel geen pootaardappelen naast consumptie-aardappelen (bouwplan)	Verlaging overdracht	Winter
Voorkom of bestrijd aardappelopslag (grondbewerking, bestrijding, bouwplan)	Verlaging overdracht	Winter - voorjaar
Voor kiemen (snellere opkomst, vroegere loofdoding), vooral effectief bij latere bladluisvlucht	Vectorontwijking / voorkom hergroei	2 weken voor poten
Goede plantomstandigheden en bemesting (vroeg gesloten gewas); beperk of optimaliseer N toepassing: ouderdomsresistentie niet vertragen. <i>Weelderige groei maakt selecteren lastig, plant vormt minder snel ouderdomsresistentie (jong gewas meer gevoelig voor virusinfectie dan ouder gewas), geen/minder hergroei na loofdoding</i>	Vectorontwijking / voorkom hergroei	Teelt
Tendens van zomer-winterwaard naar zomer-zomerwaard (geen ei-stadium) – overwintering in/nabij perceel teelt voorgaand jaar kan een vroegere besmetting of hogere plaagdruk opleveren (bouwplan)	Verlaging overdracht	Winter - voorjaar
<b>Aanpak vector</b>		
Bloemstroken en andere omgevingsfactoren: optimaal stimuleren van natuurlijke vijanden - overwintering/voedsel	Vectorverlaging	Hele jaar
Akkerranden als barriere / virusafgifte	Inoculum verlaging	Teelt
Bestrijd vroege bladluis o.b.v. determinatie en virusaanwezigheid	Vectorverlaging	Direct na opkomst
<b>Aanpak virusplant</b>		
Vanaf opkomst frequent selecteren (planten met Y-virus zijn aantrekkelijker voor bladluis)	Inoculum verlaging	Direct na opkomst
Pas minerale oliën toe	Verlaging overdracht	Direct na opkomst
<b>Aanpak vector en virusplant</b>		
Frequent selecteren, voorkom verspreiding bladluizen (luisdichte zakken of tijdig legen van de bak van de selectiebak, besmette knollen verwijderen).	Vector- en inoculum verlaging	Opkomst tot 1 wk < loofdoding
Houden aan verplichte loofdodingsdatum NAK	Inoculum verlaging	Loofdoding
Pas een snelle en effectieve loofdoding toe	Inoculum verlaging	Loofdoding
Voorkom hergroei (jong stadia)	Inoculum verlaging	na loofdoding



**Tabel 11:** Overzicht en waardeschatting van alternatieve maatregelen om PVY te beheersen.

alternatieve bestrijdingsmethoden	effectiviteit	primair effect virus/ bladluis	stadium toepasbaarheid	kosten	inpasbaarheid/ haalbaarheid	ervaringen	(vermoedelijk) mechanisme	publicaties
mulchen met stro	++ (84% bladluis); + (6-70% PVY)	bladluis	veld schaal	-	+		visuele herkenning door bladluizen	Saucke & Döring, 2004; Döring et al., 2004; Kirchner et al., 2014; Dupuis et al 2017
gekleurde mulches/folies	++	bladluis	groente- en fruitproductie	-	-		visuele herkenning door bladluizen	diverse
strokenteelt/intercropping	+ (34% PVY)	bladluis	veld schaal	?	?		visuele herkenning door bladluizen/ stimulering natuurlijke vijanden	Dupuis et al 2017
strokenteelt met erwten	+ (60% PVY)	bladluis/ virusoverdracht	experimenteel	?	?		visuele herkenning door bladluizen/ stimulering natuurlijke vijanden/ vermindering overdracht virus	Francis 2019, pers. Comm.
randbeplanting	+ (27-60% PVY)	bladluis	veld schaal	?	+	mogelijk meer overdracht virus door onrust onder bladluizen; Hodge et al 2011	fysieke barriere bladluizen/ stimulering natuurlijke vijanden	Difonzo et al 1996
randbeplanting met erwten	?	bladluis/ virusoverdracht	experimenteel	?	+		fysieke barriere bladluizen/ stimulering natuurlijke vijanden/ vermindering overdracht virus	Francis 2019, pers. Comm.
bankiersplanten	?	bladluis	experimenteel	?	?		stimulering natuurlijke vijanden	Notitie PPS FAB
elicitors - plantenactivator	-	bladluis/virus	veld schaal	?	+		verhogen weerstand plant	Dupuis et al 2010, Paprocka et al 2018
cross-protection - vaccinatie	++	virus	in tomaat	?	+		immuniteit plant	
remote sensing	?	virus	experimenteel	?	-	verstoring gewas; niet voor alle ziektes geschikt	(betere) detectie PVY in het veld	Griffel et al. 2018; Polder et al 2019
alarmferomoon	?	bladluis	experimenteel	+	+	mogelijk meer overdracht virus door onrust onder bladluizen	attractant predatoren & parasitoiden/ repellent bladluizen	Gibson et al., 1984; Lin et al., 2016
sex feromoon	-	bladluis	experimenteel		+	alleen effect op mannetjes in najaar	wegvangen van mannelijke bladluizen in najaar	Geng et al 1997
attractants/ repellants/ push-pull	?	bladluis	diverse gewassen, lab-schaal		+	mogelijk meer overdracht virus door onrust onder bladluizen	attractant predatoren & parasitoiden/ repellent bladluizen	diverse literatuur
plantaardige olien	+/-	bladluis			+		alleen effect op bladluizen	
polymeer vlies	+++ (96-100% PVY)	bladluis	-	--	-	opbrengst verliezen	fysieke barriere bladluizen	Harrewijn et al., 1993
insectengaas	++ (83% PVY)	bladluis	-	--	-		fysieke barriere bladluizen	Harrewijn et al., 1993
PVY resistentie in aardappel	++	virus	praktijk	?	+			Ahmadvand et al 2012; Dupuis et al 2019
bladluisresistentie in aardappel	?	bladluis	?	?	+/-			Alvarez et al 2006
groene middelen	?	bladluis	veld schaal	+	+		contactwerking op bladluizen	

---

## 4.2 Inzicht in verschillende teeltstrategieën en omgevingsfactoren op PVY

### 4.2.1 Achtergrond

PVY-infecties kennen een complexe dynamiek die wordt gestimuleerd door een verscheidenheid aan factoren, vaak op grootschalig landschapsniveau. Deze factoren zijn de hoeveelheid initiële inoculum in en rondom een aardappelveld, dichtheden, soortensamenstelling en activiteit van bladluizen, locatie en ruimtelijke regeling van het aardappelveld binnen het landschap, weersomstandigheden, genetische karakteristieken en fysiologische rijpheid van de aardappelplanten en omringende vegetatie en verplaatsing van landbouwmachines binnen aardappelvelden (Galimberti, Alyokhin, Qu, & Rose, 2020). Deze veelheid aan factoren zorgt ook voor een breed pallet aan maatregelen die ingezet kunnen worden om het probleem te beheersen (tabel 10 en 11; de Wolf 2023; Dupuis, 2017).

Uit werkpakket 2 PPS virus- en vectorbeheersing en gesprekken met telers bleek dat een veelheid aan oplossingsrichtingen benut worden om kwalitatief goed pootgoed te produceren. Het gevolg is dat iedere pootgoedteler in zijn teeltbeslissingen en te nemen maatregelen uniek is. Grotendeels worden gewasbeschermingsmiddelen tegen virusoverdracht en bladluizen ingezet, maar frequentie en timing variëren. Voorafgaand aan de teelt is er aandacht voor rassenkeuze. Ziekzoeken en het verwijderen van zieke planten varieert eveneens in frequentie en timing, waarbij de effectiviteit ook nog eens afhankelijk is van de zichtbaarheid van de virus-gerelateerde symptomen. Akkerranden, variërend in soortensamenstelling en dichtheden planten, bezitten in het algemeen meer diverse en hogere dichtheden natuurlijke vijanden dan akerbouwpercelen. Effecten op de verspreiding van PVY zijn onbekend. Ondanks de vele maatregelen die pootgoedtelers nemen, worden de laatste jaren gekenmerkt door een hogere mate van teleurstellingen in de nacontrole van de NAK (klasseverlaging en afkeuringen) terwijl er alles aan gedaan is om dit te voorkomen. Om de dynamiek rondom PVY in kaart te brengen, is besloten om op diverse bedrijven en telers met verschillende strategieën en omgevingsfactoren percelen te monitoren op bladluizen en natuurlijke vijanden en PVY. Het doel was om meer inzicht te krijgen in wat er op een perceel afspeelt in relatie tot de randen en de maatregelen die telers nemen. Hypothetisch gezien verwachten we hogere aantallen bladluizen (luwte en invliegen) en natuurlijke vijanden (daar waar bladluizen worden aangetroffen en op gepaste afstanden van fourageergebieden) aan de randen van percelen ten opzichte van midden in het perceel.

### 4.2.2 Aanpak

Na een oproep via de Pootgoedacademie hebben diverse telers zich aangemeld voor het onderzoek. De telers zijn bevroegd over hun strategieën tegen en ervaringen met PVY en in totaal 12 percelen zijn geselecteerd; 6 in Noord-Holland en 6 in Flevoland. Telers hielden zich vast aan hun eigen teeltmaatregelen, aangezien dat in hun perceptie de beste wijze was om PVY te beheersen op hun bedrijf en de risico's op PVY verspreiding zo veel mogelijk te beperken. Informatie werd doorgegeven wat betreft ras, gevoeligheid voor PVY, aantal reacties in het pootgoed, startklasse en eindklasse van de teelt. Van de 12 telers waren er 8 gangbaar, 3 biologisch en 1 teler teelde op bedden waar geen insecticiden zijn gespoten. Van 10 percelen is op 3 afstanden vanaf de perceelsrand een monitoring uitgevoerd (3 telplots per perceel), van 2 percelen zijn beide randen in de monitoring meegenomen (5 telplots per perceel). In totaal betrof dit 14 perceelsranden met aangelegde bloemrijke akkerranden (#3), bermranden met voornamelijk schermbloemigen (#2), mais (#2), grasland (#3), wintertarwe (#1), erwten (#1), dijk met overwegend gras (#1) en een tocht met voornamelijk riet (#1). De telplots bestonden uit 4 ruggen van 100 m, met een telplot langs de rand, een telplot op ca. 10-12 m in het veld en een telplot midden op het perceel. Per perceel konden afstanden variëren, afhankelijk van de grootte van het perceel. Per telplot zijn de insecten afgeklopt en opgevangen op een wit vangblad op basis van de werkwijze bij de NAK, hierop zijn de bladluizen en de natuurlijke vijanden geteld. Deze methode is toegepast op zowel kleinere als grotere planten (zie figuur 23). In overleg met de telers zijn de waarnemingen op meerdere momenten uitgevoerd (3-5 waarnemingsmomenten per perceel), afhankelijk van weer (droog), phytophthoradruk en spuitmoment (niet vlak na een bespuiting). Telers gaven aan hoeveel PVY-planten in het perceel zijn aangetroffen tijdens het selecteren, dit was soms daadwerkelijk geteld, soms geschat. Tien blaadjes (eerste goed ontwikkelde blaadje onder de top) van 10-tallen verschillende planten en onkruiden in de perceelsrand werden verzameld en getest op PVY in het begin van

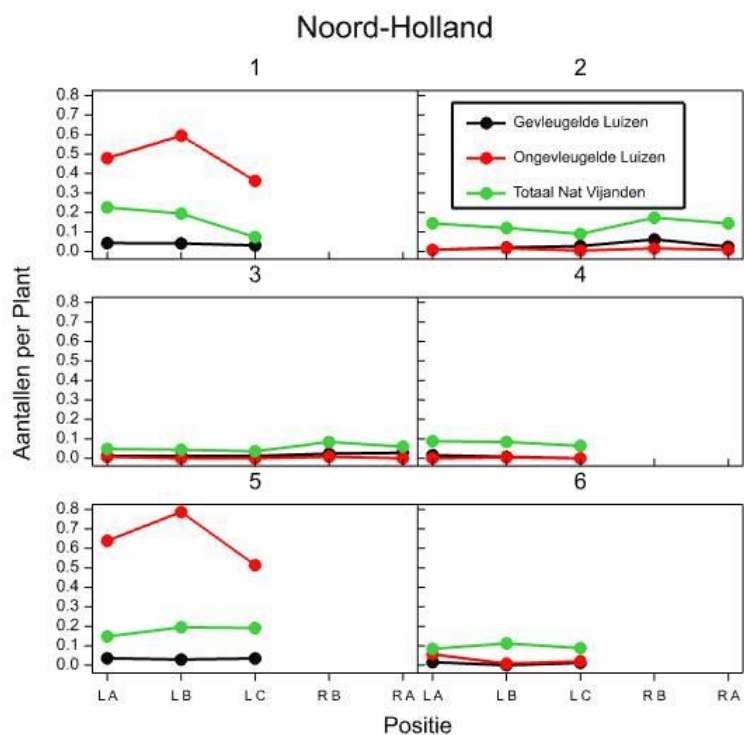
de teeltperiode. Vlak voor de doodspuitdatum zijn per telplot tienmaal blaadjes van 10 aardappelplanten verzameld (totaal van 100 planten per telplot) en geanalyseerd op PVY (DAS-ELISA). Klasseverlagingen werden in de vorm van de eindklasse bekend. Van 9 van de 12 percelen werd een kaartje gemaakt van het perceel, waarmee de potentiële natuurlijk aanwezige plaagbestrijding wordt weergegeven (Bron Wageningen Environmental Research). Natuurlijke randen (omgeving) leveren meer of minder natuurlijke vijanden op en kunnen hiermee de bladluisdichtheden in en rondom percelen beïnvloeden. De systematiek staat echter nog in de kinderschoenen, maar is gebruikt om een deel van de resultaten in dit onderzoek te verklaren.



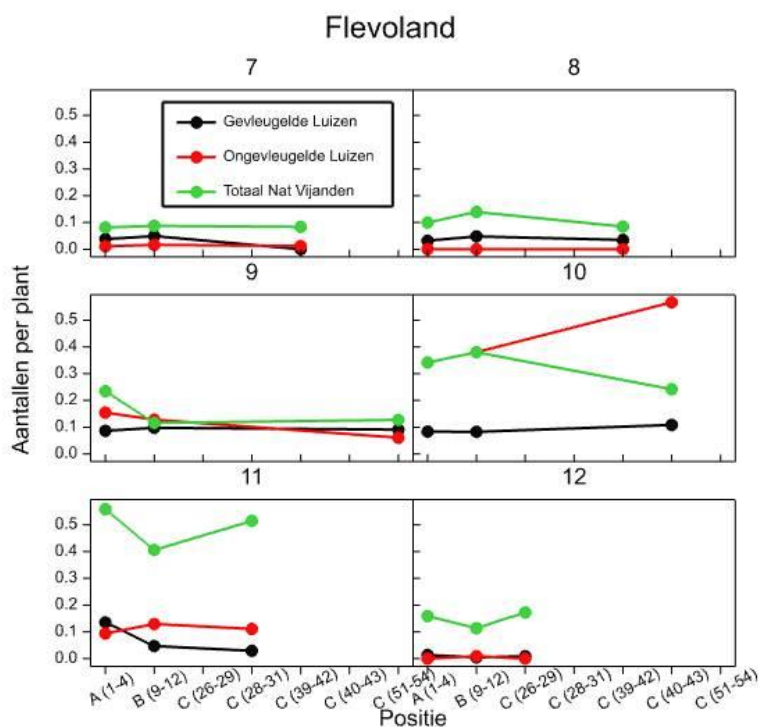
**Figuur 23:** Afkloppen van bladluizen en natuurlijke vijanden van jongere en oudere aardappelplanten.

#### 4.2.3 Tellingen bladluizen en natuurlijke vijanden in het perceel

De tellingen van de gevleugelde en ongevleugelde bladluizen en natuurlijke vijanden geven over het algemeen een vrij vlak beeld over het perceel weer, dit geldt voor alle percelen in zowel Noord-Holland als Flevoland (Figuren 24 en 25).



