

2022

Afstudeerwerkstuk AAFW



Auteur: Bas Amsing

Datum: 10-08-2022

Plaats: Lelystad

Afstudeerdocent: dhr. P. Haak

Effectieve bestrijding van bladluizen in de poot aardappelteelt

Scriptie over de effectiviteit van het mulchen met stro in de poot aardappelteelt om besmettingen met het PVY-virus door bladluizen te voorkomen.

In opdracht van Wageningen Plant Research

Open Teelten Lelystad



Auteur: Bas Amsing

Opleiding: Tuin-Akkerbouw Agrarisch ondernemerschap

Afstudeerdocent: dhr. P. Haak

Plaats en datum: Westernieland, 10 augustus 2022

Voorwoord

Op het moment van schrijven zit ik, Bas Amsing, me in het vierde leerjaar van de opleiding Tuin-akkerbouw agrarische ondernemerschap aan de Aeres Hogeschool in Dronten. Een student dient in zijn of haar vierde en tevens laatste leerjaar een scriptie te schrijven, ook wel het afstudeerwerkstuk genoemd. Het onderwerp van deze scriptie betreft of pootaardappel telers bladluizen uit hun perceel kunnen weren door het verminderen van het visuele contrast tussen de plant en grond.

Van jongs af aan ben ik al betrokken bij de agrarische sector, mede doordat ik ben opgegroeid op een akkerbouwbedrijf. Op dit akkerbouwbedrijf proberen wij hoogwaardig pootgoed te telen. Dit kan enkel door het PVY-virus in de hand te houden, vandaar dat dit onderwerp mijn interesse trok.

Deze scriptie wordt geschreven binnen de PPS Virus- en vectorbeheersing van Wageningen Plant Research, afdeling open teelten. Hierin wordt onderzoek gedaan naar toekomst bestendige bestrijdingswijze van bladluizen, welke het PVY-virus overbrengen. Binnen deze PPS heeft dhr. K. van Rozen mij uitstekend begeleid en de handvatten gegeven om deze scriptie in goed banen te leiden. Hiervoor wil dhr. Van Rozen erg bedanken. Daarnaast wil ik mijn begeleidend afstudeerdocent van uit de Aeres Hogeschool Dronten, dhr. P. Haak, willen bedanken voor de feedback en ondersteuning gedurende dit onderzoek. Tevens een groot dank naar alle andere betrokken partijen binnen de PPS Virus- en vectorbeheersing die dit onderzoek tot een succes hebben weten te maken.

Veel leesplezier,

Bas Amsing,

Westernieland, augustus 2022

DISCLAIMER

Dit rapport is gemaakt door een student van Aeres Hogeschool als onderdeel van zijn/haar opleiding. Het is géén officiële publicatie van Aeres Hogeschool. Dit rapport geeft niet de visie of mening van Aeres Hogeschool weer. Aeres Hogeschool aanvaardt geen enkele aansprakelijkheid voor enige schade voortvloeiend uit het gebruik van de inhoud van dit rapport. Afbeelding voorpagina (Bladluizen op aardappel, 2005). Afbeelding titelblad: foto perceel pootaardappelen in bloei (Amsing, B.G.P. 2020, 6 Juli)

Inhoud

Inhoud	7
Samenvatting.....	8
Summary	9
Hoofdstuk 1. Inleiding	10
1.1. Breder kader	10
1.2. Theoretisch kader.....	12
1.3. Hoofd & deelvragen	18
1.4. Doelgroep & doelstelling.....	18
Hoofdstuk 2 Aanpak	19
2.1. Materiaal	19
2.2. Methode.....	19
Hoofdstuk 3. Resultaten.....	23
Deelvraag 1.....	23
Deelvraag 2.....	26
Deelvraag 3.....	29
Hoofdstuk 4. Discussie.....	31
Deelvraag 1.....	31
Deelvraag 2.....	31
Deelvraag 3.....	32
Hoofdstuk 5. Conclusie & aanbevelingen.....	33
5.1 Conclusie	33
Deelvraag 1.....	33
Deelvraag 2.....	33
Deelvraag 3.....	34
Hoofdvraag.....	34
5.2 Aanbevelingen.....	34
Literatuurlijst	35
Bijlage 1 EPPO 1/152	37
Bijlage 2 Statistische analyse.....	39

Samenvatting

Dit afstudeerwerkstuk is geschreven binnen de PPS Virus- en vectorbeheersing van Wageningen Plant Research (PPO) te Lelystad. Binnen deze PPS worden allerlei methodes onderzocht over hoe pootaardappeltelers in de toekomst hun pootaardappelen virus vrij kunnen houden. Door de snel veranderende regelgeving, heersen er veel vragen bij pootgoedtelers in Nederland. Kunnen ze over een paar jaar nog wel kwalitatief goede pootaardappelen afleveren aan hun afnemers, nu er veel effectieve gewasbescherming verdwijnt. Om deze reden is mede door partners vanuit de sector in samenwerking met de WUR deze PPS opgericht. In samen sprak met de mensen van de PPO is er toen de volgende hoofdvraag naar buiten gekomen:

Kunnen pootaardappeltelers hun pootgoed beschermen tegen het PVY-virus door het creëren van een verminderd visueel contrast voor bladluizen?

Er zijn veel buitenlandse onderzoeken welke beweren dat het mogelijk is om groene perzikbladluizen uit pootaardappelen te weren door het creëren van een verminderd visueel contrast. Op basis van deze onderzoeken is dit onderzoek opgebouwd. Het antwoord op dit vraagstuk zou duidelijkheid moeten scheppen voor de Nederlandse pootaardappeltelers, werkt het of werkt het niet? En zo ja, hoe passen telers het binnen de huidige bedrijfsvoeringen toe? Op basis van deze vragen zijn er een drietal deelvragen opgesteld, welke tezamen de genoemde hoofdvraag beantwoorden. Er is begonnen met literatuur onderzoek, vervolgens contact met telers en betrokken partijen. Er ook een onderzoek uitgevoerd in het veld naar de toepassing, om de werking te testen. Met de resultaten die hieruit zijn gekomen was het mogelijk om de deelvragen te beantwoorden.

Hieruit bleek dat luizen door het toedekken met stro de aardappelplanten niet meer kunnen herkennen. Waardoor ze door vliegen, en dus PVY besmettingen voorkomen kunnen worden. Verder dat de maatregel nog in de kinderschoenen staat en er op het gebied van praktische toepasbaarheid nog niet veel bekend is, alleen dat het op kleine schaal goed mogelijk is momenteel. Het belangrijkste resultaat dat behaald is, is dat een toepassing met stro leidt tot een reductie van 66,7% van de bladluispopulatie in het aardappelgewas, een ontwikkeling die kan leiden tot minder PVY besmettingen.

Een aanbeveling is om bij interesse in deze maatregel, het kleinschalig op te pakken, om zo goed met de methode te leren werken als teler.

Summary

This thesis is written in collaboration with the Wageningen Plant Research (PPO) organisation, as part of the PPS Virus and vector control. This PPS investigates all kinds of methods who possibly can reduce PVY-viruses in Dutch seed potato crops. So Dutch seed potato growers continually can produce high value seed potatoes, not only for now but especially for the future. Because there are a lot of uncertainty these days for Dutch seed potato growers. Mainly because ever- changing laws and regulations. Because of this the PPS was invented. After a dialogue with the co-workers of PPO the main question which was drawn from this was:

Is it possible for seed potato growers to protect their seed potatoes against viruses, by creating a visual contrast for aphids?

There are a lot of foreign studies who claim that it is possible to reduce PVY infections by creating a visual contrast for aphids. This thesis is based on those studies. The main purpose of this study is, to clear the air for Dutch seed potato growers. Does adding straw to your seed potato crop after planting really affect PVY infections? When the answer to this question is yes, how can farmers practically implement this way of virus prevention in their operations. Based on these uncertainties we came up with three sub-questions. The answers to these questions should eventually answer the main question. To answer these sub-questions there was a lot of literature review, contact with growers who already applied this method and there was a big field investigation.

The results were as follows. By adding straw, the aphids are having a way more harder time finding the potato plants, which can lead to a lower virus infection in the seed potato crop. However the concept of this idea is just in its beginning stage. This means that seed potato growers can try this method, but not on a large scale. The main result of this study was the 66,7% reduce of aphids in the potato crop where straw was added.

A recommendation for seed potato growers who want to try this method, start small, because you need to learn how to work with this method in your operation, and how it affects other part of your seed potato crop.

Hoofdstuk 1. Inleiding

In de inleiding van dit onderzoeksverslag zal door middel van het breder- en theoretische kader het onderwerp, welke onderzocht wordt binnen dit onderzoek, geïntroduceerd worden. Deze zullen vervolgens doorvloeien in de geformuleerde hoofd- en deelvragen. Afsluitend wordt de doelstelling van het onderzoek weergegeven.

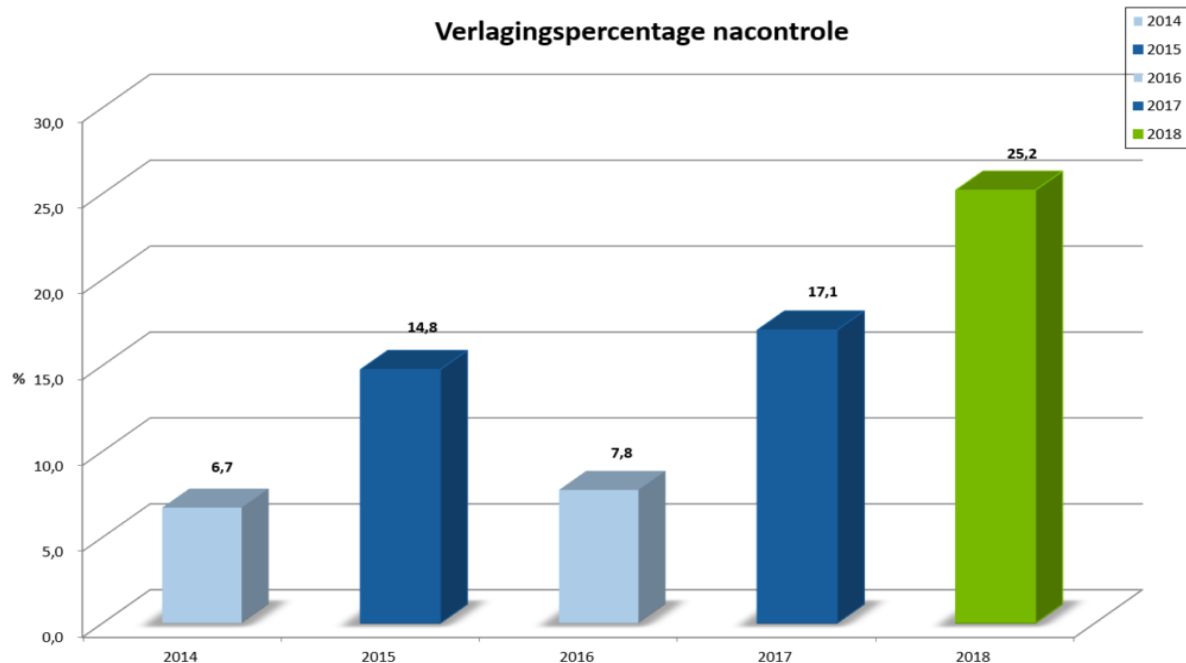
1.1. Breder kader

Binnen het breder kader wordt de actualiteit van het probleem aan de kaart gesteld, welke ontwikkelingen spelen er op dit gebied en waarom het onderwerp relevant is vandaag de dag.

Aanleiding & ontwikkelingen

Na het teeltseizoen 2017 zijn klasse verlagen in de pootgoedteelt, door besmettingen met het PVY-virus, erg gestegen. Waar het verlagingspercentage in 2018 al op liep naar 20,6%, steeg deze in 2019 door naar een percentage van 29,3% (Meijering. 2021). Deze ontwikkeling baart Nederlandse pootgoedtelers zorgen. Welke methodes dienen telers te hanteren om verlagen en afkeuringen te voorkomen?

Een declassering of in het ergste geval een afkeuring, zorgt voor een lagere financiële opbrengst. Deze ontwikkeling raakt niet enkel de individuele teler zelf, maar de gehele pootgoed sector. De Nederlandse pootgoed sector bezit het merendeel van de wereldwijd export van pootaardappelen, ongeveer 60%. Met een jaarlijkse exportvolume van 800.000 ton naar zeventig verschillende landen (Graafstra. 2020), is het als marktleider belangrijk de huidige positie te behouden. Hoge percentages deklasseringen en afkeuringen dragen uit financieel oogpunt ook niet bij aan de reputatie van de Nederlandse pootaardappel (Graafstra. 2020).



