



Y-virus in aardappelen met groeischeuren

Eindscriptie AAFW
Auteur: Jeldert Oenema

Y-virus in aardappelen met groeischeuren.

*Een onderzoek naar het verband tussen
Y-virus en groeischeuren in aardappelen*

Auteur: Jeldert Oenema

Studentnummer: 3029141

Klascode: 4TA

Onderwijsinstelling: Aeres Hogeschool

Plaats: Dronten

Docent: Evert Los

Module: AFFW 01

Schooljaar: 2022 – 2023

Datum: 22-12-2022

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.



Voorwoord

Voor U ligt de eindscriptie van mij, Jeldert Oenema ter afronding van de opleiding Tuin- en akkerbouw aan de Aeres Hogeschool in Dronten. Deze eindscriptie, welke onderdeel is van de module AAFW, is het "meesterstuk" van de opleiding. In deze eindscriptie staat de aardappelvirusproblematiek centraal. Om het onderwerp toe te spitsen is ervoor gekozen om specifiek onderzoek te doen naar PVY-virus in aardappelen met groeischeuren. Deze eindscriptie is geschreven voor de algemene aardappelsector, maar specifiek voor de pootgoedsector. In het verlengde daarvan kunnen de resultaten van waarde zijn bij de Nederlandse Algemene Keuringsdienst (NAK) en de (inter)nationale pootgoedhandel. De afbeelding die gebruikt is op de voorpagina is in eigendom van Stichting NAK.

Middels dit schrijven wil ik mijn dank uitbrengen aan Dhr. Evert Los voor het begeleiden van de afstudeerstage en van het scriptieonderzoek. Ook wil ik middels dit schrijven Dhr. Gerben Epema en Dhr. Jeroen Winkelhorst bedanken voor de hulp en begeleiding tijdens mijn stageperiode en scriptieonderzoek. De overige betrokkenen wil ik middels dit schrijven bedanken voor het verstrekken van informatie, het ondersteunen en begeleiden van het onderzoeksproces en het sparren om te komen tot een kwalitatief hoogstaand onderzoek. In brede lijn wil ik alle telers en keurmeesters bedanken voor het verzamelen van monsters en het beschikbaar stellen van de partijen. Vervolgens gaat mijn dank uit naar de medewerkers van het snijlab en de onderzoekers voor het verwerken van de proefmonsters. Tot slot wil ik de NAK in het algemeen bedanken voor de kansen die ik gekregen heb en dat ik mijn afstudeerstage en eindscriptie tegelijkertijd bij deze organisatie uitvoeren mocht.

Jeldert Oenema

Nijemirdum, 22 december 2022

Inhoud

Voorwoord	3
Samenvatting	5
Summary	6
1. Inleiding	7
1.1 Kengetallen van de Nederlandse aardappelsector	7
1.2 Virusproblematiek	8
1.3 Soorten aardappelvirussen	8
1.4 Verspreiding en preventie	9
1.5 Soorten groeischeuren	9
1.6 Nederlands keuringssysteem	10
1.7 Vraagstelling	11
1.8 Hoofdvraag	12
1.9 Deelvragen	13
2. Materiaal en methode	15
2.1 Materiaal	15
2.2 Methode	21
3. Resultaten	22
3.1 Statistische resultaten deelvraag 1	22
3.2 Statistische resultaten deelvraag 2	23
3.3 Statistische resultaten deelvraag 3	24
3.4 Statistische resultaten deelvraag 4	25
3.5 Statistische resultaten deelvraag 5	26
4. Discussie	28
4.1 Discussie deelvraag 1	28
4.2 Discussie deelvraag 2	30
4.3 Discussie deelvraag 3	32
4.4 Discussie deelvraag 4	33
4.5 Discussie deelvraag 5	35
5. Conclusie en aanbevelingen	38
5.1 Conclusie	38
5.2 Aanbevelingen	44
5.2.1 Aanbevelingen voor telers	44
5.2.2 Aanbevelingen voor de NAK	44
5.2.3 Aanbevelingen voor vervolgonderzoek	45
Bibliografie	47
Bijlagen	49
Bijlage 1: Monstername protocol	50
Bijlage 2: Ruwe data onderzoek	52

Samenvatting

In Nederland wordt jaarlijks circa 39.000 hectare pootaardgoed verbouwd. Binnen dit areaal is de afgelopen tien jaar het aandeel pootgoed in de klasse S of hoger verdubbeld. Aardappelvirusmanagement is binnen de pootgoedteelt één van de belangrijkste aspecten. De verschillende soorten virusstammen onder andere, PVY, X, A, V en Y-n, Y-w en Y-ntn zijn een bedreiging voor de kwaliteit van Nederlands pootgoed. Groeischeuren in aardappelen kunnen verschillende oorzaken hebben. Één van de mogelijke oorzaken is een besmetting met een aardappelvirus. Binnen bestaande onderzoeken is niet gekeken of er een verband is tussen aardappelen met groeischeuren en een besmetting met PVY-virus. Binnen dit onderzoek zijn 20 partijen pootaardappelen verzameld waarvan 400 knollen met en 400 knollen zonder groeischeuren getoetst zijn op de aanwezigheid van PVY-virus. De resultaten binnen dit onderzoek zijn gebaseerd op 19 partijen omdat één partij geen valide resultaten gaf.

Binnen dit onderzoek is een significant verband aangetoond tussen aardappelen met groeischeuren en een besmetting met PVY-virus. Aardappelen met groeischeuren bevatten gemiddeld 65% meer PVY-reacties ten opzichte van aardappelen zonder groeischeuren. In het vervolg daarvan is er binnen dit onderzoek geen ras welke significant meer PVY-virus bevat in aardappelen met groeischeuren dit komt mede door het hoge aantal rassen (14) waardoor van meerdere rassen geen herhaalmetingen voor handen waren.

Binnen dit onderzoek is geen significant verband aangetoond tussen generatie en PVY-besmettingen op basis van generatiecategorie 0 t/m 4 jaar en 5 t/m 9 jaar. Om aansluiting te vinden bij de praktijk is ervoor gekozen om nieuwe samenvoegingen te maken naar 0 t/m 5 jaar en 6 t/m 9 jaar. Aan de hand van de nieuwe resultaten is significant aangetoond dat de generaties 6 t/m 9 jaar meer PVY-virus bevatten in aardappelen met groeischeuren. Ook is er binnen dit onderzoek geen bewijs gevonden dat de variabele regio een extra verklarende factor is op het aantal PVY besmettingen. Tot slot is vastgesteld dat in de voorlopige pootgoedklasse A significant meer PVY-besmettingen gevonden zijn ten opzichte van het gemiddelde van alle overige klassen.

De resultaten bevestigen dat er een verband is tussen PVY-virus en het vormen van een groeischeur, echter zijn er vermoedens dat er meerdere factoren van invloed zijn op het vormen van groeischeuren. Groeischeuren zijn niet altijd het gevolg van een besmetting met PVY-virus. Meerjarig vervolgonderzoek zal uit moeten wijzen in hoeverre de resultaten binnen dit onderzoek berusten op toeval of dat er sprake is van een meerjarige trend.

Summary

Approximately 39,000 hectares of seed potatoes are cultivated in the Netherlands each year. Within this area, the share of seed potatoes in class S or higher has doubled over the past ten years. Potato virus management is one of the most important aspects in seed potato cultivation. The different types of virus strains, including PVY, X, A, V and Yn, Yw and Y-ntn, pose a threat to the quality of Dutch seed potatoes. Growth cracks in potatoes can have various causes. One of those possible causes is an infection with a potato virus. Existing studies have not examined whether there is a connection between potatoes with growth cracks and an infection with the PVY virus.

Within this study, 20 batches of seed potatoes were collected, of which 400 tubers with and 400 tubers without growth cracks were tested for the presence of PVY virus. The results within this study are based on 19 batches because one batch did not give valid results. Within this study, a significant connection has been shown between potatoes with growth cracks and an infection with the PVY virus. Potatoes with growth cracks contain on average 65% more PVY reactions compared to potatoes without growth cracks. Subsequently, there is no variety within this study that contains significantly more PVY virus in potatoes with growth cracks. This is partly due to the high number of varieties (14), which meant that no repeat measurements of several varieties were available.