**Figuur 24:** Gemiddeld aantal gevleugelde en ongevleugelde bladluizen en natuurlijke vijanden op de 6 percelen (nrs. 1-6) in Noord-Holland (LA = randplot links van het perceel, waar na de afstanden toenemen (LB en LC), van twee percelen is de andere rand ook weergegeven (RA = randplot rechts, RB heeft dezelfde afstand als LB t.o.v. de bijbehorende randen) .

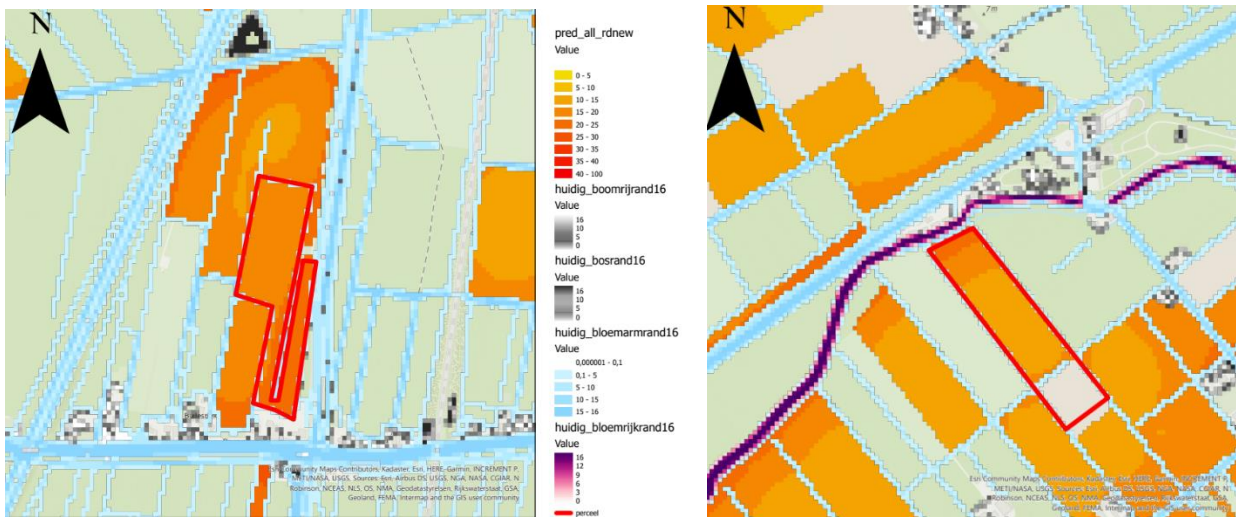


**Figuur 25:** Gemiddeld aantal gevleugelde en ongevleugelde bladluizen en natuurlijke vijanden op de 6 percelen (nrs. 7-12) in Flevoland (A zijn de randplots, B ruggen 9-12 vanaf de rand, C de grootste afstanden vanaf de rand (C varieert in afstand)).

Op 9 van de 12 percelen komen het aantal waargenomen gevleugelde en ongevleugelde bladluizen in hoge mate overeen. Op alle percelen overtreffen de natuurlijke vijanden de gevleugelde bladluizen, op 9 percelen geldt dit ook voor de ongevleugelde bladluizen. Natuurlijke vijanden bestonden vooral uit sluipwespjes en spinnetjes (~0,55 per individu per plant), in mindere mate roofwantsen en soldaatkevers (~0,02 per individu per plant) en beperkt aantal larven, poppen en adulten van lieveheersbeestjes, loop- en roofkevers, zweefvliegen en larvale en adulte gaasvliegen (~0.003 per individu per plant). Vier percelen laten de grootste verschillen zien; perceel 1 en 5 met aanzienlijk hogere aantallen ongevleugelde bladluizen ten opzichte gevleugelde bladluizen en natuurlijke vijanden, perceel 10 met aanzienlijk hogere aantallen ongevleugelde bladluizen en natuurlijke vijanden en perceel 11 met hoge aantallen natuurlijke vijanden.

#### 4.2.4 Potentiële plaagonderdrukking door randen

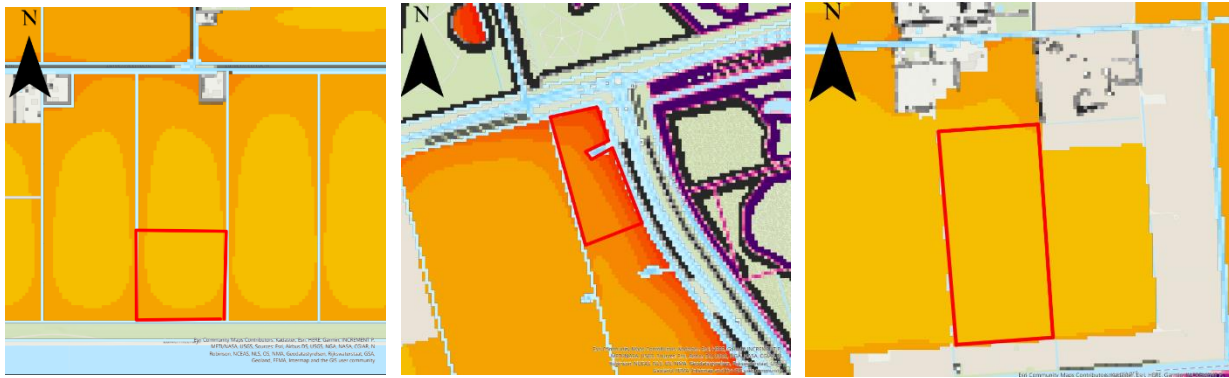
Op basis van de tellingen kon van 9 van de 12 percelen een kaartje gemaakt worden met weergave van de potentiële plaagonderdrukking vanuit de natuurlijke randen. Van percelen 1, 4 en 10 ontbreken de kaartjes. Naarmate de rand van het perceel meer rood kleurt, is de verwachte plaagbeheersing vanuit de natuurlijke rand hoger. Hier vallen de kunstmatig aangelegde akkerranden (bloemranden) buiten, eveneens wordt geen rekening gehouden met aanwezigheid van aardappelopslag in en buiten het perceel of nabije andere aardappelpercelen.



**Figuur 26:** Potentiële plaagonderdrukking van randen; perceel 2 en 3.



**Figuur 27:** Potentiële plaagonderdrukking van randen; perceel 5, 6 en 7.



**Figuur 28:** Potentiële plaagonderdrukking van randen; perceel 8, 11 en 12.

#### 4.2.5 PVY in omringende planten en onkruiden

Er zijn geen planten en onkruiden met PVY rondom de percelen gevonden. Getoetst zijn: grote brandnetel, paardenbloem, akker- en (gekroesde) melkdistel, herderstasje, Engels raaigras, straatgras, kropaar, klein kruiskruid, paarse dovenetel, ereprijs, kleine veldkers, brede en smalle weegbree, gewone berenklauw, fluitenkruid, (knop-)herik, ooievaarsbek, veld-, ridder-, krul- en grote zuring, kamille, wikke, opslag van tulp, scherpe en kruipende boterbloem, kattenstaart, wintertarwe, akker-vergeet-mij-nietje, heermoes, witte klaver, vogelmuur, erwten, kleefkruid, witte krodde en klein hoefblad. Tijdens het verzamelen (periode 12-17 mei) zijn geen aardappelopslagplanten waargenomen.

#### 4.2.6 PVY in de aardappelpercelen

Vlak voor de doodspuitdatum reageerde van één telplot één mengmonster (10 aardappelblaadjes van 10 planten) positief op PVY. Dit betrof perceel 9. Van de 12 percelen zijn 9 percelen door de NAK niet een extra klasse verlaagd tijdens en na de teelt (waaronder 1 consumptieperceel). Percelen 1 en 4 zijn beide een extra klasse verlaagd, beide door PVY. Perceel 10 is een extra klasse verlaagd, maar de oorzaak was bacterieziek.

#### 4.2.7 Overzicht van de resultaten

Tabel 12 geeft inzicht per perceel over teelt en teeltmaatregelen, rasgevoeligheid PVY, verlagingen, bladluisdruk en natuurlijke vijanden. Alle beschreven factoren (randtype, vatbaarheid ras, reacties pootgoed (= kwaliteit pootgoed), startklasse (lagere klassen bevatten in het algemeen meer PVY), omliggende plaagdruk (eventuele aanwezigheid van PVY in andere planten dan aardappelen), plaagdruk bladluizen, aanwezigheid natuurlijke vijanden, afhankelijk van aangrenzende natuurlijke randen waar een bepaalde plaagonderdrukking mee gepaard gaat). Uiteindelijk zijn 2 (perceel 1 en 4) van de 12 percelen gedeclasseerd (1 extra klasse), een percentage van 16,7%. Dit ligt in de lijn van de verlagingcijfers (15,3%) in hetzelfde jaar (2021, bron NAK). Op perceel 1 werd een vrij gevoelig gewas geteeld en zijn hoge aantallen ongeveugelde bladluizen aangetroffen die niet met insecticiden zijn bestreden. In dat perceel waren wel redelijk veel natuurlijke vijanden aanwezig.

Op een ander perceel (2022) werd vastgesteld dat rond bij de selectie verwijderde PVY-planten in 85% rondom deze 'kale' plekken weer nieuw zieke PVY planten stonden. Op perceel 4 werd een voor PVY zeer vatbaar ras geteeld, dit kan de oorzaak zijn geweest van de klasseverlaging, ondanks dat er lage aantallen bladluizen zijn geteld. Meerdere gesprekken geven aan dat het ras bekend staat als een voor PVY zeer vatbaar ras. De teler is zich hiervan bewust en wacht op mogelijkheden om het ras van de hand te doen. Op alle percelen waar geen insecticiden zijn toegepast, zijn de hoogste aantallen (ongeveugelde) bladluizen geteld, behalve perceel 10. Dit perceel kenmerkte zich duidelijk ten opzichte van de overige percelen wat betreft de potentiële natuurlijke plaagbestrijding langs het perceel; vanaf het poten tot in juli waren de randen begroeid met veel scherm- en kruisbloemigen. Dit is een aanwijzing voor het belang van omliggende randen en omgevingen op de aanwezige natuurlijke bladluisonderdrukking met natuurlijke vijanden.

**Tabel 12:** Overzicht van de 12 percelen met teelt, pootgoedklasse, maatregelen en analyseresultaten.

perceelsnr.	teelt	randtype	inschatting vatbaarheid ras	reactie in pootgoed	klasse (start)	PVY uigeselecteerd start (eerste ronde(n))	PVY uigeselecteerd start (laatste ronde)	Zichtbaarheid PVY op plant	Synthetische gewasbescherming	klasse (nacontrole)	PVY-teelt (analyse)	PVY-onkruiden (analyse)	plagdruk bladluizen	aantal natuurlijke vijanden	potentiele plaagbestrijding randen/omgeving
1	biologisch	bloemrand	+-	0	S	+	++	++	-	<b>E</b>	0	0	+	+-	nb
2	gangbaar	bloemrand-mais	+	nb	SE	++	-	+	+-	E	0	0	-	+-	++
3	gangbaar	gras-gras	+-	1	SE	++	+-	+	+	E	0	0	-	-	+-
4	gangbaar	mais	++	1	PB3	++	-	+-	+	<b>SE</b>	0	0	-	-	nb
5	gangbaar*	bloemrand	+-	0	PB3	-	-	+	+-	PB4	0	0	+	+-	+-
6	gangbaar	bermbloemen	+-	nb	SE	-	-	-	+	E	0	0	-	-	+-
7	gangbaar	wintertarwe	-	0	PB3	+-	-	+-	+	PB4	0	0	-	-	+-
8	gangbaar	tocht	+-	0	PB3	-	-	+-	+	PB4	0	0	-	-	+-
9	gangbaar	gras (dijk)	+-	0	SE	+-	-	+-	+	E	1	0	+-	-	+-
10	biologisch	erwt	-	0	S	+-	-	+-	-	E**	0	0	+	+	nb
11	biologisch	bermbloemen	-	0	A	nvt	nvt	nvt	-	cons.	0	0	+-	+	+
12	gangbaar	gras	+	0	S/SE	+-	-	+-	+	SE/E	0	0	-	+-	-

nb: niet bekend

\* geen insecticiden toegepast.

\*\* Klasse verlaagt vanwege bacterie.

#### 4.2.8 Conclusie veldonderzoek

In de 12 onderzochte percelen komen zowel de bladluizen als de natuurlijke vijanden op verschillende afstanden vanaf verschillende randen vrij homogeen in het perceel voor. Enkele opvallende verschillen kunnen worden vastgesteld:

1. Daar waar geen insecticiden zijn ingezet zijn hogere aantallen ongevleugelde bladluizen waargenomen, op 1 perceel na. Dit ene perceel wordt gekenmerkt door een hoge potentiële plaagbeheersing vanuit de rand (= voldoende natuurlijke biodiversiteit vanuit de rand).
2. Van de 4 percelen waar geen insecticiden (en geen minerale olie op 1 na) zijn toegepast, is 1 perceel een extra klasse verlaagd.
3. Van de 8 percelen met een gangbare strategie (zowel minerale olie als insecticiden) zijn op 5 percelen minimale aantallen bladluizen en natuurlijke vijanden vastgesteld. Ondanks dat er nauwelijks bladluizen zijn aangetroffen, is 1 van deze percelen een extra klasse verlaagd. Dit betreft het perceel met het ras met de hoogste codering voor vatbaarheid voor PVY, plus al een reactie in het pootgoed.
4. Het beeld is dat met tolerante rassen, schoon uitgangsmateriaal (geen reactie pootgoed) en aanwezigheid van voldoende natuurlijke vijanden het risico op een klasseverlaging verlaagt ten opzichte van afwijkende maatregelen.
5. Afkloppen van planten met een NAK-bord heeft meerwaarde voor de teler: de ervaring is dat eenvoudiger en accurater aanwezigheid van bladluizen kan worden vastgesteld, hoewel bepaalde soorten mogelijk minder snel van de plant vallen.

## 4.3 Toepassing van silicium

### 4.3.1 Achtergrond

Silicium is in twee recente Nederlandse reviews aangehaald als een hulpmiddel tegen bladluisplagen (Termorshuizen et al. 2021; Allema et al., 2020). Tijdens deze PPS deed zich de mogelijkheid voor om aan te haken bij onderzoek naar opbrengst van een siliciumproduct in pootaardappelen. Meerdere literatuurbronnen geven aan dat siliciumproducten bladluisdichtheden kunnen beïnvloeden (verlagen). De mate van invloed zal naar verwachting afhangen van intrinsieke productgegevens, doseringen, toepassingsmoment en -methoden. Siliciumbemesting verlaagt o.a. de vruchtbaarheid, reproductieve periode en de levensduur van ongevleugelde bladluizen, terwijl ook minder gevleugelde bladluizen door deze behandeling op aardappelplanten zijn waargenomen (Dias et al, 2014). Silicium speelt een rol in het verdedigingsmechanisme van de plant tegen schimmels en insecten (Kvedaras et al., 2010 en referenties daarin), waaronder bladluizen. Verminderde aantasting door insecten wordt genoemd, bv. groene perzikluis (*Myzus persicae*) en grote graanluis (*Sitobion avenae*) (Debona et al., 2017). Silicium wordt door planten in de wortels opgenomen in de vorm van monokiezelsuur  $\text{Si(OH)}_4$  en polymeriseert in de epidermis van het blad tot biogeen opaal amorf  $\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$  (Kvedaras et al., 2010). De neerslag van silicium in de epidermis bemoeilijkt het voor insecten door de epidermis te prikken of van het blad te eten (Yoshida 1975). Enkele onderzoeken lieten zien dat planten (graan en aardappel) waar silicium aan het zaad, grond of op het blad is toegediend weerbaarder zijn tegen o.a. bladluizen (Gomes et al, 2008, 2005; Basagli et al., 2003). Naast fysieke barrières die de plant opwerpt, blijkt silicium ook een rol te spelen bij het induceren van afweer en aantrekken van natuurlijke vijanden (Kvedaras et al., 2010).