Figuur 1: verlagingspercentage nacontrole (Akkerwijzer, & Wiepkema, F. 2018)

Zo geven teeltadviseurs aan dat pootgoedtelers het spoor kwijt zijn, en de grip op het PVY-virus verloren zijn (Smit. 2021). Met name de nacontrole hakt er de laatste jaren stevig in. De sterke toename van het verlagingspercentage is weergegeven in figuur 1. Hierin is goed te zien dat sinds 2016 een sterke toename is van het aantal deklasseringen. De oorzaak van het toenemende percentage kan verschillende oorzaken hebben. Zo zijn luizenvluchten de laatste jaren steeds vroeger opgang gekomen. Dit kan te maken hebben met de mildere winters van de afgelopen jaren. Hierdoor neemt in verhouding de lengte van het groeiseizoen toe, waardoor bladluizen een extra cyclus krijgen om zich te ontwikkelen. Ook zijn de zomers steeds droger aan het worden, waardoor de zichtbaarheid van het virus minder wordt. Tevens is de selectie capaciteit bij veel pootgoedtelers niet voldoende (Wiepkema. 2018). Het aantal aanvragen bij de NAK, welke pootaardappel selectie cursussen geeft, steeg daarom het laatste jaar explosief. "Andere jaren hadden we meestal zo'n 70 mensen bij de cursussen, nu meer dan 100. Er staan zelfs nog mensen op de wachtlijst, zegt Ad Fioole" (Wiepkema. 2020).

Maar zijn de selecteurs die vandaag de dag door de pootaardappel percelen speuren naar virus planten nog goed genoeg? Zo zou het selecteren van de pootaardappel slechts 0-20% bijdragen aan het voorkomen van de verspreiding van het PVY-virus. Om de selectie zo effectief mogelijk uit te kunnen voeren, is selectie vroeger in het groeiseizoen een vereiste (Dupuis. 2017). Echter laten lang niet alle rassen welke vandaag de dag geteeld worden door de Nederlandse telers het PVY-virus in een vroeg stadium zien. En zijn sommige virus varianten vandaag de dag helemaal niet meer voor het menselijk oog detecteerbaar. Zo meldt Jan Eggo Hommes van de NAK dat enkel 60 tot 70 procent van de virus planten in het perceel zichtbaar zijn (Wiepkema. 2019). Maar daar blijft het volgens Martin Verbeek, plantviroloog aan de Wageningen Universiteit, niet bij. Verbeek gaaf aan dat er tot 1985 enkel eenvoudige standaard varianten van het Y-virus in aardappelen voor kwamen, maar dat dit na 1985 snel veranderde. Het virus begon zich te muteren, waaronder andere de Wilga variant door ontstond. Veel van deze varianten laten verschillende symptomen zien bij verschillende rassen. Dit maakt de selectie niet alleen een stuk moeilijker, maar volgens Verbeek bijna onmogelijk (Wiepkema. 2019).

Ontwikkelingen als het bouwen van een robot die de virus planten detecteert kan de sector wellicht wat lucht geven. Zo zijn verschillende onderzoeksinstituten gezamenlijk opzoek naar de toepasbaarheid van een degelijke robot, dit naar aanleiding van successen in de tulpenbollen. Het idee berust op de volgende gedacht: wanneer het menselijk oog variatie in het blad kan zien, het virus, moet een camera of kunstmatige intelligentie dat ook kunnen, hoogstwaarschijnlijk beter (Tholhuijsen. 2022). Een degelijke machine zou instaat moeten zijn virussen op te sporen, welke (nog) niet zichtbaar zijn voor het menselijke oog. Hierdoor zouden eventuele (vroeg) besmettingen voorkomen kunnen worden.

Dergelijk ontwikkelingen laten zien dat het onderwerp zeer actueel is in de pootaardappelsector en dat het bij veel bedrijven binnen deze sector momenteel prioriteit nummer één is. Niet alleen bij de telers maar zo ook bij handelshuizen en onderzoeksinstellingen. Want mocht het PVY-virus de aardappelwereld in zijn macht krijgen, dan zou dit in de toekomst voor voedselproblemen kunnen zorgen. Doordat het PVY-virus in na teelten voor een ernstige opbrengst vermindering kan zorgen (Dupuis. 2017)

1.2. Theoretisch kader

In het theoretische kader wordt beschreven wat er in de literatuur reeds bekend is over het onderwerp. Hierin worden verschillende teelt maatregelen beschreven en de werking van het PVY-virus met de bijhorende overdragers.

PVY-virus

Het PVY-virus is een virus van de Potyviridae familie, en tevens de meest belangrijke virus binnen de aardappelteelt wereldwijd. Het PVY-virus bestaat uit drie varianten, PVY^O, PVY^C en PVY^N. PVY^O en PVY^C zorgen voor vlekkerige bladeren, daarnaast treedt er necrose op van het blad en kan het voor dwerggroei zorgen. De vorm PVY^N heeft vergelijkbare symptomen. Zowel de primaire als de secundaire variant van het virus laat mozaïek achtige vlekjes op het loof van de aardappelplant zien, in de volksmond ook wel bont genoemd. Een andere vorm van PVY^N, PVY^{NTN} kan naast blad verkleuring ook zorgen voor necrose van de gevormde knollen, deze knollen zullen gedurende het bewaarproces gaan rotten. Vormen van PVY kunnen zorgen voor een opbrengstdaling van 10 tot 80%. (Loebenstein et al., 2001). De secundaire virusplanten hebben over het algemeen een verminderde loofontwikkeling, een verminderde loofproductie resulteert immers direct in een mindering van de productie. De mate van opbrengst derving is daarnaast sterk afhankelijk van het aantal secundaire virusplanten binnen het perceel. Bij het PVY-virus zijn bladluizen verreweg de grootste boosdoener als het om verspreiding van het virus gaat (Schepers et al., 1980).

De bladluis

De verspreider van het virus is de bladluis. De bladluis komt voor in alle soorten en maten, echter de meest beruchte is de groene perzik bladluis (*Myzus persicae*). Deze bladluis kenmerkt zich door de zuigende monddelen. Bladluizen kunnen persistente en niet-persistente virussen overbrengen. Persistente virussen worden door de bladluis uit de zeevaten van de waardplant gezogen met de zuigende monddelen. Eenmaal opgenomen door de bladluis dient het virus een gehele circulatie (24 uur) door het lichaam van de bladluis te doorlopen voor deze overgedragen kan worden aan een andere waardplant. Binnen de aardappelvirussen betreft dit alleen het bladrol-virus. Onder de niet-persistente virussen valt het PVY-virus. Niet-persistente virussen worden door bladluizen uit de buitenste cellagen van de waardplant gehaald. Anders dan persistente virussen circuleren niet-persistente virussen niet rond in het lichaam van de bladluis. Het virus blijft aan de zuigende monddelen van de bladluis hangen. Dit betekent dat wanneer een bladluis in een met het PVY-virus geïnfecteerde plant prikt, deze direct besmettelijk is. Dit beperkt zich tot enkele prikken in gezonde planten waarna alle virusdeeltjes zijn afgegeven (Schepers et al., 1980).

Bladluizen verlaten in het voorjaar hun winter waardplant (Allema et al., 2020). De start van de eerste vlucht is afhankelijk van de temperatuur. De temperatuur is per bladluizen soort sterk afhankelijk maar ligt tussen de 10 en 20 graden Celsius. Van de winterwaardplant vliegen de bladluizen, soms enkele kilometers lang, naar hun secundaire waardplant. Hier landen de bladluizen vaak op jonge planten, door middel van visueel contrast tussen de bodem en de planten, dit contrast is in het begin van het groeiseizoen het hoogst (Graafstra. 2020). Daarnaast warmt de aarde jaarlijks op (De Coninck. 2021). Hierdoor worden luizen eerder actief en starten de voorplanting en luizenvluchten eerder (Graafstra. 2020)

Chemische bestrijding

Telers gebruiken verschillende chemische manieren om bladluizen te weren of te doden in het perceel of daar buiten. De meest voorname toepassingen in kopje uitgewerkt.

Olie-H

De werking van olie-H toepassing in de pootgoedteelt berust op het volgende principe. Wanneer een luis met de zuigende monddelen in een met olie behandelde aardappelplant prikt, wordt de stilet (zuigende monddeel) omgeven door een dunlaagje olie. Hierdoor is het voor de luis niet mogelijk het eventuele virus dat het bij zich draagt af te geven aan een gezonde aardappelplant, en vindt er dus geen besmetting plaats (Dupuis. 2017). Het gebruik van minerale olie zou volgens onderzoek leiden tot een vermindering 39% van het aantal PVY besmettingen (Steinger et al., 2014). Olie-H is volgens Nederlandse teelt adviseurs de basis voor een virus vrije pootgoed teelt (Smit, F. 2021). Hierbij adviseert producent Certis Europe B.V een wekelijkse toepassing 6,25 liter per hectare. Daarnaast blijkt uit onderzoek dat een verhoogde interval de werking van de toepassing van minerale olie ten goede komt (Dupuis. 2017). Een verhoogde inval van een naar twee tot drie keer per week zou positief effect hebben op het aantal besmettingen met PVY (Dupuis. 2017). Daarbij komt dat een sterke loofgroei in het begin van het groeiseizoen zorgt voor een slechtere bedekking met minerale olie en neemt de effectiviteit toe naar mate het groeiseizoen vordert (Dupuis. 2017). Tevens geeft de producent (Certis) van de in Nederland meeste gebruikt minerale olie, Olie-H, aan dat een toepassing met minerale olie voor opbrengst derving kan zorgen.

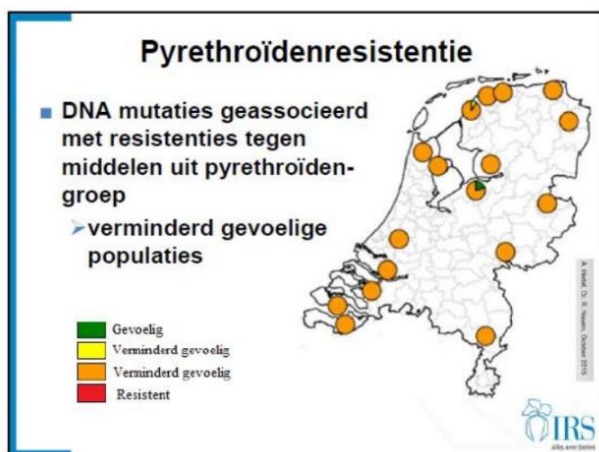
Luizendoders

Luizendoders zijn grotendeels onder te verdelen in drie groepen, de neonicotinoïden, pyridinecarboxamides en sulfoximines. Het verschil tussen luizendoders en pyrethroïden is dat de luizendoder de luis daadwerkelijk doodt. Neonicotinoïden en sulfoximines binden zich aan een receptor van het zenuwstelsel van de bladluis. Door zich hier aan te binden stop de overdracht van zenuwimpulsen. Door de stop van de zenuwimpulsen stopt de bladluis met vreten en gaat deze dood. Werkzame stoffen uit de pyridinecarboxamides groep hebben een lichtelijk andere werking. Een half uur na het opnemen van deze stof stop de bladluis met vreten doordat de stylet geblokkeerd wordt, de luis sterft vervolgens aan verhongering (Graafstra. 2020).

Door jaren lang intensief gebruik van deze insecticiden zijn bladluizen deels resistent geworden voor bepaalde werkzame stoffen. Zo bleek uit een onderzoek in 2004 in het Verenigd Koninkrijk, dat 60% van de onderzochte populatie, verschijnselen had van resistentie tegen carboxylesterases (Dupuis. 2017). Momenteel zijn er in bladluis onderzoeken in de Benelux nog geen resistenties gevonden tegen neonicotinoïden. Echter bleek uit onderzoek in Zuid-Frankrijk en Noord-Spanje dat er onder de onderzochte populatie een resistentie niveau van 76% was voor de neonicotinoïde thiamethoxam (Dupuis, B. 2017).

Pyrethroïden

De werking van Pyrethroïden berust op een andere principe dan de luizendoders en de minerale olie. Pyrethroïden werken op het zenuwstelsel van de bladluis. De zenuwimpuls activiteit neemt sterk toe bij inname, hierdoor raakt de bladluis verlamt en is deze niet meer in staat het PVY-virus over te brengen (Vijverberg. 1987). Echter werkt dit principe niet alleen op de bladluis, maar op alle insecten in het gebied waar de pyrethroïde is toegepast. Hierdoor worden ook de nuttige natuurlijke vijanden verlamt. De laatste jaren is er een grote bezorgdheid over de huidige effectiviteit van pyrethroïden. Uit een onderzoek in 2015 onder een populatie groene perzik bladluizen in Canada bleek, dat 76% van de bladluizen resistent was tegen pyrethroïden. Uit dit zelfde onderzoek kwam een jaar later in 2016 een percentage van 96% resistente bladluizen (MacKenzie et al., 2018). Deze resistenties zijn ontstaan door mutaties, de resistentie voor pyrethroïden wordt ook wel Kdr/sKdr genoemd.