Within this study, no significant relationship has been demonstrated between generation and PVY infections based on generation category 0 to 4 years and 5 to 9 years. In order to link up with practice, it has been decided to make new aggregations into 0 to 5 years and 6 to 9 years. Based on the new results, it has been significantly demonstrated that generations 6 to 9 years contain more PVY virus in potatoes with growth cracks.

No evidence was found within this study that the variable region is an additional explanatory factor for the number of PVY infections. Finally, it has been established that significantly more PVY contaminations were found in the provisional seed potato class A compared to the average of all other classes.

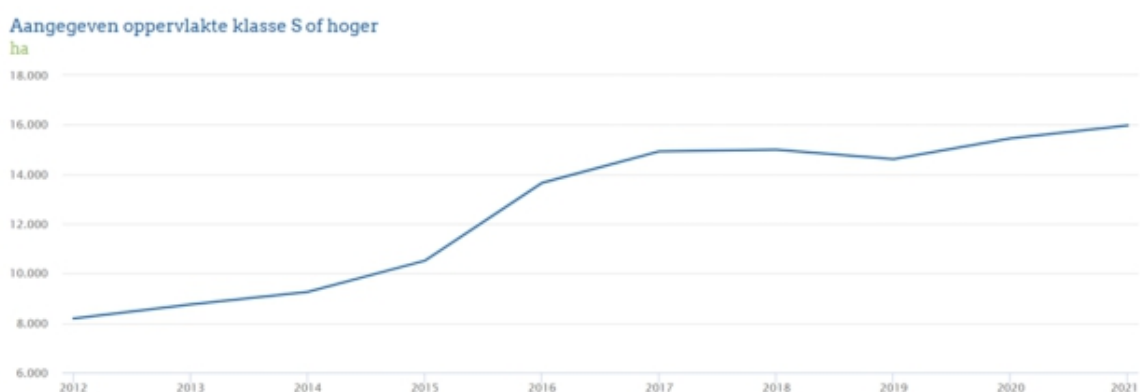
The results confirm that there is an association between PVY virus and the formation of a growth crack, but there are suspicions that several factors influence the formation of growth cracks. Growth cracks are not always the result of an infection with the PVY virus. Long-term follow-up research will have to show to what extent the results of this study are based on chance or whether there is a multi-year trend

1. Inleiding

1.1 Kengetallen van de Nederlandse aardappelsector

De Nederlandse agrarische sector heeft gemiddeld genomen in de periode 2015 t/m 2021 een omvang van 1,8 miljoen hectare (CBS Statline, 2022). Het Nederlandse akkerbouwareaal schommelt in dezelfde periode tussen de 503.000 en 532.000 hectare (CBS Statline, 2022). Op ongeveer 30-33% van het akkerbouwareaal worden aardappelen verbouwd (CBS Statline, 2022). Dit gaat in de periode 2015-2021 jaarlijks om 155.000 tot 180.000 hectare. Het grootste gedeelte van het Nederlandse aardappelareaal bestaat uit consumptieaardappelen. Dit gaat om ongeveer 44% met een bijbehorend areaal tussen de 70.000 en 78.000 hectare. In Nederland is de zetmeelteelt met een jaarlijks gemiddeld areaal rond de 45.000 hectare goed voor ongeveer 25%. De rest van het areaal betreft de teelt van pootaardappelen. Dit areaal schommelde de afgelopen jaren tussen de 39.000 en 41.000 hectare (CBS Statline, 2022) (Stichting Nederlandse Algemene Keuringsdienst, 2022).

Het aantal pootgoedtelers schommelt in de periode 2015-2021 tussen de 1.870 en 1.770 telers. (NAK, 2021) De gemiddelde pootgoedoppervlakte per teler is gestegen van 20,1 hectare in 2012 naar 23,6 hectare in 2021. Een tweede trend is het feit dat het areaal pootaardappelen met de oppervlakteklasse S of hoger verdubbeld is in de periode 2012-2021. In 2012 was het areaal pootaardappelen met de aangegeven veldklasse S of hoger ongeveer 8.000 hectare, terwijl deze in 2021 bijna 16.000 hectare bedroeg (zie figuur 1) (NAK, 2021).



Figuur 1: Aangegeven oppervlakte klasse S of hoger in Nederland in de periode 2012-2021 (bron: NAK, 2021).

1.2 Virusproblematiek

Voor pootgoedtelers is het virusmanagement binnen een teeltseizoen één van de belangrijkste aspecten. Omdat de classificatie en uitbetaling van pootgoed gekoppeld is aan onder andere de interne kwaliteit is het op financieel gebied voor een teler belangrijk om een partij pootgoed zo veel mogelijk vrij te houden van aardappelvirussen. De kwaliteit van Nederlands pootgoed komt steeds meer in het gedrang door onder andere het wegvallen van neonicotinoïden als luizendoder (CTGB,2019) (NVWA,2019) en de zachtere winters waardoor de bladluizenpopulatie in het voorjaar bijna tweemaal zo hoog is dan bij een winter met vorstomstandigheden (ProfytoDSD,2022). Er zijn tijdens de opkomstperiode vaker luizenvluchten (NAK,2021) en deze luizen kunnen chemisch nauwelijks bestreden worden. Omdat de selectieperiode over het algemeen vijf weken na opkomst begint (ABOost,2018) is er een periode waarin het gewas niet volledig beschermd is tegen een luizenvlucht en tegelijkertijd alle virusbronnen in het veld nog aanwezig zijn. In deze periode staat een teler machteloos wanneer er een luizenvlucht plaatsvindt en er besmettingen plaatsvinden van plant naar plant. Secundair mozaïekvirusplanten vormen vaak minder loof en kunnen niet meegroeien met gezonde planten. De opbrengsten en knolkwaliteit van deze aardappelen is over het algemeen lager (Hak,2008).

1.3 Soorten aardappelvirussen

Binnen de aardappelteelt zijn diverse aardappelvirussen aanwezig gedurende het groeiseizoen. Zo kunnen aardappelen welke besmet zijn met het Potato virus A (PVA), Potato virus V (PVV), Potato virus X (PVX) en Potato virus Y (PVY) mozaïek symptomen doen vertonen in het blad van de aardappelplant (Carnegie & McCreath, 2010). Verschillende varianten van het Potato virus Y (PVY) hebben verschillende symptomen bij aardappelrassen



Figuur 2: Bont ten gevolge van een aantasting met PVY(NTN) (bron: Akkerwijzer).

(Karasev & Gray, 2013). Voorbeelden van PVY-stammen zijn PVY-N, PVY-O, PVY-C, PVY-Z, PVY-E, PVY-O, PVY-NTN en PVY-WI (Gao et al., 2020). De meest voorkomende stam in 2009, PVY (O), kan duidelijke symptomen van mozaïek op aardappelbladeren veroorzaken, het is niet bekend of PVY(O) zichtbare symptomen veroorzaakt op dochterknollen (Hu et al., 2009). Wel kunnen andere virusstammen zoals PVY (NTN) zichtbare symptomen veroorzaken op aardappelbladeren, stengels en dochterknollen.

1.4 Verspreiding en preventie

De groene perzikluis (*Myzus persicae*) (figuur 5) wordt gezien als de meest voorkomende verspreider van onder andere het aardappel Y-virus (Russchen et al., 2011).

Uit meerjarige luizenmonitoring blijkt van onder andere De Groene Vlieg, NAK en Bayer Agro Holland dat luizenpopulaties onder gunstige omstandigheden explosief uit kunnen breiden. Door de toenemende regelgeving kan men luizen niet ongelimiteerd bestrijden. De middelen welke onder Neonicotinoïden vallen zijn sinds 2020 verboden. Dit zijn bijvoorbeeld Actara, Calypso, Cruiser en Gazelle. Hierdoor kwamen er in 2018 en 2020 acute populatie-explosies van



Figuur 3: Groene perzikluis (*Myzus persicae*) (bron: Koppert Nederland).

bladluizen. Dit heeft geresulteerd in besmettingen van aardappelen met het aardappel Y-virus in een laat groeistadium. Wanneer partijen in handelsklasse teruggezet worden houdt dat in dat over het algemeen het product minder waard wordt. Uit jaarpublicaties van Nederlandse handelshuizen blijken de klassen PB4 en S hoger uitbetaald te worden dan de klasse E. Op die manier ondervindt een teler financiële schade aan het gevolg van een besmetting met bijvoorbeeld aardappel Y-virus.