PVY wordt overgedragen door bladluizen. Wanneer een maatregel wordt uitgevoerd met een direct of indirect (via inductie van weerbaarheid van de plant) letaal of sub-letaal effect op bladluizen, heeft dit invloed op PVY-verspreiding. Een effect op virus overdragende bladluizen in de teeltperiode verlaagt hypothetisch het aantal PVY-geïnfecteerde planten aan het eind van het seizoen. In 2 veldproeven zijn tellingen verricht naar gevleugelde en ongevleugelde bladluizen en zijn zowel aan het begin van de teelt als eind van de teelt planten geanalyseerd op PVY.

### 4.3.2 Materiaal & Methoden

Twee veldproeven zijn aangelegd met twee behandelingen in verschillende doseringen (tabel 13). De veldproef is uitgevoerd met een gevoelig ras in Westmaas (klei, pootdatum 25 april 2022) en een vrij tolerant gewas in Vredepeel (zand, pootdatum 2 mei 2022). Per locatie zijn 6 behandelingen uitgevoerd in 4 herhalingen, totaal 24 plots per locatie. Naast de veurbehandeling tijdens poten is wekelijks een loofbehandeling op beide locaties uitgevoerd vanaf 1 juni tot en met 20 juli.

**Tabel 13:** de behandelingen met Silicium in verschillende dosering in de veldproef.

Behandeling	Dosering (L/ha)	1e toepassing	interval	aantal toepassingen
Onbehandeld	-	-	-	-
Veur behandeling	2	bij poten	-	1
Veur behandeling	4	bij poten	-	1
Veur behandeling	8	bij poten	-	1
Loof behandeling	0.5	1 juni	wekelijks	8*
Loof behandeling	1	1 juni	wekelijks	8*

\* Westmaas 1, 10, 17, 23, 29 juni en 9, 14 en 20 juli, Vredepeel 1, 7, 14, 20, 29 juni en 6, 12, 20 juli.

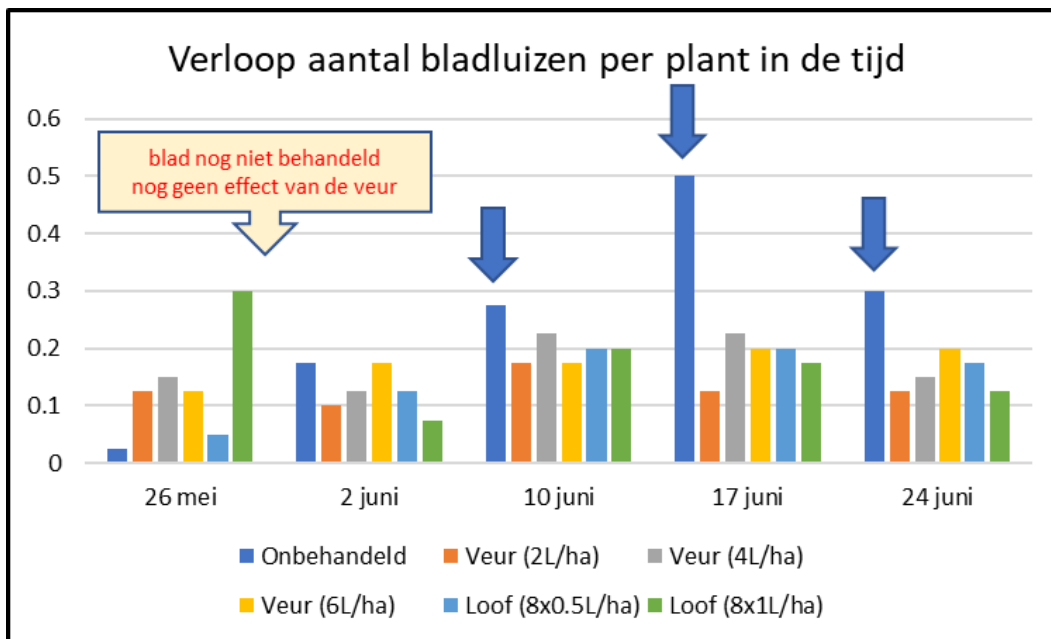
In totaal zijn 5 wekelijkse bladluistellingen uitgevoerd in de vroege periode van de teelt van 26 mei tot en met 24 juni (BBCH Westmaas 19, 31, 50, 59, 65, BBCH Vredepeel 19, 39, 50, 59 en 65). In deze periode van bladluistellingen zijn 4 bladbehandelingen met silicium uitgevoerd, daarna zijn nog 4 bladbehandelingen uitgevoerd waar rekening mee moet worden gehouden met betrekking tot de uitkomst van de PVY-analyses.



Per plot zijn 5 planten per waarnemingsmoment beoordeeld; bij de eerste 2 waarnemingen zijn gehele planten beoordeeld, bij de drie volgende waarnemingen 3 stengels per plant. Op 3 juni (Westmaas) en 4 juni (Vredepeel) zijn 20 blaadjes per plot getrokken en als 4 mengmonsters met elk 5 blaadjes geanalyseerd op PVY (totaal 96 monsters per locatie). Voordat het gewas werd doodgespoten zijn op 4 augustus (Westmaas) en 10 augustus (Vredepeel) op een vergelijkbare manier mengmonsters getrokken en wederom op PVY geanalyseerd.

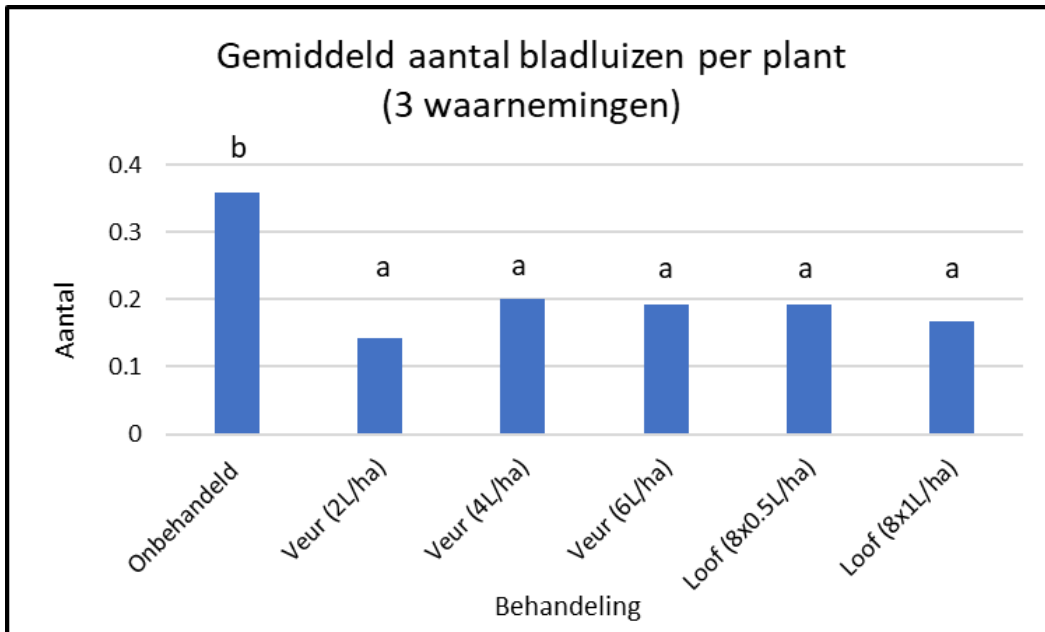
### 4.3.3 Resultaten

De eerste 2 bladluiswaarnemingen laten geen effecten zien van de veurbehandeling (figuur 29). Dit geldt tevens voor de bladbehandeling, maar de bladbehandeling is pas gestart op 1 juni. Vanaf de derde waarneming (na 2 bladbehandelingen) zijn steeds de hoogste aantallen bladluizen in de onbehandelde plots waargenomen.



**Figuur 29:** Verloop van de bladluistellingen per plant over 5 waarnemingen van beide proefvelden (op 1 juni is gestart met de eerste bladbehandeling).

Gezamenlijke analyse van de drie laatste waarnemingsmomenten (10, 17 en 24 juni) van beide locaties resulteerde in significant lagere aantallen bladluizen per plant bij alle behandelingen ten opzichte van de onbehandelde plots (Figuur 30). Er is geen doseringseffect waargenomen.



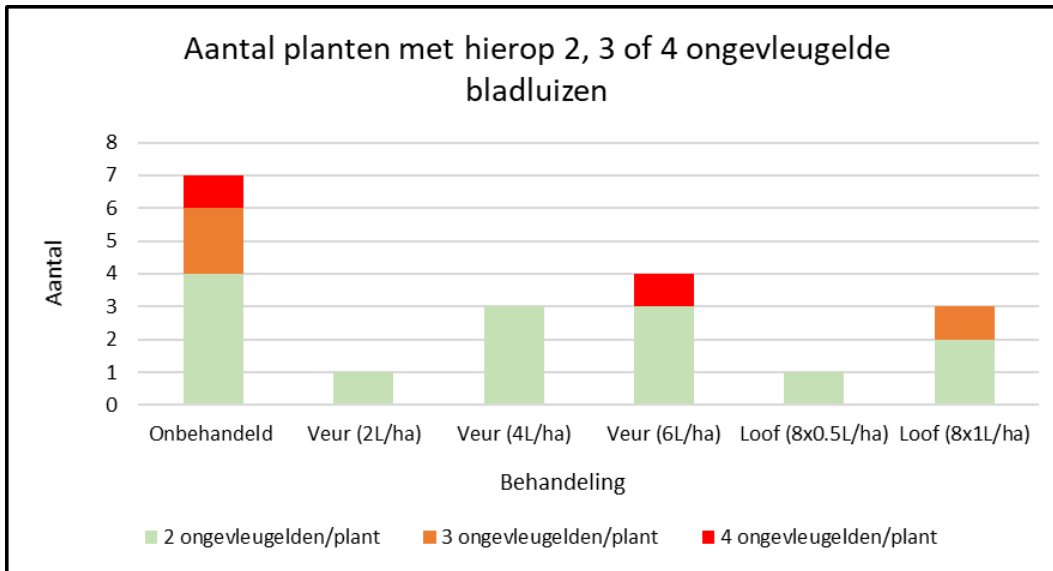
**Figuur 30:** Gemiddeld aantal bladluizen per plant van beide proefvelden.

De verschillen tussen onbehandeld en behandeld worden hoofdzakelijk bepaald door de ongevleugelde bladluizen (tabel 14). Op beide locaties bij zowel het tolerante als gevoelige PVY-ras zijn significant minder ongevleugelde bladluizen in de behandelde plots waargenomen ten opzichte van de onbehandelde controle. In het tolerante ras zijn ook lagere aantallen gevleugelde bladluizen aangetroffen in met name de veurbehandeling (F-prob. <0.10)

**Tabel 14:** Gemiddeld aantal gevleugelde en ongevleugelde bladluizen per plant per ras van de drie waarnemingen samen op 10, 17 en 24 juni.

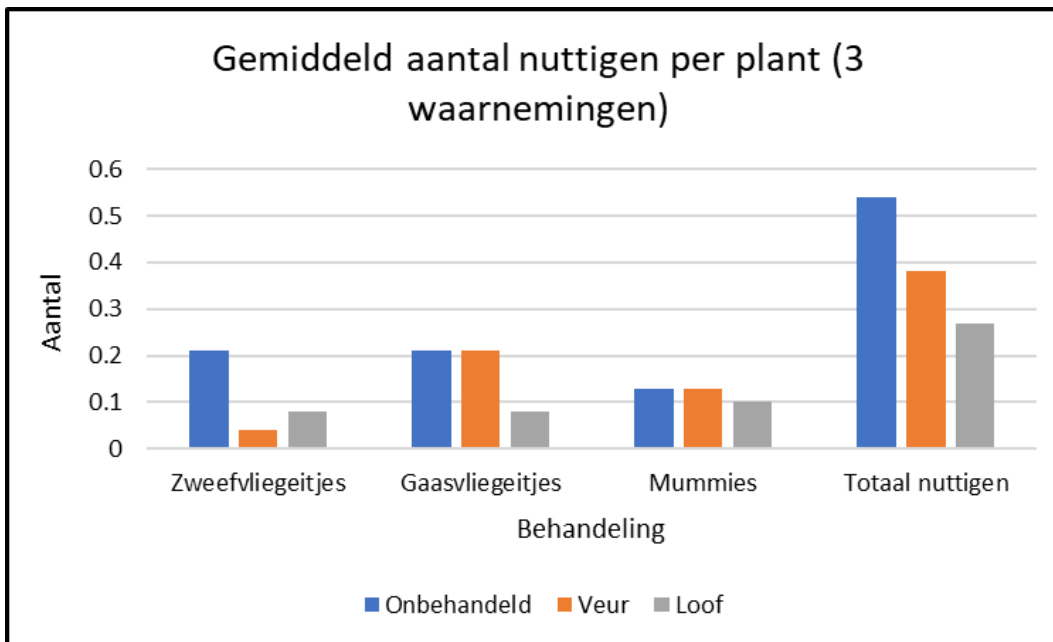
Behandeling	PVY-tolerant ras				PVY-gevoelig ras			
	Gevleugelde bladluizen		Ongevleugelde bladluizen		Gevleugelde bladluizen		Ongevleugelde bladluizen	
Onbehandeld	0.33 b		1.50 b		0.17 a		1.58 b	
Veur behandeling	0.08 a	-76%	0.69 a	-54%	0.14 a	-18%	0.86 a	-46%
Loof behandeling	0.13 ab	-61%	0.58 a	-61%	0.29 a	+71%	0.79 a	-50%
Lsd	0.233		0.463		0.303		0.658	
F-prob.	<0.10		<0.01		n.s.		<0.05	

Over de gehele waarnemingsperiode van de bladluizen (5 waarnemingen van 29 mei t/m 24 juni) zijn in totaal 1200 planten op de aanwezigheid van bladluizen en natuurlijke vijanden beoordeeld. De waarnemingsperiode behelst de periode waarop in het algemeen de vluchtpiek van bladluizen plaatsvindt. Op in totaal 184 planten zijn bladluizen vastgesteld; op 89% van de planten kwam 1 bladluis per plant voor, 1% van de planten een gevleugelde en een ongevleugelde bladluis per plant en 10% van de planten 2, 3 of ongevleugelde bladluizen per plant. In de onbehandelde plots zijn meer planten met meer dan 1 bladluis waargenomen (Figuur 31).



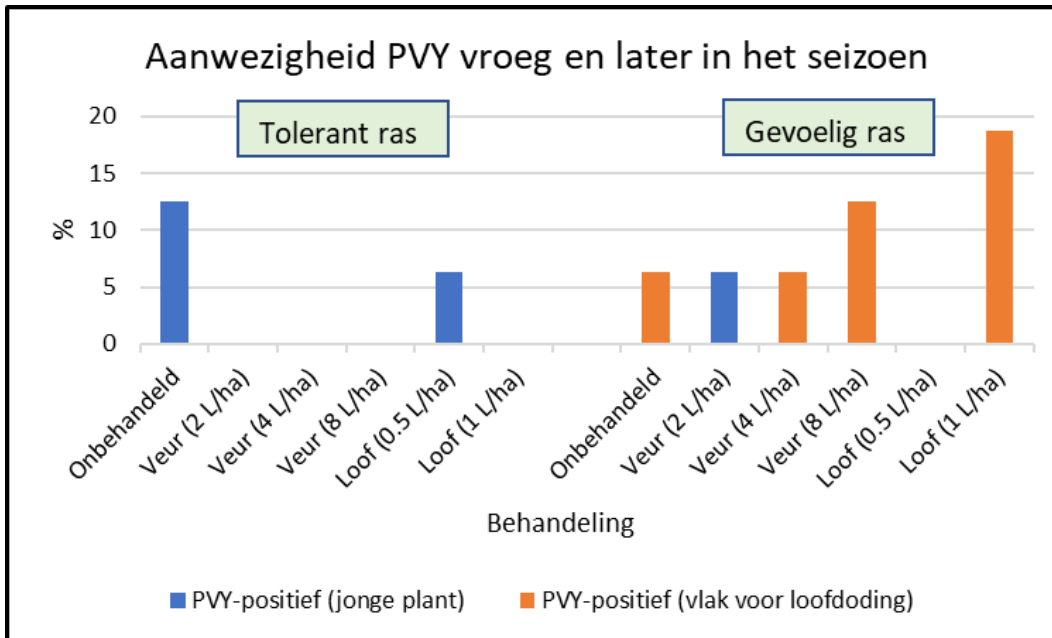
**Figuur 31:** Aantal planten met meer dan 1 ongevleugelde bladluis per plant van beide proefvelden.