Figuur 2: Pyrethroïdenresistentie (Hertel et al., 2015)

Voorts presenteerde de organisatie Delphy op de nationale pootaardappel dag in Emmeloord een onderzoek van de IRS over resistentie tegen pyrethroïden onder de bladluis populaties in Nederland, zichtbaar in figuur 2. Hierbij is te zien dat het overgrote deel van de Nederlandse populatie verminderd gevoelig is voor toepassingen met pyrethroïden (Hertel et al., 2015).

Natuurlijke vijanden

De werking van de bestrijding van bladluizen door middel van natuurlijke vijanden berust op het principe dat er predatie plaatsvindt door de natuurlijke vijand op de bladluis. Er zijn tal van natuurlijke vijanden welke gedurende het groeiseizoen bijdragen aan de bestrijding van bladluizen. Onder andere de larven van de zweef- en gaasvlieg, en daarnaast de larven en de volgroeide lieveheersbeestjes (Allema et al., 2020). De natuurlijke vijanden niet vanzelf in grote getallen naar de benodigde plekken, deze plekken dienen aan een aantal voorwaarden te voldoen om de natuurlijke vijand gedurende een langere tijd te willen behouden. De voorwaarden hebben allemaal te maken met biodiversiteit. Een verhoogde biodiversiteit met veel bloeiende planten trekt/behoudt meer natuurlijke vijanden (Allema et al., 2020).

Manieren die worden aangedragen om natuurlijke vijanden te stimuleren, zijn onder andere FAB-randen (Functionele AgroBiodiversiteit). Hierin worden bepaalde planten gezaaid die natuurlijke vijanden aantrekken. Uit een metastudie bleek dat succesvolle akkerranden tot 16% van een plaag kon bestrijden (Graafstra, S. 2020). Tevens zijn deze FAB-randen effectief tot een diepte van zeventig meter in het perceel (Allema et al., 2020).

Bladluizen scheiden bij een aanval van een natuurlijke vijanden een bepaald feromoon af genaamd (E)- β -farnesene (EBF). Dit feromoon waarschuwt andere luizen. Er zijn onderzoeken waarin naar voren komt dat kamille dit feromoon zou uitscheiden. Dit zou een positieve ontwikkeling hebben op het aantrekken van lieveheersbeestjes (Graafstra, 2020). Een dergelijke toepassing wordt echter nog niet door de gehele sector gedragen. Het is namelijk nog niet aangetoond dat door middel van natuurlijke vijanden de schade onder de schadedrempel kan blijven.

Mulchen met stro

Mulchen met stro betekent het toe dekken van de bodem met stro. Er wordt tussen de aardappelruggen stro geplaatst. De werking van deze maatregel berust op het volgende principe. Bladluizen landen op de aardappelplanten door middel van een visueel contrast tussen de grond en de aardappel plant (Singh et al., 2021). Dit contrast wordt verminderd wanneer er stro tussen de

aardappelruggen ligt, in vergelijking tot een kale bodem. Het stro wordt na het poten van de aardappels over de ruggen verspreid.

Er zijn verschillende onderzoeken welke aantonen dat het mulchen van stro tussen de ruggen een positief effect heeft op de bladluis populatie binnen het perceel. Een dergelijk effect zou indirect moeten leiden tot een vermindering van het aantal besmettingen met het PVY-virus. Zo bleek uit een meerjarig onderzoek dat het toepassen van stro mulchen in de aardappelteelt zorgde voor een reductie van 27,1% van het aantal bladluizen. Tevens werd er in dit onderzoek beweerd dat de effectiviteit van de toepassing in het beginstadium van de teelt het hoogst was (Rolot et al., 2021). Dit valt te verklaren omdat het visuele contrast in die periode normaal gesproken het grootst is.

In een vergelijkbaar onderzoek in 2004 werd er in de plots waar stro mulch toegepast was, een reductie van 54% gerealiseerd in het aantal bladluizen ten opzicht van kale grond. Uit dit onderzoek kwam tevens naar voren dat de populatie gevleugelde bladluizen met 85% daalde (Dupuis, 2017). Binnen deze onderzoeken werd gemiddeld een toepassing van minimaal tweeënhalf tot maximaal vijf ton stro gehanteerd.

Intercropping

De maatregel intercropping berust op hetzelfde principe als het mulchen met stro. Er zijn verschillende onderzoeken geweest de laatste jaren waarin verschillende gewassen als intercrop getest zijn. Graafstra stelt dat deze intercrop voor toepassing eerst aan een aantal randvoorwaarden dient te voldoen, voordat deze getest kan worden. Dit was niet in alle onderzoeken het geval. De intercrop zou volgens Graafstra geen waardplant mogen zijn voor de bladluis, niet boven de aardappelplanten uit komen in verband met concurrentie, een snelle ontwikkeling hebben en vrieskou bestendig moeten zijn (Graafstra, 2020).

Een intercrop welke getest is tussen de aardappels is haver. Hierbij werd 60 kilo haver gezaaid tussen de ruggen na het poten van de aardappels. Haver biedt het voordeel geen waardplant te zijn en een snelle ontwikkeling te hebben. Daarentegen diende de haver na verloop van tijd dood gespoten te worden om eventuele opbrengstderving door concurrentie te voorkomen. In dit onderzoek werd een reductie van 37% van de verspreiding van het PVY-virus aangetoond (Dupuis, 2017).

Een andere gewas dat wellicht een toekomst biedt is koolzaad. De effectiviteit van koolzaad als intercrop is getest door een Chinees onderzoeksinstituut in de tabaksplantenteelt, ter bestrijding van de groene perzikbladluis. In 2016 leverde dit een verlaging van 30 tot 41 procent op. Een herhaling van het onderzoek in 2017 leverde een reductie van 46 tot 54 procent op (Lai et al., 2019). De toepassing van koolzaad tussen aardappelen is echter nog niet getoetst.

Bemesting

Wanneer bemesting als teeltmaatregel gebruikt wordt om de verspreiding van het PVY-virus tegen te gaan, worden bepaalde elementen in het bemestingsplan verhoogd of verlaagd om de plantweerbaarheid te verhogen. In een uitgebreide deskstudie van dhr. Termorshuizen is het effect van enkele chemische elementen op de plantweerbaarheid beschreven.

Het hoofdelement stikstof heeft een grote invloed op de plantweerbaarheid. Zo zorgt stikstof voor de aanmaak van jong blad, hetgeen pathogenen aantrekt (Termorshuizen et al., 2021). Andere literatuurstudies geven daarentegen weer dat een verhoging van de stikstof gift resulteert in een verminderd visueel contrast voor de luis (Graafstra, S. 2020). Dhr. Graafstra draagt tevens een gulden middenweg aan voor dit probleem. Het gebruik van bitterzout zou naast het loof donkerder groen laten kleuren ook tegelijk niet voor nieuw blad zorgen. Een ander nadelig effect van een te veel aan stikstof is een verminderde plantweerbaarheid. Een overmaat aan

stikstof vermindert de accumulatie van silicium (Termorshuizen et al., 2021). Dit element zou volgens onderzoek wel enig effect hebben op de plantweerbaarheid.

Het element silicium hoopt zich op in de celwanden. Door deze ophoping worden de celwanden van de plant steviger. Dit maakt het voor insecten met zuigende monddelen lastiger om de cel binnen te dringen (Graafstra, S. 2020). Silicium is tevens na vastlegging niet meer mobiel in de plant. Dit wil zeggen dat voor een goede plantweerbaarheid de plant een constante aanvoer van het element nodig is. Daarbij komt dat silicium een positieve bijdrage levert aan de bestrijding van abiotische stress binnen de plant (Termorshuizen et al., 2021).

Uit onder andere de deskstudie van dhr. Termorshuizen en het onderzoek van dhr. Graafstra kwam met name naar voren dat het toevoegen van silicium een positief effect kan hebben op de plantweerbaarheid, en daarmee dus de verspreiding van het PVY-virus tegen te gaan. Andere elementen dragen, wanneer deze voldoende beschikbaar zijn, niet bij aan een verhoogde plantweerbaarheid. Enkel een tekort kan leiden tot problemen.

Overige maatregelen

Er zijn nog andere minder voor de hand liggende maatregelen die telers treffen of kunnen treffen om de verspreiding of infectie met PVY te voorkomen. Deze worden hierna kort beschreven.

Voorkiemen

Het principe van deze teelt maatregel voorkiemen berust op de volgende gedachte. Door aardappelen voor te kiemen wordt de teelt verkort. Hierdoor neemt de periode, waarin bladluizen de aardappelplant kunnen infecteren, verkort. Daarbij komt, dat aardappelplanten naar mate deze ouder worden minder vatbaar worden voor virussen. Dit komt door een toename van salicylzuur, ook wel ouderdomsresistentie genoemd (Graafstra. 2020).

Uit een meerjarig onderzoek tussen 2000 en 2002 bleek het voorkiemen van aardappelen een positief effect te hebben op de verspreidingen van PVY. De verspreiding van PVY daalde in 2001 en 2002 met respectievelijk 50% en 68%. In het eerste jaar van het onderzoek had voorkiemen weinig effect vanwege de vroege luizendruk (Dupuis. 2017). Een bijkomend effect van voorkiemen is dat de pootaardappelen eerder aan de maat zijn. Dupuis beweert in het rapport dat het uitstellen van het loofdodingsmoment tot wel 3,5% aan PVY verspreiding per dag kan veroorzaken.

Isoleren teelt

Het isoleren van de teelt kan op meerdere manieren uitgevoerd worden. Zo kan het gehele teelt gebied geïsoleerd worden door bijvoorbeeld een gunstig gelegen locatie. Of het betreffende perceel kan geïsoleerd worden door een locatie te kiezen waar geen andere percelen met aardappelen in de buurt liggen.

Gebieden waar het veel en hard waait, zijn van nature zeer geschikt voor de teelt van pootaardappelen. Luizen kunnen zich in deze gebieden minder goed voeden en hebben gevleugelde bladluizen meer moeite met vliegen (Dupuis. 2017). Ook bleek uit een Zwitsers onderzoek dat een stijging in de hoogte van 400 naar 800 meter een reductie 57% in de verspreiding van PVY opleverde. Hoog gelegen en winderige gebieden zijn daar om van nature geschikte teelt gebieden (Dupuis. 2017)

Gaasdoek

Gaasdoek is een oude methode om luizen uit de aardappelen te weren. Door een gaasdoek over de aardappelen te spannen, wordt het voor luizen onmogelijk het gewas binnen te dringen. Naar deze toepassing wordt momenteel onderzoek gedaan door de organisaties Agrifirm en HZPC. De resultaten zijn nog niet van bekend. Dit onderzoek vond plaats in verschillende provincies in 2021.

Resistente rassen

Onder resistente rassen wordt het volgende verstaan. Een aardappelras dat niet vatbaar is voor het PVY-virus. Hierdoor vindt er geen besmetting met het PVY-virus plaats. Dit lijkt op papier de meest effectieve manier om PVY in de toekomst te kunnen bestrijden. Echter, resistentie zorgt voor een verminderd financieel gewin voor de pootgoed sector. Doordat er een aantal jaren geen nieuw pootgoed nodig is, aangezien dit nog steeds gezond is (Dupuis. 2017)

Knowledge gap

Er heerst een grote onwetendheid onder de pootaardappel telers over de effectiviteit van de verschillende bestrijdingsmethodes van bladluizen. Er zijn een tiental maatregelen welke telers kunnen treffen om besmettingen met het PVY-virus te voorkomen, en hiermee dus bladluizen te bestrijden. Het is voor telers van belang om kennis te nemen van de effectiviteit van de maatregelen, om hiermee de bestrijding zo goed mogelijk te laten slagen en deklasseringen of afkeuringen te voorkomen. Welke teelt maatregelen zijn goed toepasbaar, wanneer er bijna geen chemische toepassingen meer mogelijk zijn?

Afbakening

Om het onderzoek goed te laten verlopen en het doel niet uit het oog te verliezen in een goede afbakening nodig. Omdat er tal van mogelijkheden beschikbaar zijn om bladluizen uit pootaardappelen te weren en te doden, wordt er in dit onderzoek specifiek ingegaan op de volgende maatregel. Deze maatregel heeft betrekking op het verminderen van het visuele contrast tussen de aardappelplant en de grond, waardoor de bladluis op de plant landt.

- Onderzoek naar de afname van bladluis populaties door het mulchen met stro.

Op basis van de uitkomsten van deze toekomst bestendige manier wordt een advies geschreven of de toepassing geschikt is om bladluizen uit de pootaardappelen te weren.

1.3. Hoofd & deelvragen

Al deze verschillende bestrijdingsmethodes hebben uiteindelijk tot een hoofdvraag geleid, welke in dit onderzoeksverslag beantwoord zal worden.