In het groeiseizoen kan een teler het aantal virusbronnen in een perceel verminderen door te selecteren. Mede door chemische en natuurlijke gewasbescherming kan een teler de bladluizenpopulatie binnen een perceel doen verlagen. Echter kan een teler gedurende het bewaar- en afleverseizoen niet actief handelen om het viruspercentage binnen een partij te verlagen.

1.5 Soorten groeischeuren

Groeischeuren in aardappelen zijn over het algemeen stressreacties van de plant op de knol (Benedict et al., 2015). Zo kunnen groeischeuren een reactie zijn op de plotselinge groeiomstandigheden. Dit komt vaak voor bij een periode waarbij de knol bijna niet groeit en vervolgens tijdens optimale groeiomstandigheden te snel groeit. Hierdoor houdt de celdeling aan de buitenkant de celdeling in de kern niet bij waardoor de knol openscheurt (Jefferies & Mackerron, 1987). Ook kan het zijn dat tijdens de oogst de celspanning in de knol te hoog geweest is. Hierdoor scheuren de knollen open op het moment dat ze vallen op een harde ondergrond (Turkensteen et al., 2008). Groeischeuren met een "schildpadachtig" motief kunnen het gevolg zijn van een besmetting met *Rhizoctonia* (HAK, 2008). Door de zure stoffen welke het mycelium van *Rhizoctonia* uitscheidt strekken de cellen waar de zure stoffen zich bevinden niet mee. Hierdoor krijgt men ook een verschil in celdeling waardoor uiteindelijk de knol openscheurt. Ten slotte kan een groeischeur ook het gevolg zijn van een virusbesmetting (Benedict et al., 2015) (Inglis & Gundersson,

2015). Door de wisselvallige stofwisseling in de plant ondervindt deze stressperioden waardoor dochterknollen soms groeien en op het andere moment helemaal niet groeien. Hierdoor krijgt men hetzelfde effect als bij groeischeuren door wisselvallige groeiomstandigheden: de buitenste celdeling kan de binnenste celdeling niet bijhouden.

1.6 Nederlands keuringssysteem

Binnen de Nederlandse pootgoedteelt gelden er Europese en Nederlandse normen met betrekking tot aardappelvirus. Omdat de opbrengst potentie van een partij met een hoog viruspercentage lager ligt dan bij een virusvrije partij is er een keuringssysteem welke de kwaliteit bewaakt van het pootgoed. De Nederlandse Algemene Keuringsdienst (NAK) voert deze kwaliteitscontroles op meerdere manieren uit. Binnen het Nederlandse keuringssysteem wordt de kwaliteit van pootaardappelen bewaakt via een classificatiesysteem. Op volgorde van hoogste kwaliteit naar laagste kwaliteit zijn deze: PBTC, PB1, PB2, PB3, PB4, S, SE, E, A en B (zie figuur 3) (NAK, 2021). Hoe hoger de klasse, hoe lager de tolerantie is van onder andere aardappel Y-virus. In de klasse S mag in de veldkeuring

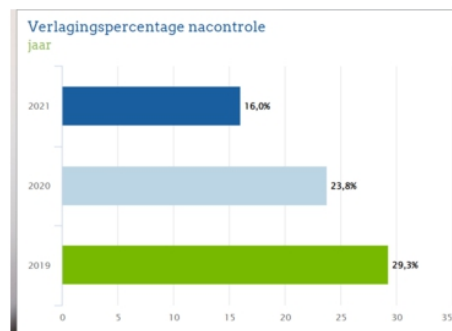
1 op de 4000 planten besmet zijn met een virus terwijl dit in de klasse SE 1 op de 2000 planten mag zijn. In de periode 2019-2021 lag het verlagingpercentage in de veldkeuring op 14,5-15,2%. Dit houdt in

Klasse	Generatie (max.)
PBTC (miniknollen) uitgangsplant (traditioneel)	G0
PB 1	G1
PB 2	G2
PB 3	G3
PB 4	G4
S	G5
SE	G6
E	G7
A	G8
B	G9
Categorie Prebasis	
Categorie Basis	
Categorie Gecertificeerd	

Figuur 4: Classificaties en bijbehorende maximale generaties van pootgoed (bron: NAK.nl)

dat deze percelen qua ziektebeeld niet overeenkomen met de bijpassende klasse. Deze percelen zijn dan verlaagd naar een bijpassende klasse, afhankelijk van het ziektebeeld. Dit heeft voor de teler vooral financiële gevolgen. De uitbetaling van een partij pootgoed met de klasse S is hoger dan de uitbetaling van een klasse A. 52% van deze verlagingen kan men verklaren door een te hoge hoeveelheid virusplanten (NAK, 2021). In dezelfde periode betrof het verlagingpercentage in de nacontrole met 29,3% in 2019, 23,8% in 2020 en 16% in 2021 relatief wisselvallig (zie figuur 4). Hierbij

valt het op dat ondanks de toename van hoogwaardig pootgoedmateriaal (klasse S of hoger) het aantal verlagingen op virus in de veldkeuring en nacontrole niet consequent zakt.



Figuur 5: Verlagingpercentage in de nacontrole tussen de periode 2019-2021 (bron: NAK).

1.7 Vraagstelling

De literatuur heeft aangegeven dat er vermoedens zijn dat groeischeuren in aardappelen het gevolg zijn van een besmetting met het aardappel Y-virus (Benedict et al., 2015) (Platt & D.Cattlin, 2008) (Potatovirus.com, 2012). In deze onderzoeken heeft men planten getoetst op aardappel-virussen en vervolgens bij de positief bevonden planten de dochterknollen gerooid. Hieruit bleek dat de dochterknollen van met virus besmette planten meer groeischeuren bevatten dan dochterknollen van gezonde planten. Ook heeft men als vervolgonderzoek deze besmette dochterknollen met groeischeuren weer uitgeplant om na te gaan of het aardappelvirus overgegeven is. Uit het vervolgonderzoek bleek dan ook dat deze dochterknollen met groeischeuren significant meer "bonte" symptomen vertoonden.

Ook is vanuit de literatuur wel bekend dat er bij sommige rassen sprake is van significantie tussen bepaalde typen groeischeuren en PVY-virus, maar deze onderzoeken zijn vaak gevestigd op één specifiek ras welke in Nederland niet of nauwelijks te velde staat (Benedict et al., 2015) (Inglis & Gundersson, 2015). Er zijn meerdere studies geweest waarin onderzocht is of er een verband te leggen is met groeischeuren in aardappelen en een besmetting met aardappel Y-virus. Deze onderzoeken zijn echter op ras-niveau gedaan en met rassen welke in Nederland bijna niet geteeld worden. Binnen deze onderzoeken is er enkel gekeken naar aardappelen met groeischeuren en niet naar meerdere factoren omtrent de partij aardappelen. Er is geen relevante literatuur waarin het ras, de teeltregio, de klasse van het pootgoed en het generatiejaar is meegenomen. Ook zijn deze onderzoeken niet uitgevoerd met testmethoden welke in de reguliere nacontrole van de NAK gebruikt worden om PVY-virus op te sporen. Hierdoor kunnen bestaande resultaten niet één op één overgenomen worden omdat er een andere onderzoeksmethode toegepast is.

In buitenlands onderzoek wordt gesuggereerd dat er bij de kano-achtige groeischeur in dat specifieke onderzoek geen verband gelegd wordt met aardappel Y-virus en groeischeuren (Jefferies & Mackerron, 1987) (Benedict et al., 2015). Groeischeuren welke zich over de langste zijde van de knol bevinden kunnen volgens dat onderzoek te wijten zijn aan een variërende vochtvoorziening tijdens de groei. Ook kan het zijn dat tijdens het rooien de vochtspanning binnen de knol te hoog geweest is. (Turkensteen et al., 2008) (Hak, 2009). Omdat groeischeuren door de diversiteit aan vormen, maten en diepten niet voldoende te categoriseren zijn zal er binnen het onderzoek gekeken worden naar alle typen groeischeuren en niet naar een specifieke gecategoriseerde groep groeischeuren.