Op onbehandelde planten zijn meer eitjes van gaasvliegen en zweefvliegen en mummies aangetroffen dan op planten behandeld met silicium (figuur 32), de verschillen zijn niet significant.



**Figuur 32:** Aantal planten met nuttigen per plant van beide proefvelden.

Er zijn geen significante verschillen in aantal infecties met PVY tussen de behandelde en onbehandelde plots vastgesteld (Figuur 33). In het gevoelige ras reageerden meer monsters positief op PVY.



**Figuur 33:** Percentage monsters met PVY van beide proefvelden.

#### 4.3.4 Conclusie silicium toepassing tegen PVY-overdracht

In Nederland is zeer beperkt onderzoek gedaan naar silicium en de effecten op bladluizen en PVY-infecties. Literatuur geeft aan dat silicium bladluisdichtheden kan onderdrukken. Deze twee veldproeven bevestigen dit beeld. Zowel veur- als bladbehandeling met silicium verlaagden dichtheden van ongevleugelde bladluizen op aardappelplanten significant met 46-54% (veurtoepassing) en 50-61% (loofbehandeling). Ook werden minder gevleugelde bladluizen in 3 van de 4 situaties vastgesteld (2 rassen + 2 behandelingen (veur- en loofbehandeling)). Doordat in een bepaalde periode van waarnemingen hetzelfde effect van beide toepassingstechnieken is waargenomen, is de verwachting dat een veurbehandeling enige tijd nodig heeft om een effect op ongevleugelde bladluizen te tonen, terwijl een bladbehandeling met silicium sneller effectief lijkt te zijn. In de Silicium-behandelde plots met het PVY-tolerante ras zijn opvallend lagere aantallen gevleugelde bladluizen waargenomen. Het werkingsmechanisme wordt hiermee niet direct aangetoond. De veurbehandeling kan geënt zijn op opname door de plant of indirect door invloed uit te oefenen op bepaalde processen in de plant (te denken valt aan het vrijkomen van geurstoffen waarmee natuurlijke vijanden worden aangetrokken). Dit geldt ook voor de loofbehandeling, waarbij ook nog effecten van het direct raken of het bedekken van blad nog invloed kan hebben op de bladluisdynamiek). Het bladluisresultaat heeft niet geleid tot (duidelijk) verschillen in PVY-aanwezigheid tussen behandelde en controle plots. In het tolerante gewas werd echter vlak voor loofdoding geen enkel monster op PVY positief getest. Mogelijk is een hogere bladluisdruk nodig om effecten op PVY vast te stellen, in het onderzoek naar conventionele middelen is het goed aantonen van effecten op PVY vaak lastig gebleken. Er liggen veel factoren ten grondslag of en hoe PVY in het veld verspreid wordt. De resultaten geven aan dat silicium een belangrijke rol kan spelen in IPM tegen bladluizen en daarmee mogelijk tot een verlaging van de PVY-druk.

## 4.4 Afdekken met stro en tussenteelt haver

Aardappelruggen afdekken met stro wordt gezien als een maatregel om het risico op PVY verspreiding te verlagen. Het werkingsmechanisme is onbekend, maar kan gebaseerd zijn op het landingsgedrag van (PVY-dragende) bladluizen door visuele oorzaken (contrast tussen gewas en bodem), hogere mate van aanwezigheid en activiteit van natuurlijke vijanden of verlies van het inoculum door het stro aan te prikken (Dupuis, 2023).

Mulchen met stro en toepassing van tussenteelten zijn onderzocht voor het verminderen van PVY-verspreiding. Van mulchen wordt aangenomen dat het contrast tussen gewas en open plekken wordt verminderd, waardoor bladluizen op basis van visuele wijzigingen minder vaak op de aardappelplant landen. Dit zou PVY infectie kunnen verlagen. In een meerjarige studie werden relatieve reducties in PVY verspreiding van 27-48% in vergelijking met controles zonder mulch gerealiseerd (Saucke en Döring, 2004). Evenzo kan een tussenteelt het visuele onderscheid van het gewas door bladluizen verminderen, maar dat kan ook dienen als lokplanten waarop de bladluizen het virus kwijt kunnen raken. In een vergelijking van minerale olie, stro mulchen, haver als tussengewas en gecombineerde behandelingen beschrijft Dupuis (Dupuis et al. 2017), dat afzonderlijke behandelingen een beschermend effect hebben, maar dat de behandelingen gecombineerd elkaar versterken. Voordelen van deze methoden zijn dat ze over het algemeen milieuvriendelijker zijn dan insecticiden, bodemerosie verlagen en organisch materiaal toevoegen aan de bodem. Nadelen kunnen zijn: het mogelijk introduceren van andere pathogene organismen, de benodigde grote hoeveelheid graanstro (of vergelijkbaar materiaal) vroeg in het seizoen en het benodigde materiaal en arbeid om het toe te passen (Singh et al, 2021).

Net als het afdekken met insectengaas is het afdekken met stro en de teelt van tussengewassen beproefd, beide methode hebben in recente jaren de praktijk bereikt. Afdekken met gaas leidt tot een hoge effectiviteit van bijna 100% (Harrewijn et al, 1993). Over stro en tussenzaai kwamen vragen binnen in hoeverre dit effectief is, beide behandelingen zijn onderzocht in samenwerking met dhr. Amsing, student op AERES. Een gewarde blokkenproef is aangelegd met 3 behandelingen (stro, haver en een onbehandeld) in 6 herhalingen van 6 bij 10 m plots, op een aardappelperceel met een voor PVY gevoelig aardappelras. Een hoeveelheid van 2,5 ton stro (1 jaar oud) per ha is ongehakseld toegediend. Haver is in een dosering van 120 kg per ha over de ruggen gezaaid, een dag na het aanfrezen van de ruggen. In het vroegste en mogelijk meest gevoelige stadium voor virusoverdracht zijn op 3 momenten (bij opkomst op 2 juni, BBCH 106 op 10 juni en BBCH 111 op 16 juni) 20 aardappelplanten per plot beoordeeld op de aanwezigheid van gevleugelde groene perzikluis *Myzus persicae* (deze bladluisoort brengt het meest efficiënt PVY over, REF=1). Aanwezige natuurlijke vijanden zijn ook geteld. Op 1 juli zijn per plot 20 planten bemonsterd (1 blad per plant) en als mengmonster (4 monsters van 5 blaadjes) geanalyseerd op PVY. Vlak voor de oogst (1 september) zijn 16 blaadjes per plot verzameld en per blad geanalyseerd op PVY.



**Figuur 34:** Overzicht proefveld met haver en stro.

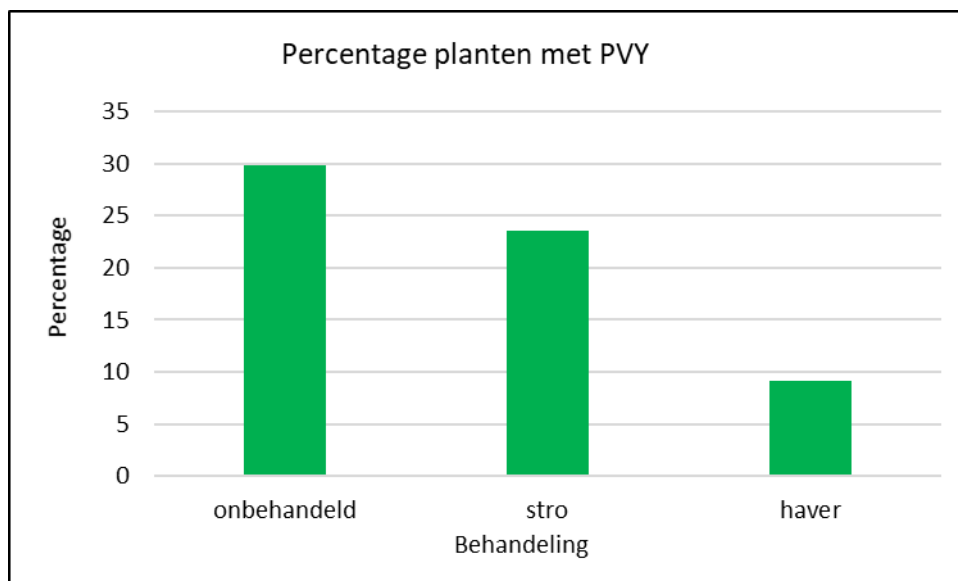
#### 4.4.1 Effecten op bladluis, PVY en opbrengst

In zowel de behandelingen met stro als haver zijn significant lagere aantallen gevleugelde *M. persicae* op de aardappelplanten waargenomen ten opzichte van onbehandeld (tabel 15). Het aantal gevleugelde *M. persicae* ten opzichte van onbehandeld nam af met 64% (stro) en 57% (haver). In beide behandelingen met stro en haver kwamen op dezelfde aardappelplanten (als de bladluis) hogere aantallen actieve natuurlijke vijanden + mummies voor (F-prob. 0,073).

**Tabel 15:** Gemiddeld aantal gevleugelde *M. persicae* en natuurlijke vijanden per behandeling.

	<b>Aantal gevleugelde <i>Myzus persicae</i> per plant</b>	<b>Reductie aantal gevleugelde <i>Myzus persicae</i> t.o.v. onbehandeld</b>	<b>Actieve natuurlijke vijanden + mummies per plant</b>	<b>Toename factor t.o.v. onbehandeld</b>
Onbehandeld	0.077 b		0.0028 a	
Stro	0.028 a	64%	0.0167 ab	x 6
Haver	0.033 a	57%	0.0222 b	x 8
Lsd	0.0311		0.0057	
F-prob.	0.003		0.073	

Op 1 juli werd in alle bladmonsters 1 monster positief op PVY getest (1.4% van de monsters). Aan het eind van de veldproef op 1 september werden aanmerkelijk meer PVY positieve monsters geteld (20% van de planten positief). Het percentage monsters met PVY positieve planten was zowel bij het stro als de haver lager ten opzichte van de onbehandelde plots, deze verlaging was voor beide behandelingen echter niet significant.



**Figuur 35:** Percentage aardappelplanten positief getest op PVY.

#### 4.4.2 Conclusie stro en haver toepassing tegen PVY-overdracht

De veldproef laat zien dat door sec strobekking en haver tussezaai significant minder gevleugelde *M. persicae* op de aardappelplanten voorkomen in de eerste weken na opkomst. In de gehele teelt is geen insecticide of minerale olie toegepast. Doordat lagere aantallen gevleugelde *M. persicae* op de aardappelplanten voorkomen en deze soort tevens de meest efficiënte PVY-overdragende bladluis is, was de aanname dat dit ook tot uiting komt in een lager aantal PVY-planten in het perceel. Zowel voor stro als haver klopt dit, maar de verschillen met de onbehandelde planten zijn niet significant. Opvallend is de hoge stijging van 1.4% PVY naar 20% PVY in de tijd. Het is aannemelijk dat het late moment van analyseren hierop van invloed is; later in het seizoen neemt het aandeel PVY in pootaardappelpercelen toe (bron NAK, 2013-2018). Dit komt ook tot uiting in het verschil tussen klasseverlagingen/afkeuringen in het veld (gemiddeld 3,7% op basis van veldkeuringen 2017-2021) en in de nacontrole (gemiddeld 24.1% in dezelfde periode)(bron NAK). Haver lijkt (niet significant) beter te presteren dan stro, dit wordt mogelijk veroorzaakt doordat de haver niet is vernietigd en tot het eind van de proef tussen de aardappelplanten is blijven staan. Waar stro op basis van mogelijke werkingsmechanismen haar invloed uitoefent tot het moment van het sluiten van het gewas (geen contrast meer zichtbaar), heeft de meegroeïende haver mogelijk tot het eind van de teelt invloed gehad op contrast maar wellicht ook door als vanggewas voor bladluizen te fungeren, waardoor ze eventueel opgenomen virus daar kwijt raken. Bladluisdichtheden nemen ook af door predatie en parasitering door natuurlijke vijanden. Beide systemen dragen hiermee bij aan bladluisonderdrukking, maar ook aan biodiversiteit aan het ophogen van het organische stof gehalte van de bodem; maatregelen die ten goede komen aan diverse beleidlijnen van de overheden. Bij de tussenteelt haver zoals uitgevoerd (niet verwijderd) was de opbrengst significant lager ten opzichte van onbehandeld, wat met name tot uiting kwam in de klasse > 55 mm. Verwijderen is een optie, maar kan ten koste gaan van de effectiviteit. Zowel tussenteelt als strobekking kunnen meegenomen worden in een IPM strategie. Stro is afgelopen 3 jaar door diverse partijen en telers in de praktijk opgepakt, veelal in combinatie met een gereduceerd gebruik van minerale olie en insecticiden, de ervaringen lijken overwegend positief (<https://nos.nl/l/2477959>).

## 4.5 Virusbrononderzoek

De aanwezigheid van virusbronnen bepaalt in hoge mate de verspreiding van (primair) PVY in een perceel. Gezond uitgangsmateriaal (geen of minimale aantallen aardappelplanten met secundair PVY) leidt tot minder verspreiding van PVY vanuit het perceel zelf. De mate van verspreiding binnen een pootgoedperceel is afhankelijk van verschillende factoren, waaronder de bladluisdruk. Op 2 percelen is tevens vastgesteld dat rondom verwijderde secundaire planten nog aanzienlijke aantallen belendende planten PVY geïnfecteerd zijn. Dit verschijnsel is zowel door enkele gangbare als biologische telers ervaren, het gaat om zichtbaar en minder goed zichtbaar primair ziek. Aardappelopslag is een belangrijke bron van verspreiding vanuit omliggende percelen, maar wordt in de praktijk ook nog na 4 jaar in een nieuw pootgoedperceel waargenomen. Omliggende aardappelpercelen voor consumptie zijn een continue bron van verspreiding, afhankelijk van ras en secundair ziek. In werkpakket 1 wordt al aangegeven dat ondanks groot opgezet onderzoek naar de aanwezigheid van PVY van 3 opeenvolgende jaren geen PVY is aangetroffen in andere planten dan aardappelplanten (bij bemonstering in het voorjaar). Tabel 16 geeft een overzicht van alle verzamelde data wat betreft het voorkomen van PVY in aardappel en andere planten.

**Tabel 16:** Overzicht plantonderzoek op PVY gedurende de PPS periode.

	aantal planten	aantal monsters	aantal monsters PVY-positief	% PVY
Consumptie, 2 juni	480	96	1	1
Consumptie, 4 augustus	480	96	7	7
Consumptie, 3 juni	480	96	4	4
Consumptie, 10 augustus	480	96	0	0
Consumptie, 4 juni	300	30	4	13
Consumptie, 2 september	120	12	9	75
Consumptie, 1 juli	360	72	1	1
Consumptie, 26 augustus (rondom sec. plek)	45	45	23	51
Consumptie, 1 september	1400	280	59	21
Pootaardappel, 12 augustus	120	12	3	25
Pootaardappel, 12 augustus (rondom sec. plek)	100	20	17	85
Pootaardappel, 22 juli	200	20	0	0
Pootaardappel, 4 juni	800	80	0	0
Pootaardappelen 2021 (vlak voor loofvernietiging)	4000	400	1	0
aardappelopslag in graan 22 juli	30	30	0	0
aardappelopslag 2 juli 2021 (2020 PVY-perceel)	10	1	1	100
aardappelopslag, eind april/begin mei	190	19	0	0
aardappelopslag, 4 juni	100	10	1	10
wintergraan, gras, bladrammenas (planten met bladluis), 23 maart	14	14	0	0
wilde planten rondom aardappelpercelen (van april tot 2 juli)	6000	600	0	0

Groenbemesters en wintergewassen vormen een bron van zorg voor (vroeg) bladluisvluchten en de mogelijke aanwezigheid van PVY. Op 23 maart is een telling uitgevoerd naar bladluizen in 3 gewassen geteeld op meerdere stroken (tabel 17). Van planten waarop bladluizen zijn aangetroffen is een blaadje getrokken en geanalyseerd op PVY. Op 14 planten zijn bladluizen waargenomen, alleen ongevleugelde bladluizen. Dit betrof uitsluitend de soorten sjalottenluis (beperkt tot bladrammenas) en grote graanluis (graan). Er werd geen PVY vastgesteld.