- ❖ Kunnen pootaardappeltelers hun pootgoed beschermen tegen het PVY-virus door het creëren van een verminderd visueel contrast voor bladluizen?

Om deze hoofdvraag te kunnen beantwoorden zijn er ter ondersteuning een aantal deelvragen gemaakt.

- ❖ 1. Hoe zorgt een verminderd visueel contrast voor minder PVY besmettingen?
- ❖ 2. Wat is de praktische toepasbaarheid van de maatregel?
- ❖ 3. Wat is de effectiviteit van mulchen met stro op de bladluis populatie?

1.4. Doelgroep & doelstelling

Het doel van dit onderzoek is om pootaardappeltelers een helder beeld te geven van de effectiviteit van de teeltmaatregel, waarbij het visuele contrast tussen de aardappelplant en de grond wordt verminderd, en daardoor het aantal besmettingen met het PVY-virus maximaal te reduceren op een toekomst bestendige manier en een daling van het aantal verlagingen door het PVY-virus te realiseren. Met als uitkomst een beter financieel resultaat voor de teler en handelshuizen, en het behouden van de goede reputatie van de Nederlandse pootaardappel in het buitenland.

Hoofdstuk 2 Aanpak

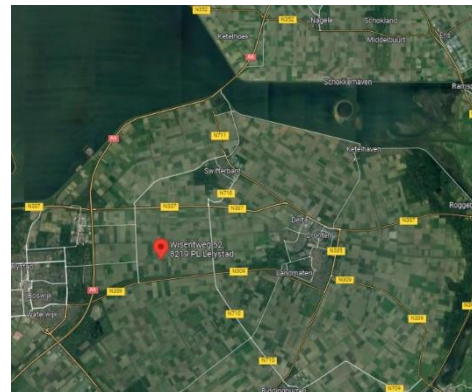
Binnen het hoofdstuk “Aanpak” wordt er beschreven hoe de uitvoering van het onderzoek is opgezet. In het hoofdstuk wordt er beschreven welke variabelen er worden gemeten/onderzocht. Vervolgens wordt er in het hoofdstuk “Methode” beschreven hoe deze variabelen worden onderzocht.

2.1. Materiaal

Om de pootgoedtelers een goed beeld te kunnen geven van de effectiviteit van de teelt maatregel welke werkt op het visuele contrast, is er in een praktijk perceel onderzoek gedaan. Hierbij gaat het specifiek om de bladluis populaties binnen het perceel. Er is gedurende het groeiseizoen een drietal keer gemonitord naar het aantal bladluizen binnen de verschillende plots, deze zijn vergeleken met de uitslagen van de gele vangbak binnen het perceel. De proef bestond uit een perceel waar de toepassing van stro mulchen wordt toegepast in meerdere herhalingen.

2.2. Methode

Allereerst is er een literatuuronderzoek uitgevoerd. Om een overzichtelijk beeld te krijgen wat er in de wetenschappelijke literatuur allemaal al bekend is over de toepassing van stro mulchen, wat de precieze werking is van het verminderen van het visuele contrast en of het systeem praktisch toepasbaar is. Het onderzoek is uitgevoerd op een perceel aan de Wisentweg (figuur 3) te Lelystad. De proef is binnen het perceel in zes herhalingen aangelegd, zichtbaar in tabel 1. Hierdoor is het nu duidelijk of de toepassing een significant verschil op levert in de bladluis populatie. De plots op het perceel hebben een grote van zes meter breed bij tien meter lang, conform EPPO PP 1/152, weergegeven in bijlage 1. Binnen alle plots, zowel behandeld (geel) als onbehandeld (wit)



Figuur 3 locatie proef

zijn wekelijks op de zelfde dag van twintig planten de bladluizen afgeklopt. Deze bladluizen zijn verzameld voor verder onderzoek binnen de PPS. Er is binnen de behandelde stroken een dosering van 2,5 ton ongehakseld stro per hectare toegediend. Het aardappelras waarbij de proef plaatsvond diende enigzins gevoelig te zijn voor PVY, ten behoeve van andere metingen binnen de PPS. Daarom is gekozen voor het ras: Innovator. De gegevens zijn vervolgens statistisch geanalyseerd om een conclusie te trekken. Aansluitend zijn er nog bladmonsters genomen om deze te testen op de aanwezigheid van het PVY-virus, echter vallen deze resultaten buiten deze scriptie.

	6,0 meter	3,0 meter										
10,0 meter	S1		O2		S3		O4		S5		O6	R I J
2,0 meter												R
	O1		S2		O3		S4		O5		S6	I C H
												T
												I N G
												↓

Tabel 1 Overzicht proefopzet

De gegevens welke in dit onderzoek verzameld zijn, zijn hoofdzakelijk verzameld door literatuur onderzoek en het meten van de aanwezigheid van bladluizen binnen het betreffende perceel. Gedurende het onderzoek is er regelmatig overlegd met de stagebegeleider vanuit WUR open teelten en de stagebegeleider vanuit Aeres Hogeschool Dronten.

Hoofdvraag:

- ❖ **Kunnen pootaardappeltelers hun pootgoed beschermen tegen het PVY-virus door het creëren van een verminderd visueel contrast voor bladluizen?**

Om de hoofdvraag te kunnen beantwoorden zijn eerst de onderstaande deelvragen beantwoord. Deze deelvragen zijn door middel van literatuuronderzoek en metingen binnen het proefperceel beantwoord. Met de antwoorden op de deelvragen is de hoofdvraag beantwoord. Nadien is er een advies gegeven aan de pootgoedtelers of de maatregel praktisch geschikt en toepasbaar is.

Deelvragen:

- ❖ **1. Op welke manier zorgt een verminderd visueel contrast voor minder PVY besmettingen?**

Om deze deelvraag goed te kunnen beantwoorden is er literatuuronderzoek gedaan. Dit literatuuronderzoek bestond uit eerder gedane onderzoeken. Deze onderzoeken hebben betrekking op het visuele contrast, de anatomie van de bladluis en het onderzoek naar de toepassing van mulchen met stro. Hiervoor zijn hoofdzakelijk de onderzoeken van Brice Dupuis. "Development of a crop management method to control the spread of Potato Virus Y", S.M. Kirchner "Comparison of Straw Mulch, Insecticides, Mineral Oil, and Birch Extract for Control of Transmission of Potato virus Y in Seed Potato Crops" en Schepers, A., & Bus, C. B. " *Virusziekten in pootaardappelen*" gebruikt.

- ❖ **2. Wat is de praktische toepasbaarheid van de maatregel?**

Om deze deelvraag goed te kunnen beantwoorden zijn ervaringen uit het verleden van groot belang. Hoe zijn deze proeven opgezet en wat waren de uitslagen en ervaringen. Daarnaast was het van belang om met (poot)aardappeltelers, die deze toepassing gebruiken of in de toekomst willen gaan gebruiken, in gesprek te gaan. Hun eventuele ervaringen of verwachtingen te bespreken, zowel positief als negatief. Deze vraag is beantwoordt door gesprekken met telers welke deze toepassing hebben gebruikt (beschikbare contacten binnen PPS). Verder zijn de onderzoeken van Brice Dupuis "Development of a crop management method to control the spread of Potato Virus Y", S.M. Kirchner "Comparison of Straw Mulch, Insecticides, Mineral Oil, and Birch Extract for Control of Transmission of Potato virus Y in Seed Potato Crops" en Jean-Louis Rolot "Assessment of Treatments to Control the Spread of PVY in Seed Potato Crops: Results Obtained in Belgium Through a Multi-Year Trial" gebruikt om de praktische toepasbaarheid vast te kunnen stellen .

- ❖ **3. Wat is de effectiviteit van mulchen van stro op de bladluis populatie?**

Om de effectiviteit van het mulchen met stro op de bladluis populatie te meten, is er een perceel in Lelystad aan de Wisentweg gedurende het groeiseizoen een drietal keer gecontroleerd op de hoeveelheid aanwezige bladluizen. Telkens zijn er twintig planten bemonsterd, per plot, op de aanwezigheid van bladluizen. De uitkomsten hiervan zijn vervolgens statistisch geanalyseerd om vervolgens een conclusie te trekken ten aanzien van de effectiviteit. De toets die hiervoor gebruikt is,

is de ONE WAY ANOVA toets. Deze toets kijkt of bepaalde groepen (plots) gelijk aan elkaar zijn of dat er significante verschillen zijn.

Hoofdstuk 3. Resultaten

In dit hoofdstuk worden de resultaten van de deelvragen weergegeven. Met de antwoorden die vervolgens uit de deelvragen naar voren komen, wordt het beantwoorden van de hoofdvraag mogelijk.

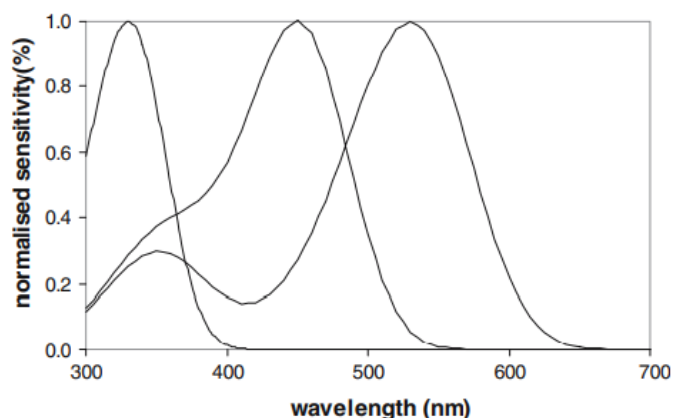
Er is binnen dit onderzoek, onderzoek gedaan op zowel kwalitatief als kwantitatief niveau. Kwalitatief onderzoek binnen dit onderzoek wil voornamelijk zeggen dat er literatuuronderzoek is gedaan. Dit literatuuronderzoek heeft betrekking op de deelvragen 1 en 2. Hierbij zijn ten behoeve van deelvraag 2 ook nog enkele interviews afgenomen om de vraag goed te kunnen beantwoorden. Er is om de resultaten van deelvraag 3 te verkrijgen kwantitatief onderzoek gedaan. Dit kwantitatief onderzoek betrof tellen naar bladluizen in de behandelde en onbehandelde plots.

Deelvraag 1

Op welke manier zorgt een verminderd visueel contrast voor minder PVY besmettingen?

Zoals zegt is er om resultaten te krijgen ten behoeve van deze deelvraag literatuuronderzoek gedaan. Om helder te krijgen waarom een bladluis wel of niet op een aardappelplant landt, is het eerst belangrijk het volgende in kaart te brengen. Wat ziet een bladluis, wat is visueel contrast en hoe ontstaat visueel contrast.

Om te weten te komen waarom de bladluis precies land is het goed om te weten dat een luis vier type vluchten heeft: de algemene vlucht, de migratie vlucht, de aanval vlucht en de settel vlucht. Gedurende de algemene en de migratie vlucht scant de bladluis door middel van geur receptoren en fotoreceptoren in het oog naar mogelijke waardplanten om op te landen (Döring en Chittka, 2007). Uit onderzoek met licht intensiteiten bleken bij een aantal hoeveelheden een piek te zijn. Deze pieken duiden aan dat deze spectra zichtbaar zijn voor de groene perzik bladluis. Deze pieken waren respectievelijk ter hoogte van 320-330 nm (violet), 440 nm (blauw) en 530 nm (groen). Deze resultaten maakte duidelijk dat er dus meer dan twee fotoreceptoren in het oog van de groene perzik bladluizen aanwezig zijn (Döring en Chittka, 2007). Het is dus duidelijk dat groene perzik bladluizen de kleur van de aardappelplant kan herkennen.