Er zal dus worden gekeken naar alle typen groeischeuren waarbij er geen onderscheid gemaakt gaat worden tussen stervormige groeischeuren (figuur 6) en groeischeuren in de

vorm van een “kano” (figuur 7). Ter verduidelijking staat in Bijlage 1 een overzicht van de geschikte aardappelen voor het onderzoek.

Wanneer men kan bewijzen dat aardappelen met groeischeuren meer PVY-virus bevatten zou het kunnen betekenen dat de gehele pootgoedketen kan sturen op het actief verwijderen van de desbetreffende aardappelen uit een partij om op die manier in de bewaar- en verwerkingsperiode de omvang van een virusbesmetting te doen krimpen. Op die manier kan men ervoor zorgen dat er in het voorjaar minder virusbronnen in het veld terecht komen waardoor de kans op een verdere besmetting (na een vlucht van groene perzikluizen) verlaagd wordt.



Figuur 6: Aardappel met groeischeur over de brede zijde van de knol, geschikt voor het onderzoek. (Bron: Alamy Stock Photo)



Figuur 7: Aardappel met een groeischeur over de lange zijde, geschikt voor dit onderzoek. (Bron: Yara.Uk)

1.8 Hoofdvraag

De hoofdvraag welke in dit onderzoek centraal staat luidt als volgt:

“In welke mate is er een verband tussen aardappelen met groeischeuren en PVY-virus?”

Het onderzoeksdoel van deze hoofdvraag is of er een verband gelegd kan worden tussen aardappelen met groeischeuren en een aantasting met PVY-virus of dat er te veel externe factoren zijn. In de situatie dat uit onderzoek blijkt dat er in aardappelen met groeischeuren significant meer PVY-virus gevonden wordt dan in dezelfde partij aardappelen zonder groeischeuren kan dat betekenen dat het voor telers interessant kan zijn om preventief aardappelen met groeischeuren te verwijderen uit partijen. Het komt voor dat telers besluiten om het uitschot aan aardappelen zelf weer op te poten. Dit zou in deze situatie betekenen dat er op dat moment een hoog aantal potentiële virusbronnen geplant gaan worden.

Conform de Nederlandse partijkeuring regelgeving van de NAK mogen er niet ongelimiteerd aardappelen met groeischeuren voorkomen in de partij, maar de NAK heeft enkel zicht op de partijen welke terecht komen in het handelsverkeer. Wanneer uit onderzoek blijkt dat aardappelen met groeischeuren significant meer PVY-virus bevatten kan het interessant zijn om keuringseisen met betrekking tot groeischeuren te verzwaren of het opplanten van aardappelen met groeischeuren te ontmoedigen. Mits er eerst vervolg- en herhaalonderzoek heeft plaatsgevonden. Hierdoor komen er ook minder potentiële virusbronnen in het handelsverkeer terecht waardoor er aan de voorzijde van het teeltseizoen al iets gedaan kan worden aan de viruspopulatie binnen een bedrijf. Mocht het echter blijken dat er geen significant verband is tussen aardappelen met groeischeuren en PVY-virus, maar wel tussen bepaalde rassen en aardappelen met groeischeuren dan kan het interessant zijn om dit kenbaar te maken naar de desbetreffende gebruikers van dat ras. Daardoor kan men aan de hand van schriftelijk bewijs een gebruiker informeren of het functioneel is om aardappelen met groeischeuren preventief uit een partij pootgoed te halen. Uiteindelijk kan dat uitmonden in een vorm van duurzaam bedrijfsmanagement omdat bij een lager aantal virusbronnen de kans op verdere besmettingen en uiteindelijke verlagingen van partijen lager is wat inhoudt dat de teler een hoger financieel saldo kan halen met hoogwaardig pootgoed.

1.9 Deelvragen

De hoofdvraag zal beantwoord worden aan de hand van deelvragen. Deze deelvragen hebben ieder een toegevoegde waarde met betrekking tot het beantwoorden van de hoofdvraag. Binnen dit onderzoek zijn de onderstaande deelvragen van toepassing:

"Is er sprake van een significant verschil in PVY-reacties tussen aardappelen met groeischeuren en zonder groeischeuren?"

"In welk(e) ras(sen) bevinden er significant meer met PVY-virus besmette knollen in aardappelen met groeischeuren?"

"Bevatten de generaties 0 t/m 4 jaar significant minder met PVY-virus besmette knollen met groeischeuren dan de generaties 5 t/m 9 jaar?"

"Wat is de invloed van regio op de relatie tussen groeischeuren en PVY-besmette monsters?"

"In welke voorlopige pootgoedklassen komen er significant meer met PVY-besmette knollen met groeischeuren voor?"

De verwachting van het onderzoek is dat er wel degelijk verschillen zitten tussen aardappelen met groeischeuren en aardappelen zonder groeischeuren. De bekende literatuur geeft hier in ieder geval wel de aanleiding voor om deze verwachting te scheppen. Het is echter de vraag of de afwijkingen ook groot genoeg zijn om te spreken van significantie. Ook is de verwachting dat bepaalde uitslagen van rassen afwijken ten opzichte van de andere onderzochte rassen. Dit doordat de literatuur ook aangeeft groeischeuren sterk gekoppeld zijn aan bepaalde rassen. Er zijn namelijk rassen welke vrijwel ongevoelig zijn voor groeischeuren: Spunta, Adelinde, VR. 808 (Hak, 2009) (Averis, z.d.) (STET, z.d.). Verder worden de variabelen generatie, regio en voorlopige pootgoedklasse vergeleken om enig inzicht te kunnen krijgen in de diversiteit aan resultaten.

2. Materiaal en methode

2.1 Materiaal

In tabel 1 is het totaaloverzicht van de monsters in combinatie met de variabelen weergegeven. Ook is er een toelichting gegeven over het variatieniveau van de variabelen.

Tabel 1: Totaalweergave van de verzamelde gegevens en de bijbehorende meetniveau 's.

Monsternummer	Ras	Regio van monster	Voorlopige klasse	Generatie jaar	Reacties A+B	Reactie C+D
1 t/m 20	A t/m ? ¹	N/M/Z ²	PB1 t/m B ³	1 t/m 9	0 t/m 16	0 t/m 16

¹ Elk ras krijgt op volgorde van verwerking een identieke letter op alfabetische volgorde van A-Z.

² Noord = Friesland, Groningen, Drenthe en Noord-Holland + Waddeneilanden.
Midden = Overijssel, Flevoland, Gelderland en Utrecht.
Zuid = Zuid-Holland, Zeeland, Brabant en Limburg.

³ Voorlopige klasse = klasse welke van toepassing is na de laatste veldkeuring. Deze klassen zijn ingedeeld volgens het classificatiesysteem van de NAK.

Per deelvraag is beschreven en weergegeven welke gegevens relevant geweest zijn om de desbetreffende deelvraag op te lossen. Vervolgens is er per deelvraag aangegeven worden welke statistische toets gebruikt is en wat de bijbehorende hypothese is in combinatie met de betrouwbaarheidsdrempel.

"Is er sprake van een significant verschil in PVY-reacties tussen aardappelen met groeischeuren en zonder groeischeuren?"

Bij deze deelvraag heeft men onderzocht of er een verband is tussen groeischeuren in aardappelen en een besmetting met PVY-virus. De variabele in deze kwestie is het aantal reacties welke uit de polymerase chain reaction (PCR-test) voortkomt. Het aantal mogelijke reacties heeft tussen de 0 en 16 gelegen (16 testmonsters van 25 kapjes per samengevoegd monster). In tabel 2 staat de onderverdeling in het aantal monsters weergegeven. De resultaten van de PCR-monsters zijn van toepassing op alle deelvragen.