**Tabel 17:** Overzicht naar bladluisonderzoek en PVY in een strokenteelt.

Gewas op 23 maart	aantal planten	aantal ongevleugelde bladluizen	aantal mummies	opmerking
Grasklaver met bladrammenas	1000	58	2	alleen op de bladrammenas waargenomen
Wintertarwe	400	21	0	
Wintergerst	100	1	0	



---

#### 4.5.1 Conclusie virusbronnen

Het virusbrononderzoek laat zien dat vooral de aardappelplant zelf verantwoordelijk is als bron voor PVY verspreiding, althans in het begin van de teelt. Rapportages van wilde planten waarin PVY is gevonden richten zich meer op bemonstering later in het jaar.

Naast goed uitgangsmateriaal blijven alle maatregelen die een bijdrage leveren aan de beheersing van bladluis en PVY in de pootgoedteelt belangrijk. Gezien het gevaar van PVY-geïnfecteerde opslagplanten, is en blijft schoon oogsten een belangrijk onderdeel gezien vorstperioden steeds minder voorkomen. Inundatie biedt in bepaalde situaties een oplossing, die enkele telers ook al in overweging nemen. De wettelijke richtlijnen (na 1 juli is het verboden om percelen te hebben met meer dan gemiddeld 2 opslagplanten per m<sup>2</sup> op minimaal 0.3 ha) zijn een gegeven; op basis van goede agrarische managementpraktijken is het aan te bevelen om scherper met de norm om te gaan. De afstand die minimaal aangehouden moet worden om aardappelen voor andere productiedoelinden te telen in de nabijheid van pootgoedpercelen is 25 m, een ruimere afstand is aan te bevelen. Nog beter is om pootgoed enerzijds en andere aardappelteelten gescheiden te houden, aangezien in andere aardappelteelten vrijwel geen management gezet wordt op beheersing van bladluizen en PVY.

Diverse soorten bladluizen overwinteren ongevleugeld in groenbemesters en wintergranen. Wintergranen zijn geen virusbron van PVY, maar kunnen populaties bladluizen bevatten die op een gegeven moment gaan vliegen. De zorg voor groenbemesters is in de meeste situaties waarschijnlijk onterecht, 1) omdat er geen besmettingen met PVY op basis van de uitkomsten binnen deze PPS te verwachten zijn en 2) op basis van biologische eigenschappen van bladluizen (teer insect, veelal ongevleugeld en gevleugelden die niet ad rem wegvliegen in de koelere maanden). Het moment van onderwerken (meestal voor 1 april) en de intensiteit waarmee dit gebeurt maken dat de kans klein is dat bladluizen dit overleven.

#### 4.6 Veldonderzoek IRS bietenvergelingsziekte in suikerbieten

Het IRS heeft binnen deze PPS veldproeven uitgevoerd met alternatieve beheersmaatregelen voor bladluizen, die mogelijk een effect hebben op de verspreiding van persistent overgedragen bietenvergelingsvirussen (zoals BMYV, BChV en BYV).

De resultaten van dat onderzoek zijn in jaarverslagen van het IRS gepubliceerd. Deze jaarverslagen zijn te vinden op de website van het IRS:

<https://www.irs.nl/interessegebieden/ziekten-en-plagen/publicaties/>

---

## 5 Werkpakket 4 Beslisregels

Dit WP was bedoeld voor de integratie van kennis opgedaan in de drie voorgaande werkpakketten. Het oorspronkelijk plan behelsde het weergeven van beslisregels, gebaseerd op kwantitatieve en kwalitatieve veranderingen in vectoren en virus en hun interactie, de waarschijnlijkheid en tijdstip van infectie van het gewas, en het risico op knolbesmetting in afhankelijkheid van het infectie tijdstip. Het beoogde doel was om een nieuw "early warning system" te ontwikkelen voor Nederlandse omstandigheden dat effectief en duurzaam is en ook bij verdere klimaatsverandering toepasbaar blijft. De ambitie voor werkpakket 4 was vrij laag met een beperkt budget, de focus werd gelegd op beslisregels. In de eindfase van het project werd gekozen voor de termen 'aandachtspunten en richtlijnen', deze zijn ook al merendeels verwoord in de kennis- en innovatieagenda van WP2.

Het doel van de analyse van historische bladluisaantallen binnen de PPS was de ontwikkeling van een klimaat-bestendig waarschuwingssysteem voor vroege bladluisvluchten op basis van historische data sets. De NAK heeft lange reeksen aan bladluisgegevens, gevangen met dezelfde vangstmethode en in vele herhalingen. Al deze gegevens worden uiteindelijk verwerkt en samengevat in één variabele, de vectordruk:  $\text{vectordruk} = \sum_{x=1}^n [(\# \text{bladluissoort } x) \times (\text{REF bladluissoort } x)]$  (Van Harten, 1983). De vectordruk vermenigvuldigt de gevangen aantallen van een bepaalde bladluissoort met de REF waarde van die soort. De totale geaccumuleerde vectordruk wordt vervolgens berekend door alle uitkomsten te sommeren voor de vijftien bladluissoorten die meegenomen worden in de bladluistellingen. De vectordruk in de NAK-dataset is verder gemiddeld over meerdere vangststations. Dit veroorzaakt een informatieverlies en een beperking van de analysemogelijkheden. Het is zeer twijfelachtig of de gemiddelde vectordruk inzicht kan geven in het al of niet optreden van vroege pieken in bladluisaantallen. Door het gebruik van de REF-waarde wordt a priori het belang van de diverse soorten voor de virusverspreiding op een zeer bepalende manier gewogen, terwijl de REF waarde tussen biotypen van dezelfde bladluissoort ook kan variëren (Verbeek et al., 2010). De REF-waarde is zondermeer een belangrijke variabele, maar onderzoek elders heeft aangetoond dat andere factoren minstens zo bepalend kunnen zijn voor PVY-overdracht als de REF (bv. soortverschillen, al of niet kolonie-vormend). Deze factoren worden niet meegewogen. Hierdoor ligt er impliciet een subjectief oordeel besloten in de vectordruk. Door het gebruik van de vectordruk wordt gemiddeld over alle getelde bladluissoorten. De niet getelde bladluissoorten blijven buiten beeld. Gezien de soms zeer aanzienlijke aantallen (bijv. 66% van het totaal aantal gevangen bladluizen in 2022) en het volledig ontbreken van enig inzicht in het vectorpotentieel van deze 'andere luizen' is het aannemelijk dat de werkelijke vectordruk hoger zal liggen dan nu wordt bepaald. Daarnaast bleek er ook aanzienlijke verschillen te bestaan tussen vangsten van verschillende getelde bladluissoorten in de verschillende types vallen. Ook dit kan mogelijk leiden tot afwijkingen in de werkelijke vectordruk.

De verwachting is dat verschillende bladluissoorten verschillend zullen reageren op hoge wintertemperaturen, o.a. veroorzaakt door verschillen tussen soorten in monoecisch/heteroecisch, facultatief of obligaat holocyclisch/anholocyclisch, kolonie-/niet-kolonie-vormend, reeks van zomer- en winterwaardplanten en hun overlevingskansen gedurende de winter, basale biologie, etc. Het effect van deze verschillen zijn nu niet meer na te gaan. Het oorspronkelijke idee zoals beschreven in de PPS om de haalbaarheid van de analyses eerst uit te proberen aan één bladluissoort was hiermee van tafel.

De NAK heeft aan de hand van een beperkte dataset (2013-2022) gekeken naar verschillende variabelen, waarvan het totaal aantal bladluizen voornamelijk gecorreleerd is aan de relatieve luchtvochtigheid en temperatuur in juni. Dit is de periode vlak voor de maximale vangst en wanneer de populatie bladluizen het sterkst groeit, factoren die dat proces verstoren of verbeteren spelen op dat moment een grote rol (als neerslag, wind, maar ook wederom temperatuur en relatieve luchtvochtigheid). Het moment van maximale vangst (D, zie ook 2.1.4. blz. 17) is voornamelijk gecorreleerd aan de temperatuur in februari, en dan met name het aantal dagen boven de 5°C, en de relatieve luchtvochtigheid in april. Wanneer februari kouder was, lag het dagnummer met de maximale vangst later dan wanneer februari warmer was. Wanneer de relatieve luchtvochtigheid in april hoger is ligt de piek van de bladluisvangsten later in het seizoen. In 2023

---

lijkt dit inderdaad het geval, de piek aan *Myzus persicae* ligt op half juni, terwijl deze normaal gesproken vroeger is.

Uit buitenlands onderzoek (Sigvald, 1992; Basky, 2002; Kirchner et al., 2011; Steinger et al., 2015) is gebleken dat het percentage PVY besmettingen lang niet altijd correleert met de aantallen bladluizen van soorten met de hoogste REF waarde. Immers, hoge aantallen bladluizen van een soort met een lage REF-waarde kunnen samen ook veel virus overdragen. Ook verschillen per land de bladluissoorten die men als de belangrijkste PVY vectoren beschouwt. Voor Nederland zijn dat tot op heden: *Myzus persicae*, *Aphis fabae*, *Aphis frangulae* en *Phorodon humuli*.

Een doel binnen de PPS was om na te gaan of het systeem van bladluisvangsten op basis van gele vangbakken en hoge zuigvallen nog steeds adequaat is om het risico op PVY besmetting in te schatten en welke methode het beste correleert met % besmetting. Uit de vanggegevens komt naar voren dat de vangsten per type val en per locatie sterk kunnen verschillen, waarschijnlijk omdat naast de vangstmethode ook de omgeving van deze vallen varieert. Wel wordt duidelijk dat in het noorden gemiddeld minder bladluizen worden gevangen dan in het zuidwesten. Verder komt naar voren dat de vangsten in vangbakken tussen percelen sterk variëren, wat ook in eerder onderzoek door dhr. Bus (Bos en Bus, 2001) is vastgesteld. De waarschuwingen van de NAK kunnen als waardevol beschouwd worden; op basis hiervan is de teler extra waakzaam en kan besluiten tot een strakkere strategie om bladluizen te bestrijden en minerale olie in te zetten. Maar een extra check hoeveel, welke soorten en al of niet geïnfecteerd met PVY zou tot nauwkeurigere beslissingen kunnen leiden.

Het belangrijkste resultaat is dat duidelijk is geworden dat aardappelen de belangrijkste virusbron zijn voor de verspreiding van PVY, dit gegeven leidt tot hernieuwde aandacht voor oude adviezen en nieuwe aandachtspunten, waaronder:

1. Gebruik van schoon pootgoed, telers vertrouwen in het algemeen hun eigen pootgoed, maar op basis van positieve en negatieve ervaringen weten ze ook waar ze het beste pootgoed kunnen afhaken. Een idee dat werd geopperd is het bijhouden van een logboek, met historische gegevens PVY, resultaat selectieronden, weersgegevens, perceel-, teelt- en omgevingsinformatie, etc.). Weet wat je teelt!
2. Voorkom of bestrijd aardappelopslag; begin al voor de oogst, denk aan technieken om achterblijvende aardappelen te kneuzen en aan inunderen. Regelgeving is weinig streng. In de praktijk zou met nieuwe technieken als spotsprayers de hoeveelheid middel tegen opslag kunnen worden gereduceerd.
3. Houdt afstand tussen je pootgoedpercelen en percelen voor andere productiedoelinden. Maar ook afstand tot percelen met veel aardappelopslag. Boer & Bunder en Farmmaps biedt mogelijkheden.
4. Teel resistente rassen en vermijdt symptoomloze rassen, verbeterde detectiesystemen zijn voornamelijk niet praktijkrijp. Misschien biedt een convenant als bij de bioteelt 'robuuste rassen Phytophthora' een mogelijkheid voor PVY?
5. Teel rondom gevoelige rassen resistente rassen met barrières (afvoerputje) en bloemranden, sommige telers geven aan hier goede ervaringen mee te hebben.
6. Telen onder insectendoek kan vrijwel 100% effectief zijn, is meer geschikt voor hogere klassen en kleinere arealen. De eerste ervaringen zijn in de praktijk opgedaan.
7. Verhoog weerbaarheid plant- en teeltsysteem (silicium, stro, haver), deze ingrepen hebben een duidelijk effect op het aantal bladluizen, gebaseerd op lagere ontwikkelingssnelheden en andere biologische parameters. Dit betreft geen afdoding.
8. Nieuwe waarnemingen zijn gedaan aan het werkingsmechanisme van minerale olie, de resultaten zijn nog voorbarig. In de praktijk zou met nieuwe technieken als spotsprayers de hoeveelheid minerale olie kunnen worden gereduceerd.
9. Toepassing insecticide zou gericht ingezet kunnen worden op basis van perceelsmonitoring (n.a.v. bladluisvoorspelling door de NAK, gevolgd door afkloppen);
  - a. Gebruik selectieve middelen, maar blijf monitoren i.v.m. waargenomen resistentie *M. persicae*
  - b. In de praktijk zou met nieuwe technieken als spotsprayers de hoeveelheid insecticiden kunnen worden gereduceerd.

- 
10. Verwijder zieke planten – effectiviteit selecteren verhogen (NAK-cursus, LFD-test) -> zoeken naar alternatieve, effectieve maatregelen (detectie), vermijdt symptoomloze rassen
    - a. Aandacht voor het verwijderen van een zieke plant: om te voorkomen dat op de PVY-plant aanwezige bladluizen van de plant vallen en nieuwe planten infecteren, zorg voor behoedzame verwijdering met een handschap en het deponeren in de bak van de selectiekar, of eventueel in een zak. Bladluis valt in het algemeen niet zomaar van de plant, maar dit is soortafhankelijk.
  11. Rond en na de bloei neemt de bladluispopulatie af volgens een jaarlijks patroon, navenant nemen de natuurlijke vijanden toe. Onderzoek in deze PPS geeft aanwijzingen voor ouderdomsresistentie – raseffecten zouden kunnen worden onderzocht.
  12. Voorkom hergroei, binnen deze PPS is duidelijk vastgesteld dat PVY al na enkele dagen via infectie van hergroei in de knol kan verschijnen.
  13. Afkeuring en klasseverlaging is een gevolg van een classificatie-systeem waar een lang traject aan voorafgegaan is.
  14. Tijdig loofdoden, een factor die duidelijk door de NAK is aangetoond.