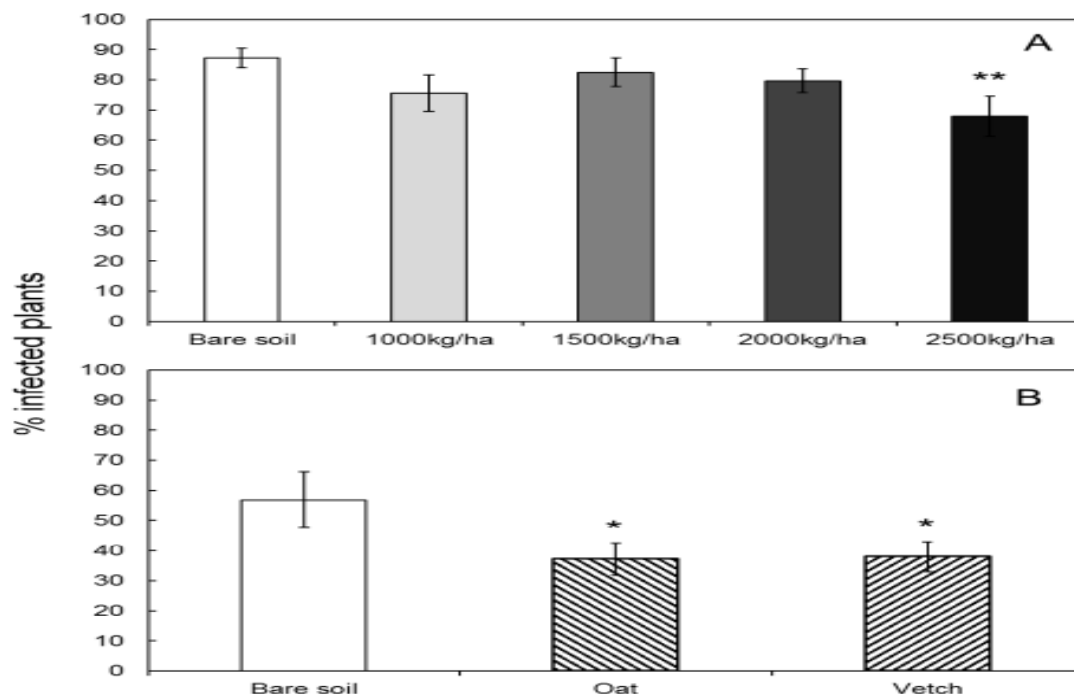
Figuur 4 Golflengte visueel spectrum Bladluis (Döring en Chittka)

Maar wanneer alles groen zou zijn, dan zou de luis overal kunnen landen en geen onderscheid kunnen maken tussen een waardplant en een niet waardplant. Hier komt het visuele contrast om de hoek kijken. Aangezien aardappelplanten gedurende het begin van het groeiseizoen omgeven zijn door een grijze waas van grond vallen de aardappelplanten goed op vanuit de lucht. Dit verschil in golflengte tussen de aardappelplant en de kale grond, welke binnen komt in het oog van de groene perzik bladluis, wordt als het visuele contrast beschouwd in de onderzoekswereld. Op deze manier maakt de bladluis de beslissing om te landen of niet zijn (Döring en Chittka, 2007). Wanneer de luis is

geland kan deze zich hier nestelen, en larven produceren of de bladluis vervolgt zijn vlucht naar de volgende waardplant, om deze wellicht te besmetten.

Het visuele contrast is in het begin van het groeiseizoen het grootst, omdat de aardappelplanten dan slechts een klein deel van het beteelde oppervlakte bedekken. Deze periode wordt daarom ook als de meest gevaarlijke periode gezien op het gebied van mogelijk besmettingen met het PVY virus (Dupuis, 2017). Het is de vraag of de kans op besmetting ook daadwerkelijk afneemt, wanneer dit visuele contrast verkleind wordt. Er worden in onderzoeken meerdere ideeën aangedragen om dit visuele contrast te verkleinen, bijvoorbeeld stro mulch, intercropping, maar ook door middel van veredeling de kleur van het blad van de aardappel aan te passen. In het laatste geval maak je de kleur zo onaantrekkelijk mogelijk voor bladluizen.

Zo onderzocht Brice Dupuis de toepassingen van stro mulch en intercropping om het visuele contrast te verminderen. Zowel intercropping als stro mulch zorgt in het onderzoek voor een significant verschil in de hoeveelheid PVY besmettingen, ten opzichte van de onbehandelde plot (Dupuis, 2017). De resultaten van het onderzoek zijn in figuur 5 weergegeven.



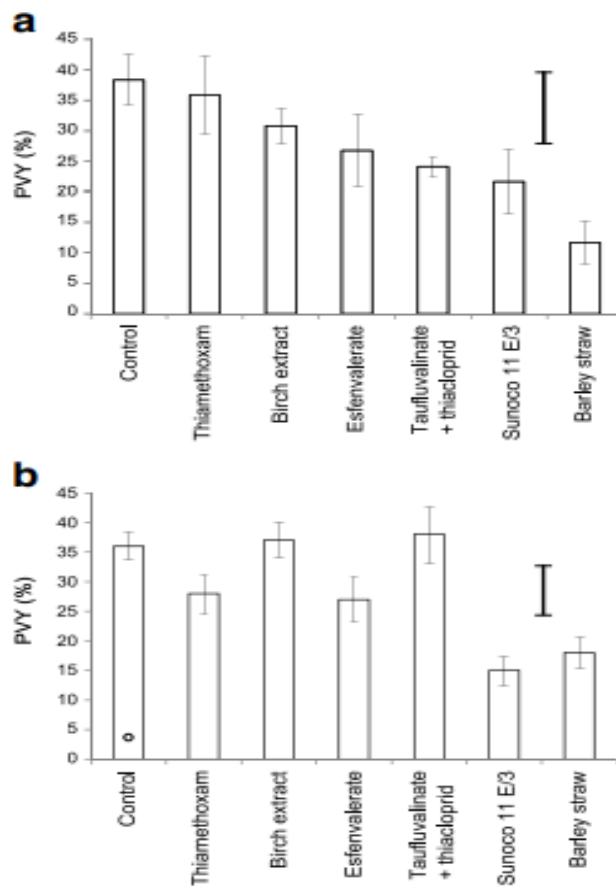
Figuur 5 Aantal geïnfecteerde planten met PVY in intercropping en stro mulch (Dupuis, 2017)

Dit onderzoek betrof een meerjarige proef waarin van 2011 tot en met 2014 jaarlijks vier herhalingen werden aangelegd. Deze herhalingen bestonden uit vier behandelde stroken met stro, met een dosering van 1 ton t/m 2,5 ton stro per hectare en vier behandelde stroken met haver en wikke. In plots van 0.09 tot 0.12 ha werd er bij de toepassing van stro mulch een gemiddelde reductie van 27% behaald over de bovengemelde jaren. De toepassing van intercropping leidde in de jaren 2011 en 2012 door middel van visueel contrast gemiddeld tot een vermindering van PVY van 34% (haver) en 33% (wikke). Dupuis concludeert dat deze reductie volledige toe te wijzen is aan het verminderen van het visuele contrast. Waar we als mensen het zichtbare spectrum in gedeeld hebben aan de hand van de golflengtes van de kleuren. Zie we de kleur groen (de aardappelplant & intercrop) als de eenheid 495–570 nm (nanometer) en geel (stro) als 570-590 nm. Deze golflengtes liggen beiden hoger dan de

golf lengte van grijs. Grijs is een kleurencombinatie van meerdere gelijke golf lengtes welke het oog de voor ons grijze kleur weergeeft.

Finse onderzoekers hebben ook onderzoek gedaan naar toepassingen om het visuele contrast tussen de aardappelplant en de kale grond te verminderen. De resultaten van het onderzoek zijn hieronder weergegeven in figuur 6.

Het onderzoek vond evenals het onderzoek van Dupuis plaats in vier herhaingen. Hierin werden naast stro mulch ook andere toepassingen getest, welke niet op het visuele contrast werkten. De resultaten van A hebben betrekking op het jaar 2009, SSE09 (small scale Experiment). In dat jaar werd er door gerststro een reductie van van 12% ($p < 0.001$) behaald. In letter B van figuur 6 worden de resultaten van het experiment SSE10 & SSE11 gecombineerd weergegeven. Hierin zorgt gerststro door middel van een verminderd visueel contrast voor 18% ($p < 0.05$) en 26% ($p < 0.001$) reductie aan PVY. Er was in beide gevallen sprake van een significant verschil tussen de control resultaten en de resultaten van de met stro behandelde stroken.



Figuur 6 PVY reductie (Kirchner et al.)

Deelvraag 2

Wat is de praktische toepasbaarheid van de maatregel?

Om deze deelvraag volledig te kunnen beantwoorden zijn ervaringen van eerder onderzoeken en praktijk voorbeelden van belang. Deze onderzoeken variëren van kleinschalige onderzoeken tot grote meerjarige onderzoeken. Deze onderzoeken zijn wereldwijd uitgevoerd door gerenommeerde onderzoekers en instanties. Verder zijn de ervaringen die in het onderzoek zelf naar voren zijn gekomen ook zeer informatief.

De gedachte om stro te mulchen tussen poot aardappelplanten, komt niet enkel uit de gedachtegang van het verminderen van PVY besmettingen. Ook vanuit de hoop dat een dergelijke toepassing wellicht een reductie in het gebruik van gewasbeschermingsmiddelen kan opleveren. Echter is dit heel specifiek per teler, geeft Cornelis de Haas van Agrifirm aan (Zijlstra, 2022). De Haas, werkzaam bij Agrifirm, welke gezamenlijk met andere ketenpartijen onderzoek doet naar de werking van stro mulchen tussen de poot aardappelen. Aan dit onderzoek doen vijftien poot aardappeltelers mee, welke allen een klein gedeelte van hun areaal bedekken met stro. Er is een grote vraag naar zulke methodes uit de sector, alleen heerst er vanuit de telers nog veel onwetendheid, werkt het echt?, hoe pas je het toe? Ondervind je er geen last van gedurende andere werkzaamheden in het teeltseizoen? Dit zijn vragen die vaak naar voren komen op teelt bijeenkomsten, wanneer dit onderwerp wordt aangesneden. Op veel van deze vragen zijn dan ook nog geen antwoorden. Door veel te onderzoeken op kleine schaal in praktijk percelen zijn dergelijke vragen wellicht over een aantal jaren goed te beantwoorden.

Zo zijn er gedurende dit onderzoek ook veel vragen op geweest, waarop deels een antwoord gekomen is. Veel vragen kwamen al op voor het onderzoek en op het moment dat het stro toegepast werd. Wanneer is het beste moment van toepassen, en hoe breng je het stro goed aan? In het onderzoek is het stro met de hand aangebracht, dit is op grote schaal in de hedendaagse landbouw ondenkbaar. Zo heeft een groep Groningse pootgoedtelers de handen in een geslagen om het concept op grotere schaal te testen. Gezamenlijk schaften de telers een machine aan om het stro te verdelen, en vroegen vanwege de schaarse tijd een naburige loonwerker de werkzaamheden voor hen uit te voeren (Luizen foppen met stro, 2022). De machine in actie in het voorjaar 2022 is weergegeven in figuur 7.



Figuur 7: Machine mechanisch stro dienen (Luizen foppen met stro, 2022)

De machine van Franse makelaardij strooit met een breedte van negen meter twaalf ruggen per keer. Hierbij is bij alle telers een dosering van drie á vier ton stro gebruikt om de gewenst bedekking te halen. Loonbedrijf Geertsma, de uitvoerende loonwerker geeft aan dat deze dosering goed te doen is met deze machine op deze schaal. Echter sluit Geertsma niet uit dat bij een schaalvergroting van de toepassing een andere type machine wellicht vereist is. Een daarbij komend punt is, geeft Geertsma aan, dat de grond in het voorjaar vaak nog weinig draagkracht heeft, dit kan in een vochtig voorjaar wellicht leiden tot structuur schade, iets dat later in het groeiseizoen tot opbrengst schade kan leiden.

Betreffende het juiste moment van toepassing is uit het onderzoek het volgende naar voren gekomen. Uit overleg met onderzoekers van Wageningen Plant Research is besloten het stro enkele dagen voor opkomst toe te dienen, dit om winderosie van het stro te voorkomen. Dit punt werd door loonwerker Geertsma ook aangedragen. De stro verspreider is een zeer windgevoelige machine, dit beperkt met de huidige machine het aantal werkbare dagen (*Luizen foppen met stro*, 2022). Zo geeft gewasbeschermingsadviseur Conner Pelgrim van het bedrijf Profyto DSD aan, dat de meeste pootgoedtelers, mits de toepassing goed werkt, het hoogstwaarschijnlijk enkel in de hoogwaardige eerste en tweedejaars stammen zullen toepassen (C. Pelgrim, persoonlijke communicatie, 02-08-2022). Een dergelijke ontwikkeling zou geen grote arealen opleveren op de lange termijn. In het gesprek geeft dhr. Pelgrim ook aan dat er bij telers ook veel vragen zijn betreffende de toepassing, wat de effecten zijn later in het teelt seizoen. Ondervinden telers last van het stro naar mate het seizoen vordert? Een veel voorkomende vraag is of er tijdens het rooiproces hinder wordt ondervonden van de hoeveelheid stro tussen de ruggen. Op deze vraag is eigenlijk nog geen goed antwoord, aangezien er in het gerenommeerde onderzoek van onder andere B. Dupuis, niet machinaal geoogst worden. Wellicht dat deze resultaten beschikbaar komen aan het eind van het jaar, wanneer de telers die gezamenlijk de stro dek machine hebben aangeschaft, de behandelde percelen hebben geoogst.