Tabel 2: Overzichtswaergave van de splitsing en samenvoeging van proefmonsters.

Voorbeeld monsternummer:	25 kapjes per PCR- monster:	Samenvoeging van A+B en C+D:	Totaal aantal gevonden reacties:
1A = 200 knollen zonder groeischeuren	200 kapjes/25 = 8 PCR monsters	16 PCR monsters	Tussen 0-16
1B = 200 knollen zonder groeischeuren	200 kapjes/25 = 8 PCR monsters		
1C = 200 knollen met groeischeuren	200 kapjes/25 = 8 PCR monsters	16 PCR monsters	Tussen 0-16
1D = 200 knollen met groeischeuren	200 kapjes/25 = 8 PCR monsters		

Na het ondergaan van de PCR-toets zijn de resultaten voor de bovenstaande deelvraag volgens tabel 3 weergegeven.

Tabel 3: Waergave resultaten PCR-toets voor deelvraag 1.

Monsternummer	Reacties A+B	Reacties C+D
1	0-16	0-16
2	0-16	0-16
T/m 20	0-16	0-16

Voor de statistische toets is gebruik gemaakt van de zogenoemde T-toets. Hierbij is de onderstaande hypothese van toepassing geweest:

- H0: Er is geen significant verschil in PVY-reacties tussen aardappelen zonder groeischeuren en aardappelen met groeischeuren.
- H1: Er is sprake van een significant verschil in PVY-reacties tussen aardappelen zonder groeischeuren en aardappelen met groeischeuren.

Betrouwbaarheidsdrempel: $\alpha = 0,05$

"In welk(e) ras(sen) bevinden er significant meer met PVY-virus besmette knollen in aardappelen met groeischeuren?"

Bij deze deelvraag heeft men onderzocht of er (één) ras(sen) was/waren waarin significant meer PVY-virusreacties gevonden zijn in aardappelen met groeischeuren ten opzichte van aardappelen uit dezelfde partij zonder groeischeuren. De eerste variabele in deze kwestie is het ras. Deze variabele is een nominale variabele. Met 20 monsters zijn maximaal 20 verschillende rassen verzameld. Het is vooraf niet bekend geweest hoeveel verschillende rassen er bemonsterd zouden worden. In een situatie met 20 verschillende rassen is de kans op significantie lager dan wanneer er vijf verschillende rassen aangeleverd worden: het aantal herhaalmetingen per ras gaat dan naar beneden waardoor het aantal vrijheidsgraden toeneemt.

Voor de overzichtelijkheid is het monsternummer vermeld gebleven, maar deze is in de statistische toets niet gebruikt omdat er enkel gekeken is naar het ras en de bijbehorende reacties via de PCR- test. In tabel 4 kan men aflezen welke gegevens van belang geweest zijn en hoe deze genoteerd zijn. Het aantal reacties van monster A+B en C+D is de tweede variabele welke tussen de waarden 0-16 heeft gelegen. De PCR-test is uitgevoerd in porties van 25 knollen per reactie.

Aan de hand van de resultaten concludeert men of er bepaalde rassen zijn waarbij aardappelen met groeischeuren significant meer met PVY-virus besmette knollen bevatten. Dit kan van meerwaarde zijn voor pootgoedtelers van de desbetreffende ras(sen), voor het desbetreffende handelshuis (mits het een monopolie ras betreft) en voor een pootgoedteler welke plantmateriaal aankoopt van het desbetreffende ras of rassen. Ook kan men aan de hand van de resultaten mogelijk een negatief pootadvies geven voor aardappelen met groeischeuren.

Tabel 4: Overzichtsweergave van de gebruikte gegevens ter beantwoording van deelvraag 2.

Monsternummer	Ras	Reacties A+B	Reacties C+D
1	A	0-16	0-16
2	B	0-16	0-16
T/m 20	C t/m ?	0-16	0-16

Voor de statistische toets is gebruik gemaakt van de zogenoemde Two Way ANOVA toets. Hierbij is de onderstaande hypothese van toepassing geweest:

- H0: Er is geen verband te leggen tussen een bepaald ras en het aantal PVY-reacties in aardappelen met groeischeuren.
- H1: Het ras heeft invloed op het aantal PVY-reacties in aardappelen met groeischeuren.

Betrouwbaarheidsdrempel: $\alpha = 0,05$

"Bevatten de generaties 0 t/m 4 jaar significant minder met PVY-virus besmette knollen met groeischeuren dan de generaties 5 t/m 9 jaar?"

Bij deze deelvraag heeft men onderzocht of een bepaalde generatiecategorie significant meer met PVY-virus besmette knollen met groeischeuren bevatte. In principe verwacht men dat er in de generatie 0 t/m 4 jaar minder met PVY-virus besmette knollen met groeischeuren zitten dan de generaties 5 t/m 9 jaar. Jonger pootgoed is minder vaak blootgesteld aan teeltomstandigheden waardoor het aantal mogelijkheden tot virusbesmetting lager ligt ten opzichte van pootgoed van een oudere generatie. Echter is het een feit dat in de nacontrole niet enkel ouder kweekmateriaal verlaagd is op Y-virus, maar ook relatief jong kweekmateriaal.

Generatie is de belangrijkste variabele welke onderverdeeld is in de schalen 0 t/m 4 jaar en 5 t/m 9 jaar. De tweede variabele zijn het aantal reacties van de monsters 1 t/m 20 waarin er per monsternummer een uitslag is voor monster A+B en C+D. De gegevens van de reacties C+D zijn vergeleken met de generatieschalen 0 t/m 4 jaar en 5 t/m 9 jaar.

In tabel vijf staan de benodigde gegevens weergegeven ter beantwoording van de deelvraag. In dit geval gaat het om de generatie van het monster welke vergeleken is met de reacties van proefmonsters A+B en C+D.

Tabel 5: Overzichtswaergave van de gebruikte gegevens voor deelvraag 3.

Monsternummer	Generatiecategorie	Reacties A+B	Reacties C+D	
1	1 of 2	0-16	0-16	
2	1 of 2	0-16	0-16	
T/m 20	1 of 2	0-16	0-16	

De statistische toets welke gebruikt is, is de zogenoemde Two-Way ANOVA toets. Hierbij is de onderstaande hypothese toegepast:

- H0: Er is geen significant verschil in het aantal met PVY-virus besmette groeischeurmonsters tussen de generatiegroep 0 t/m 4 jaar en 5 t/m 9 jaar.
- H1: Er is wel een significant verschil in het aantal met PVY-virus besmette groeischeurmonsters tussen de generatiegroep 0 t/m 4 jaar en 5 t/m 9 jaar.

Betrouwbaarheidsdrempel: $\alpha = 0,05$

"Wat is de invloed van regio op de relatie tussen groeischeuren en PVY-besmette monsters?"

In deze deelvraag is onderzocht of er een regio of meerdere regio's zijn waar men kan spreken van een significante verhoging in het aantal reacties van monster C+D ten opzichte van A+B. Na het analyseren van de resultaten kan het zijn dat er een bepaalde regio is waar een verhoogde hoeveelheid PVY-reacties naar voren is gekomen.

De variabele regio in deze kwestie bestaat uit 3 nominale meetniveaus: Noord, Midden en Zuid-Nederland. Naast de monsternummers 1 t/m 20 zijn de reacties van A+B en C+D variabel tussen de 0-16 reacties per samengevoegd monster.

In tabel zes staat weergegeven welke gegevens van belang geweest zijn om antwoord te geven op de deelvraag. Bij deze deelvraag gaat het om de variabele regio welke vergeleken is met het aantal reacties van monsters A+B en C+D.

Tabel 6: Overzichtswaergave van de gebruikte gegevens voor deelvraag 4.

Monsternummer	Regio	Reacties A+B	Reacties C+D
1	Noord/Midden of Zuid-Nederland	0-16	0-16
2	Noord/Midden of Zuid-Nederland	0-16	0-16
T/m 20	Noord/Midden of Zuid-Nederland	0-16	0-16

Voor de statistische toets is zogenoemde two-way ANOVA-toets gebruikt.