---

# Literatuur

- Ahmadvand, R., Takács, A., Taller, J., Wolf, I., & Polgár, Z. (2012). Potato viruses and resistance genes in potato. *Acta Agronomica Hungarica*, 60(3), 283–298.
- Allema, B., van Rozen, K., Helsen, H., Huiting, H., Verbeek, M., van Tol, R., 2020. Natuurvriendelijke bestrijding van bladluizen. Wageningen Research, Rapport WPR-851.
- Alvarez, A. E., Tjallingii, W. F., Garzo, E., Vleeshouwers, V., Dicke, M., & Vosman, B. (2006). Location of resistance factors in the leaves of potato and wild tuber-bearing *Solanum* species to the aphid *Myzus persicae*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 121(2), 145–157.
- Anstead, J.A., Williamson, M.S., Denholm, I., 2008. New methods for the detection of insecticide resistant *Myzus persicae* in the U.K. suction trap network. *Agricultural and Forest Entomology* 10, 291-295.
- Anstead, J.A., Williamson, M.S., Eleftherianos, I., Denholm, I., 2004. High-throughput detection of knockdown resistance in *Myzus persicae* using allelic discriminating quantitative PCR. *Insect Biochemistry and Molecular Biology* 34, 871-877.
- Basagli et al., 2003. Effect of sodium silicate application on the resistance of wheat plants to the green-aphids *Schizaphis graminum* (Rond.) (Hemiptera: Aphididae). *Neotropical Entomology*. Volume 32. Issue 4. Page 659.
- Basky, Z., 2002. The relationship between aphid dynamics and two prominent potato viruses (PVY and PLRV) in seed potatoes in Hungary. *Crop Protection* 21, 823–827.
- Bos, D. en Bus, C.B., 2001 Onderzoek naar de noodzaak van verfijning bladluismonitoring in de pootaardappelteelt. Praktijkonderzoek Plant & Omgeving BV. Projectrapport nr 1154389 mei 2001, 23 pg.
- Debona, D., Rodrigues, F.A. and Datnoff, L.E., 2017. Silicon's Role in Abiotic and Biotic Plant Stresses. *Annu. Rev. Phytopathol.* 2017. 55:85–107.
- Dias, P.A.S. et al., 2014. Induction of Resistance by Silicon in Wheat Plants to Alate and Apterous Morphs of *Sitobion avenae* (Hemiptera: Aphididae). *Environmental Entomology*, 43(4), pp. 949–956
- Difonzo, C. D., Ragsdale, D. W., Radcliffe, E. B., Gudmestad, N. C., & Secor, G. A., 1996. Crop borders reduce potato virus Y incidence in seed potato. *Annals of Applied Biology*, 129(2), 289–302.
- Döring, T.F., Kirchner, S.M., Kühne, S., Saucke, H., 2004. Response of alate aphids to green targets on coloured backgrounds. *Entomologia Experimentalis et Applicata* Volume 113, Issue 1, Pages 53 – 61
- Dupuis, B., 2017. Development of a crop management method to control the spread of Potato Virus Y (PVY). PhD thesis Faculté des bioingénieurs, Université catholique de Louvain.
- Dupuis, B., Bragard, C., & Schumpp, O., 2019. Resistance of Potato Cultivars as a Determinant Factor of Potato virus Y (PVY) Epidemiology. *Potato Research*, 62(2), 123–138.
- Dupuis, B., Cadby, J., Goy, G., Tallant, M., Derron, J., Schwaerzel, R., & Steinger, T., 2017. Control of potato virus Y (PVY) in seed potatoes by oil spraying, straw mulching and intercropping. *Plant Pathology*, 66(6), 960–969.
- Galimberti, Alyokhin, Qu, & Rose, 2020. Simulation modelling of potato virus Y spread in relation to initial inoculum and vector activity. *Journal of Integrative Agriculture*, 19(2), pp. 376–388.
- Geng, W., Xiangyu, J., Li, X., Zhang, Z., Han, D., & Li, Y., 1997. Male peach aphid attraction in the field by sex pheromones. *Insect Science*, 4(4), 364–368.
- Gibson, R.W., Picket, J.A., Dawson, G.W., Rice, A.D. and Stribley, M.F., 1984. Effects of aphid alarm pheromone derivatives and related compounds on non- and semi-persistent plant virus transmission by *Myzus persicae*. *Annals of Applied Biology*, 104(2), pp. 203–209.
- Gomes et al., 2005. Resistance induction in wheat plants by silicon and aphids. *Sci. Agric. (Piracicaba, Braz.)*, v.62, n.6, p.547-551.
- Gomes et al., 2008. Use of Silicon as Inductor of the Resistance in Potato to *Myzus persicae* (Sulzer) (Hemiptera: Aphididae). *Neotropical Entomology* 37(2):185-190
- Graafstra, S, 2020. Bestrijding van bladluis in pootaardappelen. Desktopstudie The Potato Valley, HLB project 20124.
- Griffel, L.M., Delparte, D., Edwards, J., 2018. Using Support Vector Machines classification to differentiate spectral signatures of potato plants infected with Potato Virus Y. *Computers and Electronics in Agriculture*, 153, pp. 318–324.

- 
- Harrewijn, P., den Ouden, H., Piron, P.G.M., 1991. Polymer webs to prevent virus transmission by aphids in seed potatoes. *Entomologia Experimentalis et Applicata* Volume 58, Issue 2, Pages 101 – 107.
- Harrewijn, P., Piron, P.G.M., Bus, C.B. en Ester, A., 1993. Het voorkomen van virusoverdracht door middel van polymeervliezen. Een vergelijkende studie over gaas, folie en vliesdoek. IPO-DLO Rapport nr. 93-02.
- Harten, A. van, 1983. The relation between aphid flights and the spread of potato virus YN (PVYN) in the Netherlands. *Potato Research* Volume 26, Issue 1, Pages 1 – 15.
- Kirchner, S.M., Döring, T.F., Hiltunen, L.H., Virtanen, E. & Valkonen, J.P.T., 2011. Information-theory-based model selection for determining the main vector and period of transmission of Potato virus Y. *Ann Appl Biol* 159, 414–427.
- Kirchner, S. M., Hiltunen, L. H., Santala, J., Döring, T. F., Ketola, J., Kankaala, A., Virtanen, E., & Valkonen, J.P.T., 2014. Comparison of Straw Mulch, Insecticides, Mineral Oil, and Birch Extract for Control of Transmission of Potato virus Y in Seed Potato Crops. *Potato Research*, 57(1), 59–75.
- Kvedaras, O.L., An, M., Choi, Y.S. and Gurr, G.M., 2010. Silicon enhances natural enemy attraction and biological control through induced plant defences. *Bull Entomol Res.* 100(3):367-71
- Lin, F.-J., Bosquée, E., Liu, Y.-J., ...Yong, L., Francis, F., 2016. Impact of aphid alarm pheromone release on virus transmission efficiency: When pest control strategy could induce higher virus dispersion. *Journal of Virological Methods*, 235, pp. 34–40.
- Polder, G., Blok, P.M., de Villiers, H.A.C., van der Wolf, J.M., Kamp, J., 2019. Potato virus Y detection in seed potatoes using deep learning on hyperspectral images. *Frontiers in Plant Science*, 10, 209.
- Saucke, H. and Döring, T. F., 2004. Potato virus Y reduction by straw mulch in organic potatoes. In *Ann. appl. Biol* (Vol. 144).
- Sigvald, R., 1992. Progress in aphid forecasting systems. *Neth. J. P1. Path.* 98 Supplement 2:55-62.
- Steinger, T., Goy, G., Gilliland, H., Hebeisen, T. & Derron. J., 2015. Forecasting virus disease in seed potatoes using flight activity data of aphid vectors. *Ann Appl Biol* 166, 410–419.
- Termorshuizen, A.J., Mager, A., Postma, R. 2021. Effecten van bemesting op de weerbaarheid tegen ziekten en plagen in de akkerbouw. Aad Termorshuizen Consultancy, NMI en Hilbrands laboratorium B.V. 27 pp
- Verbeek, M., Piron, P.G.M., Dullemans, A.M., Cuperus, C., Van Der Vlucht, R.A.A., 2010. Determination of aphid transmission efficiencies for N, NTN and Wilga strains of Potato virus Y. *Annals of Applied Biology*, Volume 156, Issue 1, Pages 39 – 49.
- Wolf, P.L. de, M. Verbeek, K. van Rozen, R.A.A. van der Vlucht, D. van Dam, 2023. Kennis- en innovatieagenda PPS virus- en vectorbeheersing in pootaardappelen, Intern rapport (niet openbaar).
- Yoshida, S., 1975. The physiology of silicon in rice. Technical bulletin (Asian and Pacific Council. Food & Fertilizer Technology Center) ; no. 25, p. 24-27.

# Bijlage 1: *Factsheet* Bladluismonitoring

## *Samenvatting: Het monitoren van bladluizen en de vectordruk voor PVY*

Bladluizen zijn belangrijke overbrengers van plantenvirussen. Ook het aardappelvirus Y (PVY) wordt door bladluizen overgebracht. De overdracht van PVY vindt plaats op non-persistente wijze, dit wil zeggen dat de bladluis PVY opneemt en afgeeft tijdens proefboringen. Daarom wordt PVY ook overgedragen door bladluizen die aardappel niet als waardplant hebben, maar wel even op aardappel landen om te proeven. Voor de bepaling van de vectordruk worden in Nederland 15 bladluisoorten gemonitord door de NAK. Daarvoor worden tijdens het aardappelseizoen de vangsten van drie hoge zuigvallen en 42 gele vangbakken elke dag per bladluisoort geteld. Omdat niet elke bladluisoort PVY met dezelfde efficiëntie overdraagt, heeft elke soort een zogenaamde REF waarde. De vectordruk wordt bepaald door het aantal bladluizen van een soort te vermenigvuldigen met de eigen REF-waarde.

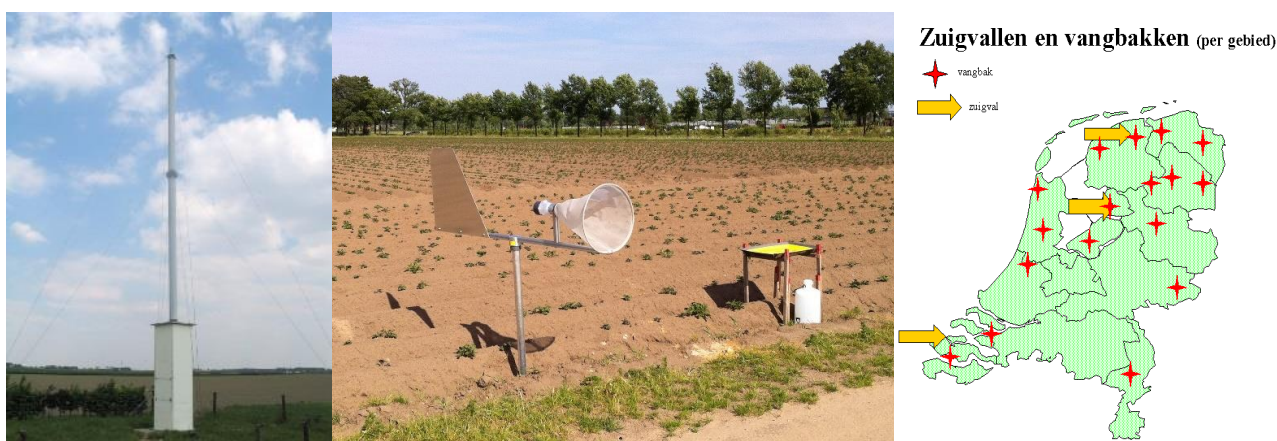
Een vergelijking van vangstmethoden voor bladluismonitoring bracht aan het licht dat de drie methoden elkaar aanvullen. Het hangt namelijk af van de bladluisoort, en het gedrag van die soort, welke vangstmethode het beste werkt. Voor de bepaling van de vectordruk is ook niet één beste methode aan te wijzen. De verschillen tussen locaties en tijdstippen zijn daarvoor te groot.

## *Onderzoeksprogramma*

De PPS Virus & Vectorbeheersing in pootaardappelen is een publiek-private samenwerking tussen het ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (LNV) en een consortium van verschillende partijen uit de pootgoedsector en de agrarische productieketen. De PPS valt onder het topsectorbeleid van de overheid, namelijk onder de Topsector Tuinbouw en Uitgangsmaterialen. Het hoofddoel van dit publiek-private samenwerkingsprogramma is verbetering en verduurzaming van pootgoedmanagement om infecties met PVY te verlagen.

## *Monitoring*

Van 2019 t/m 2021 zijn naast de hoge zuigval en gele vangbak ook drie insectenfuiken meegenomen in de monitoring. Deze drie fuiken stonden op dezelfde locaties als de hoge zuigvallen: Colijnsplaat, Tollebeek en Kollumerwaard. Voor deze drie locaties is in het onderzoek een vergelijking gemaakt tussen vangsten van de hoge zuigval, de gele vangbak en de insectenfuik. Daarbij werd ook eerder in het jaar begonnen met monitoren: 1 april in plaats van 1 mei.



*Figuur 1. Van links naar rechts: hoge zuigval, bladluisfuik en gele vangbak. In het overzichtskaartje rechts zijn de drie plaatsen aangegeven (gele pijlen) waar deze drie vangstmethoden zijn vergeleken (Colijnsplaat, Tollebeek en Kollumerwaard).*

Tabel 1. De vijftien soorten bladluis die worden gedetermineerd m.b.t. vectordruk voor het aardappelvirus Y met hun Relatieve Efficiëntie Factor voor PVY-overdracht (REF) zoals de NAK die hanteert op basis van verschillende literatuur. De rest van de gevangen bladluizen worden gegroepeerd onder "andere bladluizen" en tellen niet mee in de vectordruk.

Nederlandse naam	Wetenschappelijke naam	Afkorting	REF
Groene perzikluis	<i>Myzus persicae</i>	M.p.	1.00
Bruine violenluis	<i>Myzus certus</i>	M.c.	1.00
Sjalotteluis	<i>Myzus ascolonicus</i>	M.a.	0.01
Hopluis	<i>Phorodon humuli</i>	P.h.	0.45
Aardappeltopluis	<i>Macrosiphum euphorbiae</i>	M.e.	0.01
Zwarte bonenluis	<i>Aphis fabae</i>	A.f.	0.10
Wegedoornluis	<i>Aphis nasturtii</i>	A.n.	0.60
Erwteluis	<i>Acyrtosiphon pisum</i>	A.p.	0.10
Appelgrasluis/Vogelkersluis	<i>Rhopalosiphum insertum/padi</i>	R.i./R.p.	0.03
Roosgrasluis	<i>Metopolophium dirhodum</i>	M.d.	0.01
Groene kortstaartluis	<i>Brachycaudus helichrysi</i>	B.h.	0.01
Vuilboomluis	<i>Aphis frangulae</i>	A.fran.	0.40
Melige koolluis	<i>Brevicoryne brassicae</i>	B.b.	-
Andere kortstaartluis	<i>Brachycaudus spp</i>	B.spp.	-
Boterbloemluis	<i>Aulacorthum solani</i>	A.s.	0.01
Andere bladluizen		Al	-

Er is niet een bepaald valtype aan te wijzen die het beste zou zijn om bladluizen te monitoren. Omdat de drie vangstmethoden (zuigval op 12 meter hoogte, fuik net boven gewas en gele vangbak voor actief op geel afkomende bladluizen) ieder zeer waarschijnlijk optimaal zijn voor verschillende bladluissoorten kun je de drie valtypen als complementair zien. Het is echter ook zo dat kleine afstanden al grote gevolgen kunnen hebben voor de aantallen gevangen bladluizen op de verschillende locaties, waardoor de nauwkeurigheid van bladluismonitoring alleen verhoogd kan worden door het monitornetwerk zo fijnmazig mogelijk te maken. Idealiter worden beheersmaatregelen per perceel gekoppeld aan monitoring op perceelniveau.

#### Bladluisvluchten na zachte winter erg vroeg

Tijdens het project is ook gekeken naar de invloed van warme winters op de bladluisvluchten. Hoe warmer de winter, des te eerder verschijnen er vliegende bladluizen in het voorjaar. Dit heeft met name te maken met het feit dat bladluizen in zachte winters als bladluis kunnen overleven op kruidachtige gewassen. Dit in tegenstelling tot strenge winters waarin bladluizen alleen kunnen overleven als winterei op een houtachtig gewas. Bladluizen hebben na een zachte winter dus een tijdvoordeel, waardoor er vroeger in het voorjaar grotere kolonies ontstaan en de bladluizen eerder gaan migreren.