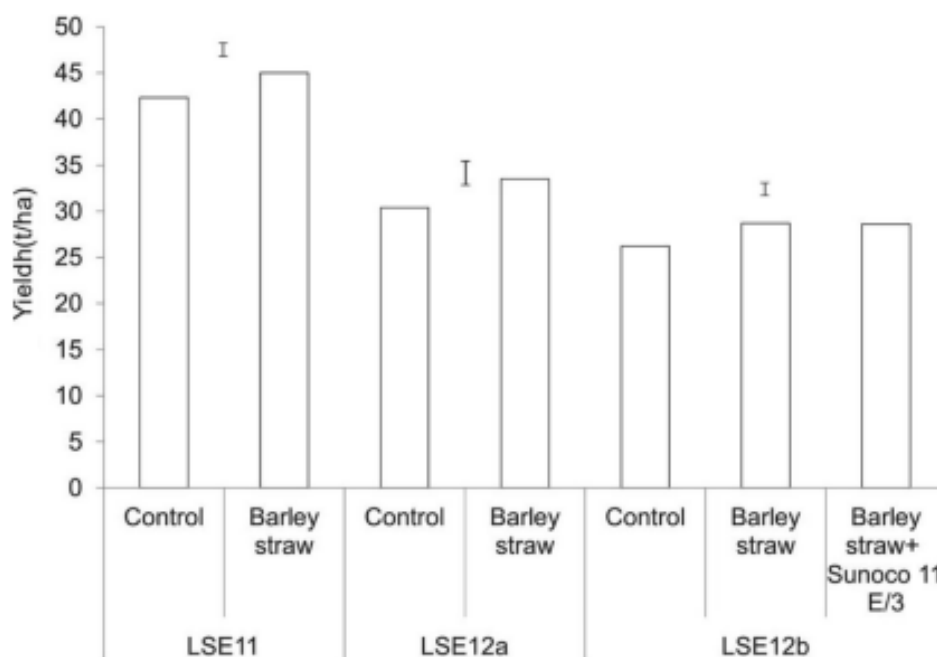
Uit Fins onderzoek (Kirchner et al.) bleek in een mechaniseerde veldproef, met onder andere de in figuur 8 weergegeven stro verspreider, de toepassing van stro tot een reductie van 44% PVY besmetting.



Figuur 8: Stro toepassing veldproef Kirchner (Kirchner et al.)

Kirchner gaf aan tijdens de oogst geen problemen te hebben ondervonden van de 5,5 ton gerst stro, welke toegepast was.

Veel telers zijn bij deze toepassing bang dat er een stikstof correctie benodigd is, aangezien er een vorm van organisch materiaal wordt toegevoegd met een hoge C/N verhouding. Dit zou op papier kunnen leiden tot een verminderde opbrengst. Een toevoeging van stikstof leidt in de poot aardappelteelt immers niet altijd tot een hogere opbrengst, aangezien het aantal knollen hierdoor terug kan lopen. In de grote veldproef van Kirchner werd naast de virus reductie ook de opbrengst gemeten. De uitslagen van de hectare opbrengsten staan in figuur 9 weergegeven.



Figuur 9: Grafiek opbrengst stroproef Kirchner (Kirchner et al.)

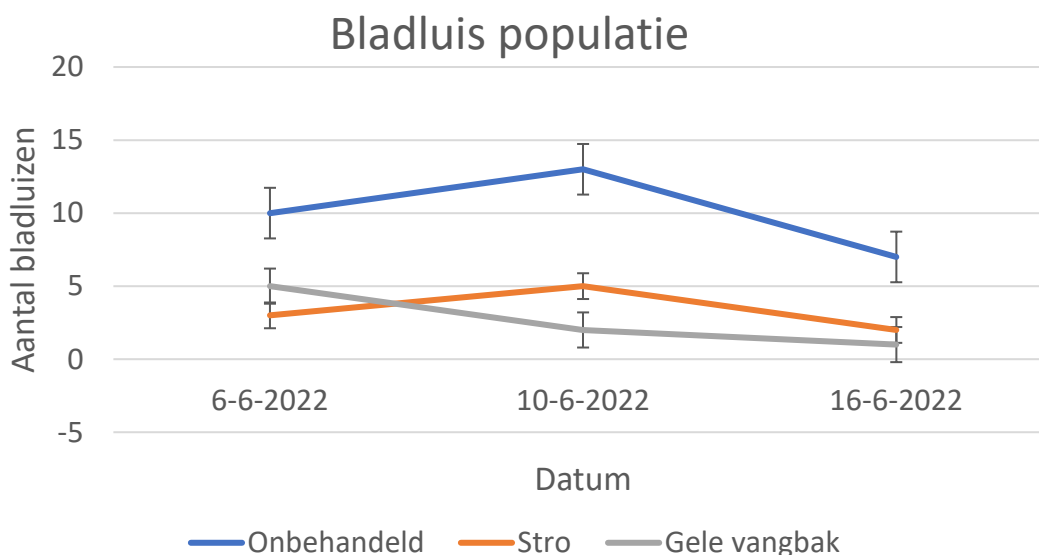
Zo blijkt uit het onderzoek van Kirchner dat de toepassing van gerst stro niet leidt tot een vermindering van de hectare opbrengst, maar in de meeste gevallen zorgt voor een verbetering van de opbrengst. Een verklaring hiervoor ontbreekt. In hoeverre deze resultaten van opbrengsten kunnen worden gebruikt voor Nederlandse pootgoedtelers is nog de vraag, mede gezien het feit dat de meeste Nederlandse poot aardappelen op kleigrond worden geteeld en het onderzoek van Kirchner daarentegen plaats had op zandgrond in Finland. Kirchner geeft wel aan te verwachten dat de toepassing met stro zorgt voor een vermindering van de stikstof uitspoeling, met name doordat de stikstof wordt gebruikt voor de vertering van het stro na de oogst van de poot aardappelen.

Deelvraag 3

Wat is de effectiviteit van mulchen met stro op de bladluis populatie?

Om deze deelvraag te kunnen beantwoorden is er onderzoek uitgevoerd. Door middel van een proef aan te leggen, welke op vergelijkbare onderzoeken is gebaseerd, is er geprobeerd een zo betrouwbaar mogelijk onderzoek uit te voeren. Voor het beantwoorden van deze deelvraag is verder geen literatuuronderzoek gedaan. De effectiviteit van de toepassing wordt uitgedrukt in een reductie percentage.

Zoals bekend is gedurende een periode van 4 weken na opkomst de bladluis populatie gemonitord, zowel met een gele vangbak als het zoeken van bladluis volgens het protocol EPPO PP 1/152. Op basis van deze bevindingen zijn de volgende resultaten naar voren gekomen. In figuur 10 zijn de resultaten in een grafiek weergegeven. Hierin staan de behandelde plots met stro (oranje) uitgezet tegen de onbehandelde plots (blauw). Daarnaast zijn de gegevens van de vangbak ook in de grafiek verwerkt. Deze hebben geen verband met de plots en zijn enkel ter indicatie van de bladluisdruk weergegeven in de grafiek.



Figuur 10: Resultaten bladluis onderzoek

De eerste metingen zijn verricht op 6 juni 2022. Hierbij werden in de onbehandelde plots tien groene perzikbladluizen aangetroffen. Op diezelfde datum werden in de plots, welke met stro waren behandeld, drie groene perzikbladluizen gesignaleerd. Die dag zaten er vijf groene perzikbladluizen in de gele vangbak. De tweede meting is uitgevoerd op 10 juni 2022. Er werden toen in de onbehandelde plot 13 groene perzikbladluizen gevonden. In de behandelde plots werden vijf groene perzikbladluizen gevonden en in de gele vangbak twee. Bij de derde meting op 16 juni 2022 werden er minder groene perzikbladluizen gevonden. In de onbehandelde plots werden toen slechts zeven groene perzikbladluizen gevonden. In de plots met stro werd ook het laagste aantal groene perzikbladluizen aangetroffen, twee stuks. Tevens werd er in de gele vangbak ook maar één groene perzikbladluis gedetermineerd. De gegevens zijn ook zichtbaar in tabel 2.

	6-6-2022	10-6-2022	16-6-2022	Gemiddeld	Totaal	Reductie ten opzichte van onbehandeld	
Onbehandeld	10	13	7	10	30		
Behandeld met stro	3	5	2	3.3	10	66.67%	
Gele vangbak	5	2	1	2,67	8		

Tabel 2: weergave resultaten

Wat opvallend is, is dat wanneer de vangsten in de gele vangbak een dalende tendens inzetten, de cijfers in de plots, zowel behandeld als onbehandeld stijgen. Dit valt moeilijk te verklaren, zo gaf onder andere dhr. Klaas van Rozen aan, onderzoek aan de Wageningen Plant Research, afdeling open teelten.

Naast de vangsten per meting zijn ook de gemiddelde waardes per groep weergegeven. Zo gaven de onbehandelde plots het hoogste gemiddelde van gemiddeld tien per meting. Daartegenover werden er in de plots waar stro toegepast werd, slecht gemiddeld 3,33 groene perzikbladluizen gevangen. En ter indicatie werden in de gele vangbak in het perceel wekelijks 2,67 groene perzikbladluizen gevonden. In de controle plots, de plots waar geen stro werd toegepast, werden door dit hogere gemiddelde automatisch de meeste groene perzikbladluizen gevonden. Dertig in totaal, over de drie meet momenten. Hiertegenover staan tien groene perzik bladluizen in de met de stro behandelde plots.

Dit betekent dat in de met stro behandelde plots 20 minder groene perzik bladluizen werden gevonden tijdens het onderzoek. Dit komt overeen met een reductie percentage van 66,7%. Ter bevestiging is er gekeken of er een significant verschil is tussen de met stro behandelde plots en de onbehandelde plots. Hiervoor is de One way ANOVA statistische toets gebruikt. De gegevens die hieruit naar voren zijn gekomen staan verwerkt in bijlage 2.

De ANOVA toets wordt bij statistische vergelijkingen gebruikt. Hierbij moeten gemiddelden van twee of meer groepen met elkaar vergeleken worden.

Om te kijken of er een statistisch verschil is tussen beiden groepen, moet de volgende regel op gaan $F > F_c$. De F en F_c zijn berekend door de rekenregels van de ANOVA toets. Dit resultaat geeft een indicatie of het gedane onderzoek statistisch betrouwbaar is.

Hoofdstuk 4. Discussie

In het hoofdstuk discussie worden de volgende punten kritisch bekeken, de aanpak van het onderzoek en de resultaten. Hoe is het onderzoek in zijn werk gegaan, is alles volgens plan verlopen en zijn er verbeterpunten. Naast de aanpak worden ook de resultaten serieus belicht, komen de resultaten van het onderzoek overeen met de andere onderzoeken en zijn er nog bepaalde omstandigheden geweest gedurende het onderzoek welke wellicht de resultaten hebben kunnen beïnvloeden. Alles om de pootgoed teler een zo realistisch beeld te geven over het gedane onderzoek en de resultaten daarvan, en wat er in de toekomst wellicht nog meer van de toepassing met stro valt te verwachten.

Deelvraag 1

Op welke manier zorgt een verminderd visueel contrast voor minder PVY besmettingen?

Een verminderd visueel contrast kan op de volgende manier voor minder PVY besmettingen zorgen. Het gehele principe berust op de golflengtes van het spectrum, datgene dat wij mensen als kleur beschouwen. Wanneer de luis over de jonge pootaardappelen vliegt ziet de luis door middel van zijn fotoreceptoren een duidelijk contrast tussen de kale grond en de plek waar de aardappelplant staat. Op basis van dit visuele contrast in combinatie met de juiste type vlucht, kan een bladluis op een aardappelplant landen. Zo zijn er een aantal onderzoeken welke melden dat door het verminderen van het visuele contrast tussen de aardappelplant en de achtergrond het aantal PVY besmettingen sterk gereduceerd kan worden. Zo meldt het onderzoek van Brice Dupuis dat een toepassing van stro leidde tot 34% reductie in het aantal PVY besmettingen. Dit is dan precies het punt waarop dit onderzoek zich onderscheidt ten opzichte van andere onderzoeken met deze toepassing. In alle andere proeven is tijdens het groeiseizoen of met minerale olie gespoten of met een insecticide en in enkele gevallen zelfs beide. Deze punten beïnvloeden naast de bladluis populatie ook de virus overdracht sterk. Het is daarom maar de vraag of het gehele percentage bij deze vergelijkbare onderzoeken toe te rekenen is aan de toepassing met stro. Daarentegen is in deze proef geen enkele keer met een insecticide of minerale olie gespoten. Dit was met name mogelijk omdat het onderzoek in een consumptie aardappelperceel werd uitgevoerd.

Deelvraag 2

Wat is de praktische toepasbaarheid van de maatregel?