Hierbij is de onderstaande hypothese van toepassing geweest:

- H0: Regio heeft geen invloed op het aantal PVY-reacties in aardappelen met groeischeuren.
- H1: Regio heeft geen aanvullende invloed op de relatie tussen groeischeuren en het aantal met PVY-besmette knollen.

Betrouwbaarheidsdrempel: $\alpha = 0,05$

"In welke voorlopige pootgoedklassen komen er significant meer met PVY-besmette knollen met groeischeuren voor?"

In deelvraag vijf is onderzocht of er een verband is tussen de voorlopige pootgoedklasse van de verzamelde monsters en het aantal positieve PVY-reacties van de samengevoegde monsters. Dit zou bijvoorbeeld in kunnen houden dat pootgoedpartijen met een lagere klasse niet per definitie een hoger percentage met PVY-virus besmette knollen bevatten. Ook kan het zijn dat er bepaalde klassen afwijkende uitslagen hebben.

In tabel zeven staat weergegeven welke gegevens gebruikt zijn voor het beantwoorden van de deelvraag. Dit gaat om de voorlopige klasse van de verzamelde monsters en de PCR-resultaten van monsters A+B en C+D.

Tabel 7: Overzichtsweergave van de gebruikte gegevens voor deelvraag 5.

Monsternummer	Voorlopige klasse	Reacties A+B	Reactie C+D
1	PB1-B	0-16	0-16
2	PB1-B	0-16	0-16
T/m 20	PB1-B	0-16	0-16

De statistische toets welke gebruikt is, is de Two-way ANOVA-toets. Hierbij behoort de onderstaande hypothese:

- H0: Er is geen verband tussen de voorlopige pootgoedklasse en het aantal PVY-reacties in aardappelen met groeischeuren.
- H1: Er is een significant verband tussen de voorlopige pootgoedklasse en het aantal PVY-reacties in aardappelen met groeischeuren.

Betrouwbaarheidsgrens: $\alpha = 0,05$

2.2 Methode

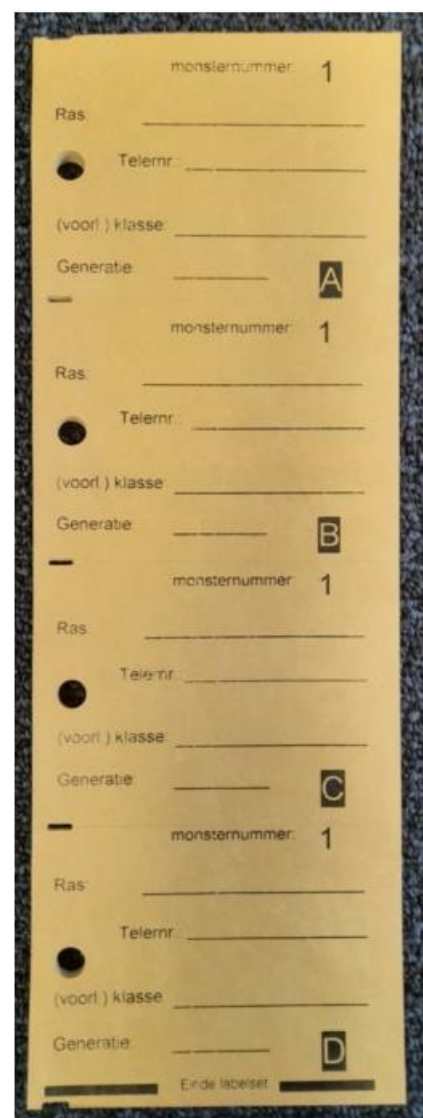
Voor dit onderzoek is gebruik gemaakt van 20 aardappelmonsters welke aangeleverd zijn door gecertificeerde keurmeesters in dienst van de NAK. Elk monster bestond uit 2x400 aardappelknollen. Deze monsters zijn genomen conform het protocol "monsternemen" van Stichting NAK Nederland. Echter is dit protocol vertrouwelijk en is daarom niet volledig beschreven.

Allereerst zijn er partijen aardappelen geselecteerd waarvan genoeg knollen met groeischeuren beschikbaar geweest zijn. Van deze partij zijn 400 knollen (afwijkend van protocol in de maat 28/65mm) zonder groeischeuren genomen (geïdentificeerd met de label code A en B) en 400 knollen met groeischeuren (geïdentificeerd met labelcode C en D). Ondersteunende informatie is geformuleerd in bijlage 1. Deze monsters zijn verpakt conform het protocol "monsternemen" en voorzien van een identiek label. Op dit label was het monsternummer al voorgedrukt. Dit nummer is identiek tussen de 1 en 20. De monsternemer heeft op het label het ras, het telernummer van de betreffende partij, de voorlopige klasse (klasse welke van toepassing is op het moment van rooien) en de generatie van het desbetreffende monster genoteerd. Conform het protocol mochten er maximaal

200 knollen in één monster aangeleverd worden. Om die reden is er per totaal monster een viertal monsters ingeleverd. In figuur 8 en 9 is een voorbeeld label weergegeven.

Het verwerken van de proefmonsters is conform het protocol "PCR-toets" uitgevoerd welke tevens vertrouwelijk is binnen de NAK. In brede lijn heeft deze onderzoeksmethode er als volgt uitgezien: De genomen monsters zijn binnen gekomen in de snijruimte. Hier heeft men de zegel en het label verwijderd van de monsterzak en dit label opgenomen in de administratie. Om te onderzoeken of er daadwerkelijk een besmetting met PVY-virus in een partij aanwezig is heeft men gebruik gemaakt van een stukje weefsel wat in dit geval het kapje van de aardappel betrof (waar de stoloon bevestigd zat). Mocht het monster PVY-virus bevatten dan bevat het monster een stuk identiek

RNA. RNA is geïsoleerd en vermenigvuldigd waarna men aan de hand van een pcr-test kan toetsen of een monster virus bevat. Dit wordt weer vertaald in het aantal reacties met bijbehorende klasse.



Figuur 8: Voorbeeldweergave van proefmonster labels voor monsternummer 1 met onderverdeling A t/m D.



Figuur 9: Voorbeeldweergave van monsterlabel met in dit geval monsternummer 1.

3. Resultaten

Binnen dit onderzoek zijn 20 partijen verzameld welke minimaal 400 knollen met en 400 knollen zonder groeischeuren bevatten. Deze 20 partijen zijn allemaal getoetst middels de werkwijze welke beschreven is in paragraaf 2.2. Tijdens het analyseren van de data is gebleken dat partijnummer zeven afweek van de overige resultaten. De afwijking betrof een hoog aantal virusreacties in het referentiemonster (400 knollen zonder groeischeuren). In het referentiemonster (aardappelen zonder groeischeuren) zijn 14 reacties gevonden en in het onderzoek monster 12 reacties (zie bijlage 2: Ruwe data onderzoek). Tijdens het uitstorten van de onderzoek monsters (aardappelen met groeischeuren) is vastgesteld dat er aardappelen met groeischeuren aan getroffen zijn in het referentiemonster. Om die reden is partijnummer zeven niet een valide meting. Partijnummer zeven is in de resultaten achterwege gelaten waardoor er 19 valide partijen met en 19 partijen zonder groeischeuren overgebleven zijn. Alle statistische uitslagen in de resultaten zijn dan ook gebaseerd op 19 partijen of 38 metingen.

3.1 Statistische resultaten deelvraag 1

Om na te gaan of er sprake is van een (significant) verschil in PVY-reacties tussen aardappelen met en aardappelen zonder groeischeuren (deelvraag 1), zijn de partijen onderling vergeleken. Dit betreft 19 partijen en 38 metingen. In tabel acht staat de beschrijvende statistiek weergegeven met betrekking tot deelvraag 1.

Tabel 8: Overzichtswaergave van beschrijvende statistiek voor deelvraag 1.