#### Aanbeveling

Bladluismonitoring wordt door verschillende instanties uitgevoerd, maar dat gebeurt ook op verschillende manieren (bijvoorbeeld IRS: afkloppen, Groene Vlieg: gele plakvallen, NAK: hoge zuigval, gele vangbak). Houdt de websites van deze instanties goed in de gaten zodat een inschatting gemaakt kan worden wanneer bladluizen verwacht kunnen worden. Wil de teler nauwkeuriger weten wat de bladluis situatie in zijn perceel is, dan wordt aanbevolen dat hij zelf gaat monitoren, bijvoorbeeld door afkloppen, met gele vangbak of met plakvallen.



## Bijlage 2: *Factsheet* Silicium

### *Samenvatting: Silicium versterkt de weerbaarheid*

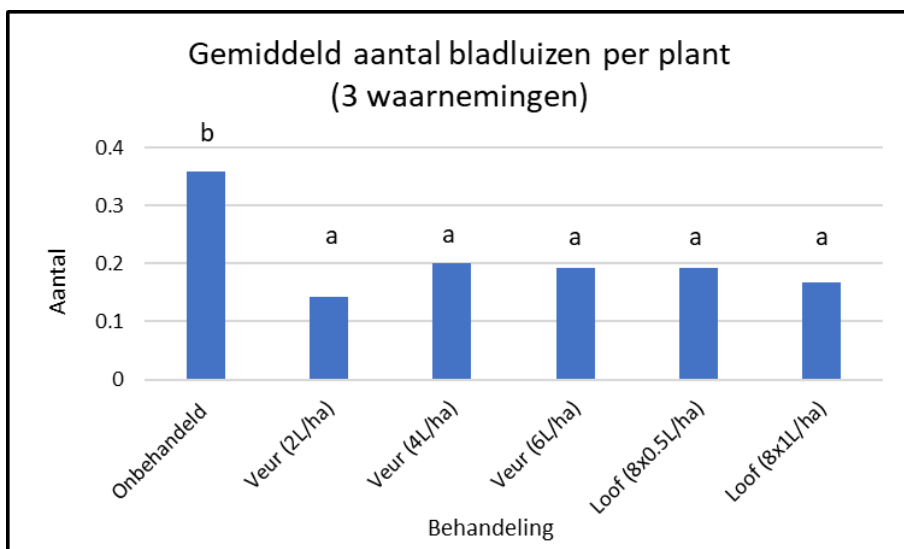
Silicium is een meststof cq. biostimulant die de weerbaarheid van de plant versterkt tegen biotische en abiotische factoren, waaronder tegen bladluizen. Meerdere onderzoeken wijzen uit dat silicium een significant effect heeft op diverse biologische parameters van bladluizen. Dit betreft na toepassing lagere aantallen nakomelingen, een lagere ontwikkelingssnelheid en een lagere levensduur van met name de ongevleugelde bladluizen. Effecten op gevleugelde bladluizen, de voornaamste verspreiders van het aardappelvirus Y (PVY), zijn minder duidelijk. Er zijn aanwijzingen dat door een siliciumtoepassing minder gevleugelde bladluizen worden waargenomen en zich minder snel settelen op de plant. Onbekend is in hoeverre PVY meer of minder effectief wordt overgedragen door bladluizen op silicium behandelde aardappelplanten.

### *Onderzoeksprogramma*

De PPS Virus & Vectorbeheersing in pootaardappelen is een publiek-private samenwerking tussen het ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (LNV) en een consortium van verschillende partijen uit de pootgoedsector en de agrarische productieketen. De PPS valt onder het topsectorbeleid van de overheid, namelijk onder de Topsector Tuinbouw en Uitgangsmaterialen. Het hoofddoel van dit publiek-private samenwerkingsprogramma is verbetering en verduurzaming van pootgoedmanagement om infecties met PVY te verlagen.

### *Effect op bladluizen*

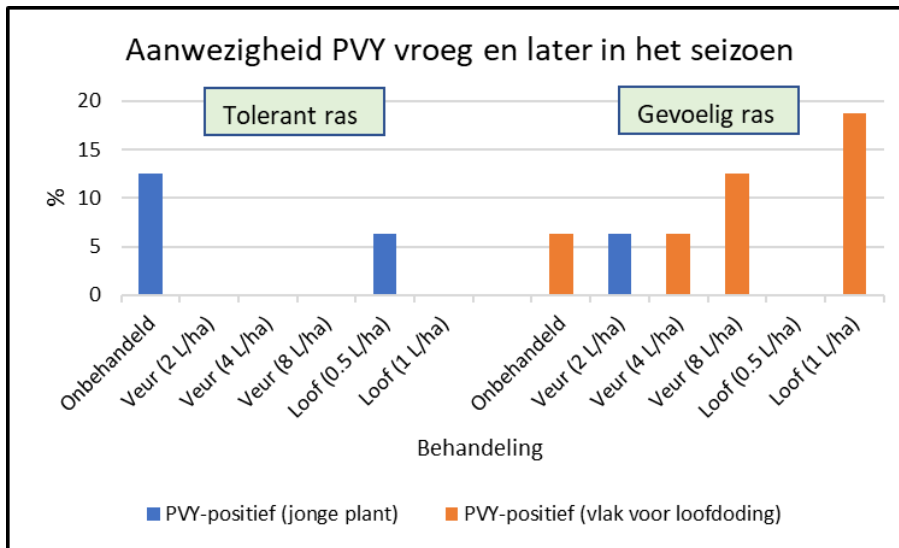
In twee veldproeven met pootaardappelen zijn significant minder ongevleugelde bladluizen waargenomen na veur- en loofbehandelingen met silicium. Dit resultaat werd vastgesteld in een PVY-gevoelig en een minder gevoelig aardappelras. Een doseringseffect is niet waargenomen. Dit wordt mogelijk verklaard door dat al bij de laagste dosering een maximum aan silicium wat opgenomen wordt door de plant. De resultaten bevestigen het beeld van wat er bekend is over silicium en weerbaarheid van planten tegen bladluizen.



Figuur 1. Gemiddeld aantal bladluizen per plant van beide proefvelden.

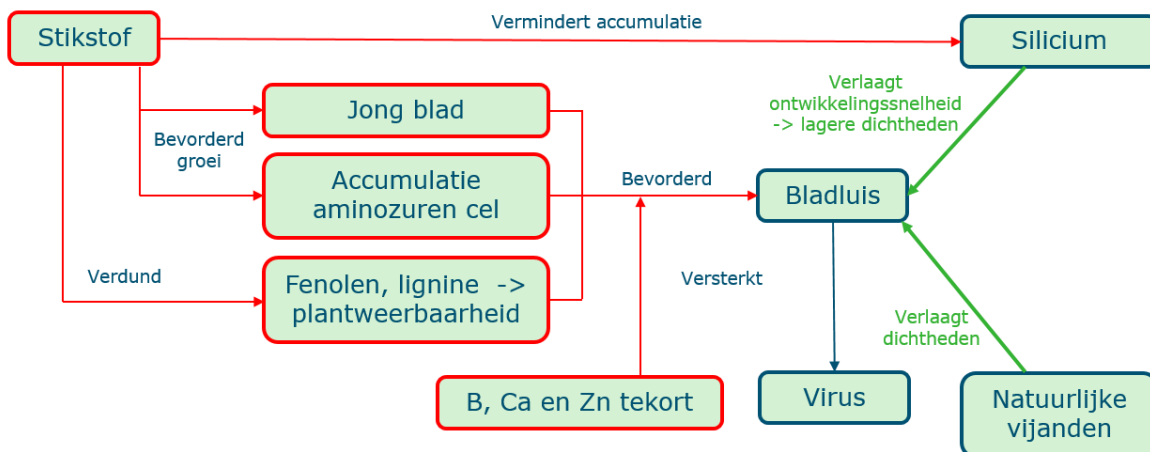
### Effect op PVY

De pootgoedteler bestrijdt bladluizen primair om PVY-verspreiding te voorkomen. Als silicium een effect heeft op bladluizen, heeft dit ook een effect op de snelheid van virusverspreiding. De impact op PVY is niet bekend. In het minder PVY-gevoelige ras werd vlak voor loofddoding geen PVY aangetroffen, in het gevoelige ras wel. De effectiviteit zou dus per ras kunnen verschillen. Vanwege dit perspectief is verder onderzoek gewenst naar optimalisering van de toepassing en implementatie van silicium in IPM systemen.



Figuur 2. Percentage monsters met PVY van beide proefvelden.

Weerbaarheid van aardappelen tegen bladluizen wordt gevormd door een complex aan factoren die op elkaar inspelen. Figuur 3 geeft een simplistisch model weer hoe bladluizen reageren op deze factoren.



Figuur 3. Simplistisch model effecten van Stikstof en Silicium op de weerbaarheid tegen bladluizen.

### Literatuur

Wang, X., Li, W., Yan, J., Wang, Y., Zhang, X., Tan, X. and Chen, J., 2023. Developmental, reproduction, and feeding preferences of the *Sitobion avenae* mediated by soil silicon application. *Plants* 2023, 12, 989. <https://doi.org/10.3390/plants12050989>.

## Bijlage 3: *Factsheet* Stro en tussengewas

*Samenvatting: Beheersing van virus en vector met stro en tussengewas in de teelt van pootaardappelen*  
Toepassen van stro of het tussen de ruggen zaaien van haver heeft geleid tot significant minder gevleugelde groene perzikluizen op de aardappelplanten. Dit is het resultaat van een eenmalige veldproef met een PVY-gevoelig aardappelras, waarbij geen insecticiden en minerale olie zijn toegepast. Toepassing van beide maatregelen leidde tot een verlaging van PVY infectie, maar dit was niet significant. Het onderzoek bevestigt resultaten van buitenlands onderzoek en recente Nederlandse ervaringen in de praktijk. Beide maatregelen bieden perspectief om in een IPM aanpak ingezet te worden.

### *Onderzoeksprogramma*

De PPS Virus & Vectorbeheersing in pootaardappelen is een publiek-private samenwerking tussen het ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (LNV) en een consortium van verschillende partijen uit de pootgoedsector en de agrarische productieketen. De PPS valt onder het topsectorbeleid van de overheid, namelijk onder de Topsector Tuinbouw en Uitgangsmaterialen. Het hoofddoel van dit publiek-private samenwerkingsprogramma is verbetering en verduurzaming van pootgoedmanagement om infecties met PVY te verlagen.

### *Effecten op de groene perzikluis*

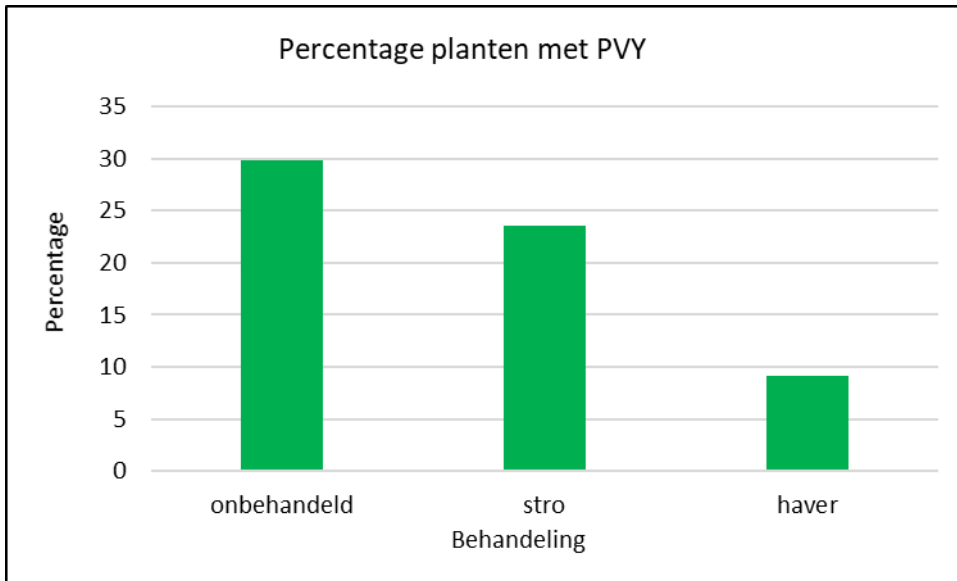
In zowel stro als haver zijn significant lagere aantallen gevleugelde *M. persicae* op de aardappelplanten waargenomen ten opzichte van onbehandeld (tabel 1). Het aantal gevleugelde *M. persicae* ten opzichte van onbehandeld nam af met 64% (stro) en 57% (haver). In beide behandelingen met stro en haver kwamen op dezelfde aardappelplanten (met bladluis) hogere aantallen actieve natuurlijke vijanden + mummies voor (F-prob. 0,073).

Tabel 1. Gemiddeld aantal gevleugelde *M. persicae* en natuurlijke vijanden per behandeling.

	<b>Aantal gefleugelde Myzus persicae per plant</b>	<b>Reductie aantal gefleugelde Myzus persicae t.o.v. onbehandeld</b>	<b>Actieve natuurlijke vijanden + mummies per plant</b>	<b>Toename factor t.o.v. onbehandeld</b>
Onbehandeld	0.077 b		0.0028 a	
Stro	0.028 a	64%	0.0167 ab	x 6
Haver	0.033 a	57%	0.0222 b	x 8
Lsd	0.0311		0.0057	
F-prob.	0.003		0.073	

### *Effecten op infecties met PVY*

Op 1 juli werd in alle bladmonsters 1 monster positief op PVY getest (1.4% van de monsters). Aan het eind van de veldproef op 1 september werden aanmerkelijk meer PVY positieve monsters geteld (20% van de planten positief). Het percentage monsters met PVY positieve planten was zowel bij het stro als de haver lager ten opzichte van de onbehandelde plots, dit was voor beide behandelingen echter niet significant.



*Figuur 1. Percentage aardappelplanten positief getest op PVY.*

Toepassing van stro als bodembedekking en een tussengewas met haver geeft naast positieve effecten op bladluizen ook een meerwaarde als het gaat om organische stof toediening en biodiversiteit. Naast insecten werd ook meer activiteit van ratten en muizen waargenomen. Ook onttrekken de twee toepassingen stikstof aan de bodem, dit leidde in geval van de haver tot een significant lagere opbrengst. De haver stond tot aan de oogst, dit kan geleid hebben tot het lagere (niet significante) percentage PVY ten opzichte van onbehandeld en stro.

## Bijlage 4: *Factsheet* Translocatiesnelheid

*Samenvatting: Hoe snel kan PVY zich verplaatsen in de plant richting de knollen?*

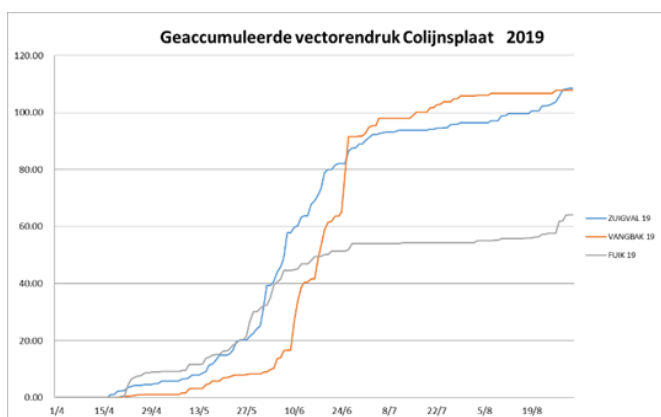
De snelheid waarmee het aardappelvirus Y (PVY) zich na infectie van het blad kan verplaatsen naar de knol is in het verleden vaak gesteld op anderhalve week. In een experiment waarin de locatie van het virus werd gemeten met ELISA was het virus inderdaad na 11 dagen aantoonbaar in de knollen. Echter, het virus is dan al in voldoende mate aanwezig om aan te tonen. Om te bepalen of het virus al eerder in nog niet detecteerbare hoeveelheden naar de knol wordt getransporteerd zijn experimenten opgezet waarbij de stengels van de besmette aardappelplanten op verschillende tijdstippen na besmetting werden doorgesneden. Hieruit bleek dat het virus al in 4 dagen in de ondergrondse delen (wortels, stolonen, knollen) aanwezig is. In een proef waarbij hergroei werd besmet werd vastgesteld dat het virus al na 3 dagen in de knollen aangekomen was.