Over de toepasbaarheid van de maatregel is nog niet veel te zeggen. Veel telers willen eerst zeker weten of de maatregel werkt, voordat ze hun kostbare pootaardappel toevertrouwen aan deze methode. De ervaringen zijn daarentegen op het gebied van de toepasbaarheid van de maatregel momenteel niet negatief te noemen. Artikelen en studies waarin met name telers aangeven naast de voordelen nog niet of nauwelijks tegen problemen te zijn aangelopen, biedt perspectief voor de toepassing. Desalniettemin hebben de onderzoeken vooralsnog weinig tegenslagen gehad van het weer. Een nat voorjaar kan de toepasbaarheid er moeilijk maken. Dit geldt ook voor de oogst. Hoewel op één onderzoek na, er eigenlijk nog geen ervaringen bekend zijn. Wellicht was het interessant geweest om onder een grote groep pootgoedtelers een pilot te houden over de bereidbaarheid van toepassing en tegen welke zaken de telers verwachten aan te lopen. Echter is het in dit onderzoek enkel gebleven bij een aantal persoonlijke gesprekken met telers. Voor een duidelijk antwoord op deze vraag zou er nog een paar jaar op praktijk niveau onderzoek gedaan moeten worden, om te kijken waar de knelpunten van de toepassing zitten en hoe deze eventueel verholpen kunnen worden als de toepassing opgang neemt in de pootaardappelsector.

Deelvraag 3

Wat is de effectiviteit van mulchen met stro op de bladluis populatie?

De deelvraag heeft in vergelijking met andere onderzoeken, welke op een vergelijkbare wijze zijn uitgevoerd nagenoeg hetzelfde resultaat opgeleverd. Een reductie van ruim 66%, in vergelijking met het door B. Dupuis behaalde percentage van 34% procent, valt het resultaat op het eerst gezicht lichtelijk hoog uit. Maar zoals al eerder benoemd werden in deze vergelijkbare onderzoek altijd insecticiden of minerale mee gespoten.

Daarnaast zijn de percentages ook niet helemaal met elkaar te vergelijken. Waar de 66,7% wat zegt over een reductie van de populatie bladluizen, zegt de 34% wat over de reductie in het aantal virus overdrachten. Wellicht dat dit percentage nog veel interessanter is voor de pootgoedteler dan een reductiepercentage van de bladluispopulatie. Echter bleek dit niet binnen de kaders van het onderzoeksbedrijf te passen binnen de bepaalde tijd en de middelen die er beschikbaar waren. Vergelijkbare onderzoeken zoals die van B. Dupuis werkten met een vast aantal virus planten per populatie (plot). Door tijdens de oogst van elke plant een knol te testen viel snel te achter halen wat de effectiviteit van de toepassing was. Met de 66,7%, welke in dit onderzoek naar voren is gekomen, is op het gebied van een reductie in het aantal besmetting niets te zeggen. Wellicht dat dit in een vervolgonderzoek wel gedaan kan worden. Met name omdat er speciaal voor een virus gevoelig ras gekozen is om de proef mee uit te voeren. Dit zijn aspecten waar wellicht meer uit gehaald had kunnen worden.

Verder is het onderzoek, zoals al eerder vermeld op vergelijkbare wijze uitgevoerd, als de benoemde vergelijkbare onderzoeken. Op het gebied van oppervlakte, aantal plots en herhalingen kwam de proef overeen met andere onderzoeken. Wel hadden veel onderzoeken grijze gebieden, hoe was de stro toegepast, wat was de luizen druk (gele vangbak) en werden luizen gevangen of werden deze enkel bij waarneming genoteerd om zo de populatie niet te beïnvloeden. Al deze onzekerheden zijn gedurende het onderzoek op eigenwijze ingevuld. Zo hebben we het stro met de hand verdeeld en hebben we de luizen bij waarneming laten zitten om de populatie niet te beïnvloeden. Punten die, naar eigen zeggen, op de juiste manier zijn uit gevoerd ten behoeve van de betrouwbaarheid.

Hoofdstuk 5. Conclusie & aanbevelingen

In het hoofdstuk conclusie en aanbevelingen worden er enkele conclusies trokken en aanbevelingen gedaan. De conclusies en aanbevelingen, welke hierin naar voren komen, zijn interessant voor de gehele pootaardappelsector, en vooral voor de partners binnen de PPS virus en vectorbeheersing, waar dit onderzoek onderdeel van is. Het doel van de conclusies die hierin naar voren komen is met name het informeren van telers en andere betrokken instanties in de pootaardappelsector. Om telers een idee te geven wat ze kunnen verwachten en waar er enige vorm van waakzaamheid dient te zijn. Daarnaast om mechanisatiebedrijven wellicht aan het denken te zetten om passende mechanisatie voor de maatregel te bedenken.

5.1 Conclusie

Er worden conclusies uit alle deelvragen getrokken, de conclusies van de deelvragen samen vormen het antwoord op de hoofdvraag.

Deelvraag 1

Op welke manier zorgt een verminderd visueel contrast voor minder PVY besmettingen?

De bladluis zoekt een geschikte waardplant door middel van een aantal type vluchten. De algemene vlucht, de migratie vlucht, de aanval vlucht en de settel vlucht. Gedurende algemene en migratie vlucht scant de bladluis door middel van geur receptoren en fotoreceptoren in het oog naar mogelijke waardplanten om op te landen. Dit gegeven, in combinatie met de resultaten van het onderzoek van Döring en Chittka waaruit bleek dat groene perzik bladluizen over twee fotoreceptoren beschikken, toont aan dat groene perzikbladluizen de kleur van aardappelplant kunnen onderscheiden. Dit betekent dat groene perzikbladluizen doelgericht opzoek kunnen gaan naar een geschikte waardplant. Zwitsers onderzoek naar mindering in PVY besmetting door middel van het verminderen van het visuele contrast leidde tot een reductie van 34% (bij stro) virus besmettingen. Het principe waardoor luizen de aardappelplant niet meer kunnen herkennen is wetenschappelijk al een aantal keren bewezen, gezien de goede reductie cijfers op het gebied van virus besmettingen. Dit alles wordt bewerkstelligd door de achtergrond op de aardappelplant te laten lijken. Op die manier herkent de groene perzikbladluis de aardappelplant niet en worden virus besmettingen verminderd.

Deelvraag 2

Wat is de praktische toepasbaarheid van de maatregel?

Over de praktische toepasbaarheid van de maatregel is nog niet veel te zeggen. Er zijn namelijk op grote schaal nog geen telers die de maatregel gebruiken. Op deze manier komen de ervaringen enkel uit de onderzoekswereld. Deze manier van werken is puur gericht op de toetsing van het principe, hierbij wordt vaak geen rekening gehouden met hoe bepaalde werkzaamheden in de praktijk zullen uitwerken. Zo gaan er veel vragen op bij telers op het gebied van de toepasbaarheid. Echter zijn er op basis van de huidige ervaringen een aantal conclusies te trekken. De vraag of de toepassing van stro op en tussen de aardappelruggen opbrengst kost, en of hier een stikstof correctie aan te pas dient te komen om wel de gewenste opbrengst te behalen, is door onderzoek van Kirchner in Finland uitgesloten. In hoeverre deze data van toepassing is voor Nederlandse pootgoedtelers is nog onbekend, maar het biedt perspectief. Een toepassing met gerst stro leidde immers nooit tot een opbrengst vermindering. Verder neemt de mechanisatie ook stappen om het concept in praktijk te kunnen brengen. Zo worden nu vooral stro blazers is uit de veehouderij gebruikt. Dit blijft mits de schaal niet vergroot wordt goed mogelijk op deze wijze. Het is enkel nog de vraag hoe de mechanisatie zich ontwikkelt wanneer niet alleen eerste- en tweedejaars stammateriaal onder een laag van stro worden gelegd, maar ook de overige pootaardappelen. Wanneer stro toegediend is, is volgens telers het laatste obstakel de oogst. Verhindert de drie á vier ton stro per hectare de

oogstwerkzaamheden, zowel onder natte als droge omstandigheden? Uit onderzoek van Kirchner bleek dat bij een veldproef, welke machinaal uitgevoerd werd, er tijdens de oogst geen problemen te zijn met het aanwezige stro. Of de toepasbaarheid van de maatregel voldoende is te noemen, is momenteel nog moeilijk te zeggen, aangezien het concept van de maatregel nog in de kinderschoenen staat. Veel van deze punten zullen in de praktijk naar voren komen, wanneer de maatregel, mits een goede virus preventie, opgang neemt in de op aardappelteelt. Maar voor nu is het idee op schaal van één tot twee hectare per bedrijf goed toepasbaar.

Deelvraag 3

Wat is de effectiviteit van mulchen met stro op de bladluis populatie?

Om de effectiviteit van de maatregel te bepalen is er een onderzoek uitgevoerd bij Wageningen Plant Research te Lelystad. In een perceel Innovators is een proefveld met stro aangelegd om te kijken of de toepassing leidt tot een vermindering van bladluis populatie. Dit onderzoek is gebaseerd op vergelijkbare onderzoeken, en vooral uitgevoerd om te testen of de maatregel en de behaalde resultaten in andere landen ook voor Nederlandse pootgoedtelers opgaan. Met een reductie percentage van 66,7% valt met zekerheid te zeggen dat de toepassing van stro mulchen in de aardappelteelt leidt tot een significant lagere bladluis populatie. In vergelijking tot andere onderzoeken lijkt dit percentage aan de hoge kant. Dit wordt vooral veroorzaakt door het feit dat de andere onderzoeken een reductie percentage van het aan virus besmettingen weergeven.

Hoofdvraag

Kunnen pootaardappeltelers hun pootgoed beschermen tegen het PVY-virus door het creëren van een verminderd visueel contrast voor bladluizen?

Nederlandse pootgoedtelers kunnen op basis van resultaten uit dit onderzoek en in andere onderzoeken met een gerust hart vanuitgaan dat een verminderd visueel contrast leidt tot minder besmettingen met het PVY-virus. Door het gezichtsveld van de bladluis te manipuleren op een natuurlijk manier, kan de bladluis de aardappelplant minder goed vinden. Dit gegeven zou direct tot een vermindering van het aantal PVY besmettingen binnen een perceel moeten kunnen leiden. Desalniettemin moeten telers er niet vanuit gaan dat deze maatregel direct zou kunnen leiden tot een reductie in het gebruik van gewasbeschermingsmiddelen. In alle onderzoeken, op deze na, zijn bepaalde hoeveelheden insecticiden gebruikt om groene perzikbladluizen te doden. Dit betekent dat de maatregel met stro bij deze onderzoeken gedurende het gehele teeltseizoen ondersteuning heeft gehad van gewasbeschermingsmiddelen. Mochten pootaardappeltelers gecharmeerd zijn van de methode, dan is deze momenteel met een kleine aanpassing in de mechanisatie, op kleine schaal zeer goed uitvoerbaar. Met deze methode ligt er een goed alternatief op de plank waar pootgoed telend Nederland, nu het spannend wordt op het gebied van virus preventie en de nog toegestane gewasbeschermingsmiddelen, in de toekomst voordeel uit kan halen.

5.2 Aanbevelingen

Het onderzoek is in het voorjaar van 2022 gestart. Het onderzoek is onderdeel van de PPS virus en vector beheersing, van Wageningen Plant Research, onderdeel van de WUR. Hier waren ze zeer benieuwd naar de toepassing en de resultaten. Met de resultaten kan de WUR verder vooruit op het gebied van virus preventie. Een aanbeveling voor de WUR is om wellicht voor dergelijk onderzoek meer tijd te nemen, en het onderzoek op het principe van virus besmettingen uit te voeren. Hier valt immer nog niks over te zeggen. Een aanbeveling voor pootgoedtelers is, begin niet te groot met de toepassing. Begin kleinschalig. Er moeten nog veel onzeker- en onwetendheden uitgesloten worden. En bij toepassing, kies het juiste moment, want van de structuurschade kan het gehele seizoen hinder ondervonden worden.