Groep	Aantal metingen	Gemiddeld aantal reacties	SD	Standaard Error	Minimum	Maximum
Geen groeischeuren	19	4.11	4.28	0.98	0	14
Groeischeuren	19	6.79	4.88	1.12	0	16

In tabel acht staat weergegeven dat de onderzoek monsters gemiddeld 2.68 reacties meer vertoonden dan de referentiemonsters. Ten tweede kan men aflezen dat de spreiding van de resultaten per meting bij het referentiemonster kleiner was dan de spreiding van de resultaten van het onderzoek monster ($SD = 4.28 < 4.88$). De standaarddeviatie heeft over het algemeen een hoge waarde wat inhoudt dat er een brede spreiding is binnen de groepen met als zonder groeischeuren. Een groeischeur is daardoor niet automatisch het gevolg van een besmetting met PVY-virus. Aan de hand van de bovenstaande gegevens is een T-toets uitgevoerd.

Tabel 9: Overzichtswaergave van de toetsende statistiek voor deelvraag 1.

	T-waarde (t)	Vrijheidsgraden (df)	Waarschijnlijkheid(p)
PVY	-1.80	36	0.04

In tabel negen staat weergegeven wat de statistische output is voor deelvraag 1. Ondanks de aanzienlijke spreiding binnen beide groepen, is het verschil in PVY-reacties tussen de partijen met en zonder groeischeuren significant. Bij een betrouwbaarheidsdrempel van 0.05 ($\alpha = 0.05$) is er een statistisch significant verschil in PVY-reacties tussen aardappelen zonder groeischeuren en aardappelen met groeischeuren ($p = 0.04 < \alpha = 0.05$). Aan de hand van de resultaten kan men H_0 verwerpen en H_1 accepteren.

3.2 Statistische resultaten deelvraag 2

Om na te gaan of er binnen dit onderzoek een ras is welke (significant) meer PVY-reacties vertoont zijn de rassen onderling vergeleken.

Om deelvraag twee te kunnen beantwoorden is de beschrijvende statistiek weergegeven in tabel 10.

Tabel 10: Overzichtswaergave van beschrijvende statistiek voor deelvraag 2.

Ras	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
Aantal metingen	1	1	1	1	2	1	3	2	1	1	1	1	2	1
Gemiddeld aantal positieve reacties	2.00	0.00	16.00	3.00	4.50	14.00	7.00	8.00	0.00	2.00	9.00	16.00	8.00	5.00
Standaard deviatie	-	-	-	-	3.54	-	1.00	2.83	-	-	-	-	2.83	-
Minimum	2.00	0.00	16.00	3.00	2.00	14.00	6.00	6.00	0.00	2.00	9.00	16.00	6.00	5.00
Maximum	2.00	0.00	16.00	3.00	7.00	14.00	8.00	10.00	0.00	2.00	9.00	16.00	10.00	5.00

De verzamelde rassen hebben op volgorde van binnenkomst een identieke letter toegewezen gekregen. Binnen dit onderzoek is bewust gekozen om rassen te anonimiseren om te voorkomen dat rassen aan de hand van dit onderzoek benadeeld worden door telers of afnemers. Binnen dit onderzoek zijn 14 verschillende rassen gebruikt (Ras A t/m N). Hierdoor zijn er enkel herhaalmetingen beschikbaar voor de rassen E,G,H en M. Van de andere rassen zat slechts één partij per ras in dit onderzoek. Hierdoor is het niet mogelijk geweest om een statistische toets op rasniveau uit te voeren. Wel kan er gekeken worden naar verschillen tussen rassen middels beschrijvende statistiek. De rassen B en I hebben bijvoorbeeld gemiddeld 0.00 reacties in de monsters met groeischeuren. Dit houdt in dat het bij deze monsters vastgesteld is dat groeischeuren niet het gevolg geweest zijn van een besmetting met PVY-virus. Tot slot heeft ras G drie waarnemingen met gemiddeld zeven positieve reacties. Om vast te stellen of ras G afwijkt ten opzichte van de andere onderzoek monsters is dit apart vergeleken middels een t-toets.

Tabel 11: Overzichtswaergave van beschrijvende statistiek voor ras G ten opzichte van de andere rassen.

	Overige rassen	Ras G
Aantal metingen	16	3
Gemiddelde aantal positieve reacties	6.75	7.00
Standaard deviatie	5.34	1.00
Minimum	0.00	6.00
Maximum	16.00	8.00

In tabel 11 staat weergegeven dat het gemiddelde aantal positieve reacties bij ras G hoger is dan het gemiddelde van de andere rassen (gemiddelde ras G = 7.00 > 6.75). Dit verschil is echter te klein om er een statistische conclusie aan te kunnen verbinden. Er is geen ras welke significant meer PVY-virus in aardappelen met groeischeuren vertoont. Daarvoor zijn er te veel verschillende rassen en te weinig herhaalmetingen per ras. De hypothese dat ras een invloed heeft op de relatie tussen groeischeuren en de ontwikkeling van PVY-virus kan daarom ook niet worden verworpen.

3.3 Statistische resultaten deelvraag 3

Om na te gaan of generatie een extra invloed heeft op het aantal PVY-reacties (deelvraag drie) zijn de resultaten van het aantal PVY-reacties vergeleken met de generatiecategorieën van de verzamelde partijen.

Binnen het uitvoeren van het onderzoek is gebleken dat de categorisatie in generatiejaren binnen dit onderzoek schuurt met de praktijksituatie. Binnen de NAK maakt men onderscheid in prebasispootgoed (PB1-PB4), basispootgoed (S, SE en E) en gecertificeerd pootgoed (klasse A en B). In dit onderzoek is het onderscheid gemaakt tussen prebasispootgoed en overige klassen. Echter zijn de normeringen van de veldkeuring en nacontrole hetzelfde voor de klassen PB1 tot en met S. Kortom: in de praktijk vallen generatie 0 t/m 5 onder dezelfde normeringen omtrent veldkeuring en nacontrole. Om aansluiting te vinden bij de praktijk is er in de statistische toets ervoor gekozen om de groeperingen te verschuiven naar generatie 0 t/m 5 jaar en 6 t/m 9 jaar. Om deelvraag drie te beantwoorden is de beschrijvende statistiek weergegeven in tabel 12.

Tabel 12: Overzichtswaergave van beschrijvende statistiek voor deelvraag 3.

Generatie	Gemiddeld aantal positieve reacties	Standaard deviatie	Aantal metingen
0 t/m 5	4.81	4.16	32
6 t/m 9	8.83	6.46	6

De generaties 6 t/m 9 jaar hebben gemiddeld 4.02 reacties meer dan de generaties 0 t/m 5 jaar. Belangrijk hierin is dat het aantal metingen in de eerstgenoemde categorie slechts 6 is. Hierdoor bestaat de kans dat het verschil berust op toeval. De gegevens van tabel 12 zijn getoetst middels een TWO-way ANOVA test. Deze resultaten staan weergegeven in tabel 13.

Tabel 9: Overzichtswaergave van de toetsende statistiek voor deelvraag 3.

	Sum of Squares	Vrijheidsgraden (df)	Mean Square	F-waarde (f)	Waarschijnlijkheid (p)
Groeischeuren	48.04	1	48.04	2.42	0.13
Generatie	81.69	1	81.69	4.11	0.05
Groeischeuren X Generatie	1.72	1	1.72	0.09	0.77

In de generaties 6 t/m 9 jaar is er een significante verhoging in het aantal positieve PVY-reacties in aardappelen met groeischeuren. De waarschijnlijkheid is even groot als de betrouwbaarheidsdrempel ($p = 0.05 = \alpha$). Relatief jong materiaal (0 t/m 5 jaar) bevat dus significant minder positieve PVY-reacties in aardappelen met groeischeuren. In het verlengde daarvan is het niet statistisch vast te stellen dat het vormen van groeischeuren te maken heeft met het generatie jaar ($p = 0.77 > \alpha = 0.05$). Er is dus geen interactie-effect gevonden tussen de aanwezigheid van groeischeuren en de generatie van het pootgoed. Dit wil zeggen dat de onder deelvraag 1 gevonden relatie tussen groeischeuren en de incidentie van het PVY-virus niet anders is voor jongere of oudere generaties. Wel wordt er dus een individueel effect gevonden van generatie op het PVY-virus, mits generatie wordt onderverdeeld in pootgoed tot het 5^e jaar, en generaties van 6 t/m 9 jaar, waarbij de laatste generaties dus significant meer PVY virus bevatten.