### *Onderzoeksprogramma*

De PPS Virus & Vectorbeheersing in pootaardappelen is een publiek-private samenwerking tussen het ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (LNV) en een consortium van verschillende partijen uit de pootgoedsector en de agrarische productieketen. De PPS valt onder het topsectorbeleid van de overheid, namelijk onder de Topsector Tuinbouw en Uitgangsmaterialen. Het hoofddoel van dit publiek-private samenwerkingsprogramma is verbetering en verduurzaming van pootgoedmanagement om infecties met PVY te verlagen.

### *Tijdstip van infectie*

Verspreiding van PVY vindt plaats via bladluizen die het virus tijdens proefboringen kunnen opnemen uit een zieke plant en tijdens een volgende proefboring op een gezonde plant weer kunnen afgeven. De virus- en bladluizendruk is vaak aan het begin van het seizoen hoog (voorjaarsvluchten bladluizen en virusbronnen zoals aardappelopslag). Later in het seizoen, ongeveer vanaf de bloei, zijn aardappelplanten minder vatbaar voor infectie met PVY. Dit wordt ouderdomsresistentie genoemd. Ook bladluizen migreren tijdens die periode wat minder. Toch vinden aan het eind van het seizoen ook nog infecties plaats. Een gevaarlijk punt is wanneer het loof is geklapt en er hergroei plaatsvindt. De nieuwe scheuten hebben geen ouderdomsresistentie en zijn net zo vatbaar als jonge planten. Wanneer er op dat moment ook bladluizen vliegen is de kans hoog dat er nog veel virus wordt verspreid.



*Figuur 1: weergave van vectorendruk in Colijnsplaat, 2019, weergegeven voor drie valtypen (hoge zuigval, de gele vangbak en de insectenfuik). De vectordruk wordt bepaald door het aantal gevangen bladluizen van een bepaalde soort te vermenigvuldigen met de REF-waarde van die soort die de efficiëntie van PVY-overdracht weergeeft. De grafieken lopen snel op in het voorjaar (voorjaarsmigratie van de bladluis), maar ook eind augustus is een toename van bladluisvluchten te zien.*

### Snelheid van PVY-translocatie naar de knollen

De translocatiesnelheid werd vastgesteld door planten op het topblad te inoculeren (besmetten) met PVY en op verschillende tijdstippen na inoculatie de stengels van de aardappelplant af te snijden. Dit werd op drie momenten in het groeiseizoen (teelt in een gaastunnel) uitgevoerd: voor de bloei, tijdens de bloei en bij een vergelend gewas. Het afsnijden gebeurde ongeveer 10 cm boven de grond. Na enkele weken werden de ondergrondse delen (wortels, stolonen en wanneer aanwezig ook knollen) getoetst met ELISA.

De ouderdomsresistentie was in dit experiment onder deze groeiomstandigheden heel sterk en planten werden na de bloei niet meer ziek na inoculatie. In de jongere planten werd een translocatiesnelheid van 4 dagen gemeten.

In een ander (kas)experiment werden de stengels van oude planten afgesneden waarna hergroei optrad. De hergroei is daarna binnen een week geïnoculeerd met PVY en opnieuw werden de stengels van de hergroei op verschillende tijdstippen afgesneden. Na enkele weken zijn de al aanwezige knollen getoetst op infectie met PVY. Hieruit bleek dat het virus vanuit de hergroei zich al binnen 3 dagen had verplaatst naar de knollen.

Toets op geoogste knollen:						
Loof verwijderen						
(dagen na inoculatie van de hergroei)		3	4	5	6	7
Ras 1	plant 1	-	+	+	+	+
	plant 2	+	+	+	-	+
Ras 2	plant 1	+	+	+	+	+
	plant 2	+	+	+	+	+

*Figuur 2. Overzicht van toetsresultaten (ELISA) in knollen van planten die op de 1 week oude hergroei waren geïnoculeerd met PVY. De hergroei werd op verschillende tijdstippen (3 tot 7 dagen) na inoculatie afgesneden. De snelste translocatie van virus van blad naar ondergrondse delen was al binnen 3 dagen.*

### Aanbeveling

Hergroei na het klappen van het loof is aantrekkelijk voor bladluizen en zeer vatbaar voor virus. Hergroei dat wordt geïnfecteerd kan het virus nog snel (ong. 3 dagen) doorgeven aan de knollen. Hergroei voorkomen is een belangrijk gereedschap om late infecties in te perken.

## Bijlage 5: *Factsheet* Virusbronnen

### *Samenvatting: Beheersing van virusbronnen in de teelt van pootaardappelen*

Een pootgoedteler kan na de oogst van een partij pootaardappelen onaangenaam verrast worden met extra klasse-verlagingen of een afkeuring in de nacontrole door PVY. In de praktijk worden wilde planten hiervoor wel eens verantwoordelijk gehouden als alle denkbare beheersingsmaatregelen – en dat zijn er veel – voor en tijdens het teeltseizoen genomen zijn. Ook in onderzoek zijn wilde planten met PVY aangetroffen, maar niet in de teeltperiode van pootgoed. De aanwezigheid van PVY in wilde planten is vlak voor en tijdens de teelt onderzocht in drie seizoenen rondom percelen met PVY problemen in het voorgaande jaar en rondom percelen met pootaardappelen waarin tijdens de teelt PVY planten zijn waargenomen. In bladmonsters afkomstig van 6000 planten is echter geen PVY aangetroffen. Dit betrof zowel éénjarige planten als meerjarige planten, waaronder gewone berenklauw, grote brandnetel, fluitenkruid, paardenbloem, paarse dovenetel en smalle weegbree. Ook in 14 mengmonsters van ca. 200 bitterzoetplanten rondom een aardappelteeltgebied werd in het najaar geen PVY aangetoond. Dit onderzoek geeft aan dat de aandacht voor virusbronnen vooral uit moet gaan naar de aardappelteelt zelf (consumptie-, zetmeel- en pootgoedaardappelen) en het voorkomen van aardappelopslag.

### *Onderzoeksprogramma*

De PPS Virus & Vectorbeheersing in pootaardappelen is een publiek-private samenwerking tussen het ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (LNV) en een consortium van verschillende partijen uit de pootgoedsector en de agrarische productieketen. De PPS valt onder het topsectorbeleid van de overheid, namelijk onder de Topsector Tuinbouw en Uitgangsmaterialen. Het hoofddoel van dit publiek-private samenwerkingsprogramma is verbetering en verduurzaming van pootgoedmanagement om infecties met PVY te verlagen.

### *Beperk aardappelopslag*

Aardappelopslag is vaak vroeg aanwezig, voor de opkomst van de gepote aardappelen. In combinatie met vroege bladluisvluchten zijn deze planten een belangrijke virusbron. Maar ook tijdens de teeltperiode van de pootaardappelen wordt nog volop aardappelopslag waargenomen. Wettelijk mag vanaf 1 juli gemiddeld niet meer dan twee aardappelopslagplanten per m<sup>2</sup> op het veld of een deel daarvan staan en de opslag op minimaal 0,3 ha voorkomt. Diegene die een terrein of perceel in gebruik heeft neemt bestrijdingsmaatregelen tegen deze opslag. Voor goed agrarisch management in de praktijk zijn dit echter te ruime normen, aangezien aardappelopslag een vroege bron voor PVY-verspreiding kan zijn.



*Figuur 1: Aardappelopslag kan al vroeg in het voorjaar aanwezig zijn en als virusbron fungeren.*

### Aardappelen voor andere productiedoeleinden

Ook kan rekening gehouden worden met de afstand tussen percelen pootaardappelen en aardappelpercelen voor andere productiedoeleinden. Als binnen een afstand van 25 meter van een te keuren perceel een perceel aardappelen ligt dat besmettingsgevaar voor virusziekten oplevert, wordt het gehele te keuren perceel, of een strook van minimaal 10 meter breed, in klasse verlaagd of afgekeurd. Gevleugelde bladluizen kunnen vrij grote afstanden overbruggen (afhankelijk van bijv. de wind). Bladluizen raken opgenomen PVY op den duur wel kwijt, maar dat is zeker niet al na 1 x proefboren. Zo kunnen bladluizen het virus ook over langere afstanden dan 25 meter verspreiden. Ook hier zou op basis van goed agrarisch praktijkmanagement gekozen kunnen worden voor langere afstanden tussen pootgoed en andere percelen, of kiezen voor sec pootgoed bij elkaar waar alle aardappelpercelen een optimaal bladluis / PVY beheersingsstrategie krijgen.

### Aandachtspunten virusbronnen

- Aardappelopslag minimaliseren begint bij het poten en aanaarden, een goede afstelling tijdens het poten zorgt voor betere oogstomstandigheden, waaronder pootdiepte en centrale ligging van de moederknol;
- Zorg voor een schone oogst door een correcte afstelling van de rooimachine;
- Er bestaan rooimachines met aardappelkneuzers, dit voorkomt of beperkt aardappelopslag;
- Bestrijdt aardappelopslag voor, tijdens en na de teelt van aardappelen;
- Houdt afstand tussen percelen pootgoed en aardappelpercelen voor andere productiedoeleinden, waar bijvoorbeeld niet meer gelet wordt op bladluisontwikkeling en PVY. Dit soort percelen vormen een belangrijke virusbron;
- Inundatie als bestrijdingsmaatregel tegen plantparasitaire nematoden neemt de laatste jaren toe op percelen waar deze toepassing in de praktijk kan worden toegepast. Er zijn telers die deze maatregel ook met het oog op bestrijding van aardappelopslag toepassen.

Tabel 1: Overzicht van PVY-toetsingen in bladmonsters uit aardappelpercelen, aardappelopslag en wilde planten

Aardappelpercelen geanalyseerd op PVY-inoculum	Aantal planten	Aantal monsters	Aantal monsters PVY positief	% monsters PVY positief
Consumptie, 2 juni	480	96	1	1
Consumptie, 3 juni	480	96	4	4
Consumptie, 4 juni	300	30	4	13
Consumptie, 1 juli	360	72	1	1
Pootaardappel, 4 juni	800	80	0	0
Aardappelopslag 2 juli (voorvrucht PVY infectie)	10	1	1	100
Aardappelopslag, eind april/begin mei	190	19	0	0
Aardappelopslag, 4 juni	100	10	1	10
<b>Wilde planten rondom aardappelpercelen (april - 2 juli)</b>	<b>6000</b>	<b>600</b>	<b>0</b>	<b>0</b>



# Bijlage 6: Vangstgegevens bladluizen 2019-2021 (NAK)

Resultaten Totaal		Totaal aantal bladluizen 2019								
		Kollumerwaard			Tollebeek			Colijnsplaat		
Naam Bladluis	afk.	Zuigval	Vangbak	Fuik	Zuigval	Vangbak	Fuik	Zuigval	Vangbak	Fuik
Myzus persicae	M.p.	10	4	11	18	39	32	28	51	22
Myzus certus	M.c.							1		
Myzus ascolonicus	M.a.	6	2	4	20	3	8	39	3	4
Phorodon humili	P.h.	52	1	6	65	2	7	93	7	8
Macrosiphum euphorbiae	M.e.	5		2	6	2		2	8	2
Aphis fabae	A.f.	37	46	116	88	208	344	200	437	326
Aphis nasturtii	A.n.							5	5	1
Acyrtosiphon pisum	A.p.	12	3	24	32	14	15	46	9	21
Rhopalosiphum insertum/padi	Ri/Rp	129		30	157	7	53	175	23	76
Metopolophium dirhodum	M.d.	65	11	72	55	24	20	385	103	69
Brachycaudus helichrysi	B.h.	39	9	15	116	24	88	59	30	29
Aphis frangulae	A. fran.	2	2	1	2	5	2		10	
Brevicoryne brassicae	B.b.	3		1	3	3		8	9	9
Brachycaudus spp	B.spp.	4	2	3	5			13	9	
Aulacorthum solani	A.s.	3		1	10	35	1	3		1
Andere luizen		1372	187	1642	2047	375	1730	1637	698	1314
<b>Totaal</b>		<b>1739</b>	<b>267</b>	<b>1928</b>	<b>2624</b>	<b>741</b>	<b>2300</b>	<b>2694</b>	<b>1402</b>	<b>1882</b>

<b>Geaccumuleerde vectorendruk</b>	44.15	10.37	29.94	66.83	65.19	74.61	108.58	107.88	64.23
------------------------------------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	--------	--------	-------

Resultaten Totaal		Totaal aantal bladluizen 2020								
		Kollumerwaard			Tollebeek			Colijnsplaat		
Naam Bladluis	afk.	Zuigval	Vangbak	Fuik	Zuigval	Vangbak	Fuik	Zuigval	Vangbak	Fuik
Myzus persicae	M.p.	16	32	45	60	199	22	112	317	218
Myzus certus	M.c.		1	1		2		4		2
Myzus ascolonicus	M.a.	45		13	184	13	28	67	6	15
Phorodon humili	P.h.	13		6	38	7	3	64	3	8
Macrosiphum euphorbiae	M.e.	6	12	1	8	6	3	27	5	26
Aphis fabae	A.f.	6	6	41	28	33	3	54	77	166
Aphis nasturtii	A.n.				1					1
Acyrtosiphon pisum	A.p.	7	4	40	9	5	4	50	23	165
Rhopalosiphum insertum/padi	Ri/Rp	65	8	38	178	14	29	209	31	198
Metopolophium dirhodum	M.d.	20	3	12	27	7	12	63	16	75
Brachycaudus helichrysi	B.h.	66	24	48	47	17	14	106	25	100
Aphis frangulae	A. fran.	2	4		3	13	2	5	10	4
Brevicoryne brassicae	B.b.	1		9	32	12	4	25	20	41
Brachycaudus spp	B.spp.	12	1	16	7	3		6	9	10
Aulacorthum solani	A.s.	9	19	218	42	17	26	48	22	205
Andere luizen		2202	547	4132	3275	922	2551	3165	1359	9023
<b>Totaal</b>		<b>2470</b>	<b>661</b>	<b>4620</b>	<b>3939</b>	<b>1270</b>	<b>2701</b>	<b>4005</b>	<b>1923</b>	<b>10257</b>

<b>Geaccumuleerde vectordruk 2020</b>	27.36	36.42	60.86	91.02	214.17	26.55	166.58	334.02	269.05
---------------------------------------	-------	-------	-------	-------	--------	-------	--------	--------	--------

Resultaten Totaal		Totaal aantal bladluizen 2021								
		Kollumerwaard			Tollebeek			Colijnsplaat		
Naam Bladluis	afk.	Zuigval	Vangbak	Fuik	Zuigval	Vangbak	Fuik	Zuigval	Vangbak	Fuik
Myzus persicae	M.p.			4	11	9	3		14	22
Myzus certus	M.c.				1					
Myzus ascolonicus	M.a.				5					
Phorodon humilii	P.h.				4		1		2	2
Macrosiphum euphorbiae	M.e.									3
Aphis fabae	A.f.		7	3	8	8	5		15	10
Aphis nasturtii	A.n.									
Acyrtosiphon pisum	A.p.			12	4	4			8	19
Rhopalosiphum insertum/padi	Ri/Rp		6	45	1198	19	74		33	77
Metopolophium dirhodum	M.d.		5	11	29	6	1		10	12
Brachycaudus helichrysi	B.h.		2		7		3		2	1
Aphis frangulae	A. fran.		1			5	1		19	
Brevicoryne brassicae	B.b.									
Brachycaudus spp	B.spp.		1	1	1				8	2
Aulacorthum solani	A.s.				2		3		4	1
Andere luizen			91	413	1037	172	503		545	2327
<b>Totaal</b>			113	489	2307	223	594		660	2476

<b>Geaccumuleerde vectorendruk</b>		1.35	6.96	51.37	12.83	6.64		25.95	28.28
------------------------------------	--	------	------	-------	-------	------	--	-------	-------



---

Correspondentie adres voor dit rapport:

Postbus 16

6700 AA Wageningen

T 0317 48 07 00

[wur.nl/plant-research](http://wur.nl/plant-research)

Rapport WPR- TU18049



---

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

---