Literatuurlijst

- Akkerwijzer, & Wiepkema, F. (2018, 11 december). *Tegenvallende nacontrole pootgoed afgerond* [Foto]. Akkerwijzer. <https://www.akkerwijzer.nl/artikel/175678-tegenvallende-nacontrole-pootgoed-afgerond-25-2-procent-verlaagd/>, Geraadpleegd op: 17-03-2022
- Allema, B., Van Rozen, K., Helsen, H., Huiting, H., Verbeek, M., & Van Tol, R. (2020). Natuurvriendelijke bestrijding van bladluizen : voorkómen van hoge populatiedichtheden en curatief bestrijden. *Natuurvriendelijke bestrijding van bladluizen : voorkómen van hoge populatiedichtheden en curatief bestrijden*. <https://doi.org/10.18174/534151>, Geraadpleegd op: 10-03-2022
- Bladluizen op aardappel*. (2005). [Foto]. Geraadpleegd op: 10-03-2022. Plantaardappelen. <https://www.plantaardappelen.be/hoe-aardappelen-planten/bladluizen-op-aardappelen>
- De Coninck, H. (2021, 9 juni). *PBL Academielezing: Internationale klimaatafspraken - wanneer doet* [Persbericht]. <https://www.pbl.nl/nieuws/2021/pbl-academielezing-internationale-klimaatafspraken-wanneer-doet-nederland-genoege>, Geraadpleegd op: 10-03-2022
- Döring, T. F., & Chittka, L. (2007). Visual ecology of aphids—a critical review on the role of colours in host finding. *Arthropod-Plant Interactions*, 1(1), 3–16. <https://doi.org/10.1007/s11829-006-9000-1>
- Dupuis, B. (2017). "Development of a crop management method to control the spread of Potato Virus Y (PVY). Geraadpleegd op: 10-03-2022. *Thesis Brice Dupuis*, 1–278. <https://dial.uclouvain.be/pr/boreal/object/boreal:192701>
- Graafstra, S. (2020, december). Geraadpleegd op: 10-03-2022. *Bestrijding van bladluizen in pootaardappelen* (Nr. 1). HLB, Geraadpleegd op: 11-03-2022
- Hertel, A., & Nauen, R. (2015, oktober). *Pyrethroïdenresistentie* [Foto]. IRS.nl.
- 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. <https://doi.org/10.1007/s11540-014-9254-4>
- Lai, R., Hu, H., Wu, X., Bai, J., Gu, G., Bai, J., Zhou, T., Lin, T., & Zhong, X. (2019). Intercropping oilseed rape as a potential relay crop for enhancing the biological control of green peach aphids and aphid-transmitted virus diseases. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 167(11), 969–976. <https://doi.org/10.1111/eea.12850>, Geraadpleegd op: 19-03-2022
- Loebenstein, G., Berger, P. H., Brunt, A. A., & Lawson, R. H. (Eds.). (2001). Virus and Virus-like Diseases of Potatoes and Production of Seed-Potatoes. *Virus and Virus-like Diseases of Potatoes and Production of Seed-Potatoes*. <https://doi.org/10.1007/978-94-007-0842-6>, Geraadpleegd op: 20-03-2022
- Luizen foppen met stro*. (2022, 23 juni). Cumela. Geraadpleegd op 2 augustus 2022, van <https://www.cumela.nl/nieuws/achtergrond/luizen-foppen-met-stro>
- MacKenzie, T. D. B., Arju, I., Poirier, R., & Singh, M. (2018). A Genetic Survey of Pyrethroid Insecticide Resistance in Aphids in New Brunswick, Canada, with Particular Emphasis on Aphids as Vectors of Potato virus Y. *Journal of Economic Entomology*, 111(3), 1361–1368. <https://doi.org/10.1093/jee/toy035>, Geraadpleegd op: 11-03-2022
- Meijering, L. (2021, 28 april). *Te weinig grip op virusbesmettingen pootaardappelen*. De Boerderij. Geraadpleegd op 10 maart 2022, van <https://www.boerderij.nl/te-weinig-grip-op-virusbesmettingen-in-pootaardappelen>
- Rolot, J. L., Seutin, H., & Deveux, L. (2021). Assessment of Treatments to Control the Spread of PVY in Seed Potato Crops: Results Obtained in Belgium Through a Multi-Year Trial. *Potato Research*, 64(3), 435–458. <https://doi.org/10.1007/s11540-020-09485-7>, Geraadpleegd op: 17-03-2022

- Schepers, A., & Bus, C. B. (1980). *Virusziekten in pootaardappelen* (Publicatie ed., Vol. 7). Geraadpleegd op: 10-03-2022. Proefstation AVG, Geraadpleegd op: 10-03-2022
- Singh, K. P., Jahagirdar, S., & Sarma, B. K. (Eds.). (2021). *Emerging Trends in Plant Pathology. Emerging Trends in Plant Pathology*. <https://doi.org/10.1007/978-981-15-6275-4>, Geraadpleegd op: 19-03-2022
- Smit, F. (2021, 12 maart). *Aanpak virus in pootgoedteelt vraagt om systeemaanpak*. Nieuwe Oogst. Geraadpleegd op 10 maart 2022, van <https://www.nieuweoogst.nl/nieuws/2021/03/12/aanpak-virus-in-pootgoedteelt-vraagt-om-systeemaanpak>
- Steinger T, Gilliand H, Hebeisen T, 2014. Epidemiological analysis of risk factors for the spread of potato viruses in Switzerland. *Annals of Applied Biology* 164, 200–7, Geraadpleegd op: 14-03-2022
- 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, Geraadpleegd op: 14-03-2022
- Tholhuijsen, L. (2022, 1 maart). Geautomatiseerde ziektedetectie krijgt vorm. *De boerderij*, 107(23), Geraadpleegd op: 10-03-2022
- Vijverberg, H. P. M. (1987). Pyrethroïden: chemische structuur en neurotoxische werking. *Chemisch magazine*, 340–342., Geraadpleegd op: 11-03-2022
- Wiepkema, F. (2019, 19 augustus). 'Goede selectie steeds belangrijker om virussen in aardappelen vroegtijdig te vinden' | *Akkerwijzer.nl - Nieuws en kennis voor de akkerbouwers*. Akkerwijzer.nl. Geraadpleegd op 14 maart 2022, van <https://www.akkervijzer.nl/artikel/186286-goede-selectie-steeds-belangrijker-om-virussen-in-aardappelen-vroegtijdig-te-vinden/>
- Wiepkema, F. (2020, 9 februari). *Grote vraag naar selecteurs zorgt voor wachtlijsten bij selectiecursus NAK*. Akkerwijzer. Geraadpleegd op 14 maart 2022, van <https://www.akkervijzer.nl/artikel/235933-vraag-naar-selecteurs-zorgt-voor-wachtlijsten-bij-selectiecursus-nak/>
- Zijlstra, W. (2022, 25 april). *GAAS EN STRO ALS AFWEER TEGEN LUIZEN*. noordz. Geraadpleegd op 2 augustus 2022, van <https://www.noordz.nl/2022/04/21/211221/>

Efficacy evaluation of plant protection products
Evaluation biologique des produits phytosanitaires

Design and analysis of efficacy evaluation trials

Specific scope

This standard is intended for use in association with EPPO Standards of set PP 1 *Standards for the efficacy evaluation of plant protection products* and provides detailed advice on the design and analysis of efficacy evaluation trials.

Specific approval and amendment

First approved in 1989–09.

First revision approved in 1998–09.

Second revision approved in 2006–09.

Revision mainly to reflect zonal assessment approved in 2012–09.

Introduction

This standard is intended to provide general background information on the design and analysis of efficacy evaluation trials. The EPPO Standards for the efficacy evaluation of plant protection products provide more detailed instructions on such trials for individual host/pest combinations. The set-up of a trial is first considered (experimental design, plot size and layout, role and location of untreated controls). The nature of observations to be made is then reviewed (types of variables, modes of observation). Finally, suggestions are made on the statistical analysis of the results of a trial and of a trial series (estimates of effects, choice of the statistical test, transformation of variables). Appendix 1 gives examples of scales used in the EPPO standards.

What follows is intended to give an outline of good statistical practice in the analysis of data. It is not, and cannot be, a prescription for all analyses, and cannot cover all situations. Practitioners should never underestimate the need for professional statistical advice. It is important for practitioners to understand the advice they receive. It is often better for them to perform a simple analysis that they can report and defend with confidence, than to accept advice that leads to an analysis that they may understand only partially. The bibliography at the end of these standards may be helpful. It gives several good texts that attempt to reveal the principles of good statistical practice, rather than to provide a series of statistical recipes to be followed blindly.

1. Experimental design

1.1 Experimental scope and objectives

Before the design of a trial is considered, its scope and objectives should be defined clearly, because these constrain the available choices of design. In practice, an iterative process is often used: scope and objectives are gradually adjusted to fit the experimental resources available. It is vital that the scope and objectives are updated to reflect decisions made during this process.

The scope of the trial reflects the range of practical outcomes that may result from the trial and which are relevant to its objectives. Part of the scope relates to the population which the trial is sampling. Another part determines the range of environmental conditions, crops, treatment chemicals, application methods and target pests which the trial is intended to test. The scope defines the context in which the experimental units and observations are studied.

The objectives of the trial should be in the form of questions about the treatments to which answers are desired. Typical answers will be 'yes' or 'no', a ranking of treatments or an estimate of a value.

The scope and objectives should form part of the trial protocol, as described in EPPO Standard PP 1/181 *Conduct and reporting of efficacy evaluation trials, including good experimental practice*. The planned experimental methods, design and analysis described below should also form part of the protocol.

2	7	3	7	8	3	5	4
1	2	6	2	2	3	4	6
8	4	5	4	6	8	1	5
1	5	7	8	1	7	3	6

Fig. 1 A fully randomized design. Each treatment (labelled 1–8) is replicated 4 times; individual treatment labels are assigned completely randomly to the 32 plots.

1.2 Types of design

EPPO Standards for the efficacy evaluation of plant protection products envisage trials in which the experimental treatments are the 'test product(s), reference product(s) and untreated control, arranged in a suitable statistical design'. It is also envisaged that the products may be tested at different doses and/or application times. This applies particularly to the use of a higher dose in selectivity trials and dose-response studies in general.

Mono-factorial designs are appropriate for trials if the test product(s), reference product(s) and untreated control can be considered as different levels of a single factor, and if there are no other factors that require study. However, if, for example, the effect of each product in an efficacy trial is to be studied at different doses, then a factorial design may be used with, in general, all possible combinations of treatments from both factors represented. In this way, important interactions between the factors may be revealed and estimated.

The principal randomized designs which are likely to be used are: completely randomized and randomized complete block. These are illustrated below on the basis of a mono-factorial example with 8 treatments, i.e. 5 different test products, 2 reference products and an untreated control; each treatment is replicated 4 times.

1.2.1 Completely randomized design

The treatments in a completely randomized design (Fig. 1) are assigned at random to the experimental unit. This design is potentially the most powerful statistically (in the sense that there is a maximum chance of detecting a significant difference if it exists), because it allows retention of the maximum number of degrees of freedom for the residual variance. However, it is suitable only if the trial area is

known to offer a homogeneous environment. If there is considerable heterogeneity between different parts of the trial area, residual variance may become unacceptably high, and it is better to use a design that accounts for this, such as a randomized complete block.

1.2.2 Randomized complete block design

A block is a group of plots within which the environment relevant to the observations to be made is homogeneous. In this design, the blocks are laid out deliberately so that plots within them are as uniform as possible before application of treatments. Usually, each treatment appears once and once only, within each block. The treatments are distributed randomly to the plots within the blocks, which act as replicates. The arrangement of treatments in each block should be randomized separately for each block. In the following examples (Figs 2–4), there are 4 blocks and 8 treatments. The layout of the blocks aims to control the heterogeneity of the site (e.g. slope, direction of work at sowing or planting, exposure, degree of infestation etc.), plants (size, age, vigour) or of the conditions occurring during the experiment (application of treatments, assessments). The layout of the blocks therefore requires some preliminary knowledge of the trial area. The arrangement of plots within blocks may be influenced by plot shape: long narrow plots are often arranged side-by-side, whereas, square plots may be laid out in other ways. However, blocks do not have to be placed side by side. If there is good preliminary knowledge of a field, this may be utilized by scattering blocks across the field, to account for previously observed heterogeneity (Figs 5 and 6). Although it is quite possible that in a randomized layout, treatments within a replicate may appear in treatment order, this is to be avoided wherever possible in the interests of unbiased evaluations. If there is extremely good preliminary knowledge, and it can be confidently assumed that conditions will remain the same for the experiment to be done, complex heterogeneity may be allowed for, and it is not even necessary for plots of the same block to be adjacent. For example, blocks may be broken up to account for a known patchy infestation of nematodes. In Fig. 6, plots within block 1 have been deliberately placed at points of visibly low infestation and plots within block 2 at points of visibly high infestation.

Block 1	3	8	7	2	5	4	6	1
Block 2	4	7	5	1	6	2	8	3
Block 3	5	6	7	2	8	3	1	4
Block 4	8	4	1	3	5	6	7	2

↓ Gradient

Block 1	Block 2	Block 3	Block 4
5 7 1 2 8 4 3 6	4 6 1 5 3 8 2 7	3 8 2 5 4 7 6 1	2 3 1 8 5 6 7 4

Fig. 2 Possible arrangement of blocks and plots in randomized blocks in field trials. An environmental gradient down the field is accounted for, either by arranging blocks down the gradient, or by placing blocks side by side. In each case, plots within blocks placed across the gradient are affected equally by the environmental variable.

Bijlage 2 Statistische analyse

	SS	DF	VAR	F	Fc
SS Between	66,78	1	66,78	11,78	7,71
SS Within	22,68	4	5,67	X	
SS Total	89,46	5	17,89	X	