3.4 Statistische resultaten deelvraag 4

Om na te gaan of regio een extra invloed heeft op het aantal PVY-reacties (deelvraag vier) zijn de uitslagen van de partijen onderling vergeleken op regio-niveau.

De beschrijvende statistiek met betrekking tot deelvraag vier staat weergegeven in tabel 14.

Tabel 14: Overzichtswaergave van beschrijvende statistiek voor deelvraag 4.

Regio	Gemiddeld aantal positieve reacties	Standaard deviatie (SD)	Aantal metingen (n)
Noord	3.00	2.97	6
Midden	5.75	5.11	28
Zuid	7.00	3.16	4

In de bovenstaande tabel valt af te lezen dat in de regio Noord gemiddeld 3 positieve reacties gevonden zijn. In regio midden is dat gemiddelde 2.75 reactie hoger. Echter zijn er in Noord slechts zes metingen beschikbaar tegenover 28 in de regio midden. Regio Zuid heeft gemiddeld 7 reacties per monster, maar in deze regio zijn maar vier metingen geweest. Doordat de partijen vooral afkomstig zijn uit het midden van het land, wordt het lastig om statistisch een verband te vinden tussen regio en PVY besmettingen. Om

hier toch iets over te kunnen zeggen, is er een aparte variabele gemaakt voor alle partijen uit regio Noord, die vervolgens worden vergeleken met alle andere regio's uit het land (midden en zuid gecombineerd). De resultaten van tabel 14 zijn als input gebruikt voor de statistische toets welke weergegeven staat in tabel 15.

Tabel 15: Overzichtswaergave van de toetsende statistiek voor deelvraag 4.

	Sum of Squares	Vrijheidsgraden (df)	Mean square	Fischer waarde (f)	Waarschijnlijkheid (p)
Regio Noord	48.14	2	24.07	1.08	0.35
Residuals	779.25	35	22.26		

Aan de hand van de output die weergegeven staat in tabel 15 kan men concluderen dat er binnen dit onderzoek geen regio is waarin significant meer PVY-besmettingen gevonden worden in aardappelen met groeischeuren ($p = 0.35 > \alpha = 0.05$). Aan de hand van alle gegevens is er wel een vermoeden dat in regio noord minder PVY-reacties gevonden worden in aardappelen met groeischeuren ten opzichte van de andere regio's, maar doordat het aantal waarnemingen in die regio slechts 6 zijn kan men dat niet vaststellen. Doordat circa 73 % van de metingen in regio midden geweest zijn (28 metingen van de 38) is er statistisch geen verband aan te tonen tussen de regio en de verklaring van PVY-besmettingen in aardappelen met groeischeuren. De resultaten kunnen de hypothese niet ondersteunen waardoor deze niet verworpen kan worden.

3.5 Statistische resultaten deelvraag 5

Om na te gaan of er een voorlopige pootgoedklasse is welke (significant) meer PVY-besmettingen vertoont zijn de resultaten van de individuele partijen vergeleken met de bijbehorende voorlopige pootgoedklasse.

De beschrijvende statistiek met betrekking tot deelvraag 5 staat weergegeven in tabel 16.

Tabel 16: Overzichtswaergave van beschrijvende statistiek voor deelvraag 5.

Klasse	PB2	PB3	PB4	S	SE	E	A
Aantal metingen	2	4	8	4	8	8	4
Gemiddeld aantal positieve reacties	0.00	4.25	5.63	3.50	4.38	5.38	13.25
Standaard deviatie	0.00	4.03	4.37	3.11	3.07	5.15	3.20
Minimum	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	10.00
Maximum	0.00	9.00	12.00	7.00	9.00	14.00	16.00

In tabel 16 staan de klassen van hoog naar laag weergegeven (PB2 is hoog, A is laag). Hierbij valt het op dat de klassen PB 4 en E beide acht waarnemingen hebben waarbij het gemiddelde aantal positieve reacties slechts 0.25 verschilt. Dit houdt in dat binnen dit onderzoek in deze klassen bijna evenveel positieve reacties naar voren komen in

aardappelen met groeischeuren. Echter valt het op dat de klasse A gemiddeld het hoogste scoort (13.25 positieve reacties). Met de bovenstaande data kan men geen statistische toets uitvoeren omdat van de zeven klassen er een aantal zijn met weinig herhaalmetingen per klasse. Om toch een oordeel te kunnen geven over het verband tussen klasse en PYY besmette knollen, wordt de klasse A vergeleken met het gemiddelde van alle andere klassen. Hierdoor zijn er te weinig herhaalmetingen per klasse beschikbaar. Wanneer men de klasse A vergelijkt met alle andere klassen opgeteld krijgt men de output welke weer staat gegeven in tabel 17.

Tabel 17: Overzichtsweergave van de toetsende statistiek voor deelvraag 5.

	Sum of Squares	Vrijheidsgraden (df)	Mean square	Fisher-waarde (f)	Waarschijnlijkheid (p)
Klasse A	272.17	1	272.17	17.65	<.001
Overige klassen	555.22	36	15.42		

Binnen dit onderzoek zijn er van de klasse A 4 waarnemingen ($n=4$). Bij het vergelijken van de metingen van klasse A ten opzichte van alle andere klassen kan men concluderen dat de klasse A significant meer positieve virusreacties vertoont ten opzichte van de andere klassen ($p. <0.001 < \alpha. 0.05$). Tussen de overige klassen zit te weinig verschil tussen het gemiddelde aantal reacties. In de klasse PB 2 is één partij getoetst zonder dat er PVY-virus in gevonden is. Doordat er van de klasse PB 2 maar één partij getoetst is kan men daar geen conclusies aan verbinden.

De resultaten zijn in overeenstemming met de hypothese dat er een verschil bestaat tussen de voorlopige klasse en het aantal positieve PVY-reacties. Hierdoor H_0 verwerpen en H_1 accepteren.

4. Discussie

De doelstelling van dit onderzoek is het in kaart brengen van het mogelijke verband tussen een besmetting van aardappel PVY-virus en het visueel toonbaar maken middels een groeischeur. Het is hierin de vraag of er in aardappelen met groeischeuren significant meer aardappel Y-virus gevonden wordt.

4.1 Discussie deelvraag 1

Bij deelvraag 1 is onderzocht of aardappelen met groeischeuren significant meer PVY-virus bevatten. Binnen de onderzoeksresultaten is het opgevallen dat de spreiding tussen de resultaten redelijk ruim was. In tabel 8 in paragraaf 3.1 kan men aflezen dat in de waarnemingen zonder groeischeuren gemiddeld 4.11 positieve reacties gevonden zijn terwijl in de waarnemingen met groeischeuren gemiddeld 6.79 positieve reacties gevonden zijn. Binnen dit onderzoek is geen onderscheid gemaakt in het type groeischeur. Mogelijk heeft dit effect gehad op de uitkomst van de resultaten. Met een betrouwbaarheidsdrempel van 0.05 is het significant aangetoond dat er binnen dit onderzoek in aardappelen met groeischeuren meer PVY-virus zit dan in de controlemonsters zonder groeischeuren.

Binnen dit onderzoek kan gesproken worden van een significant verschil, echter valt het op dat de spreiding binnen de resultaten behoorlijk groot is. Hierdoor doet het vermoeden dat naast PVY er meer factoren van toepassing kunnen zijn op het vormen van een groeischeur. Dit is in lijn met het vooronderzoek waar gewezen is op het feit dat groeischeuren meerdere oorzaken kunnen hebben. Zo kunnen groeischeuren het gevolg zijn van stressreacties van de plant door biotische en abiotische factoren (Benedict et al., 2015). Ook is er een link gelegd naar een hoge celspanning tijdens het rooien waardoor knollen openscheuren (Turkensteen et al., 2008). Naast deze twee factoren komt ook naar voren dat groeischeuren het gevolg kunnen zijn van een virusbesmetting of een besmetting met *Rhizoctonia* (Inglis & Gundersson, 2015). Binnen het onderzoek van Carnegie & McCreath is aangetoond dat bij een combinatie van PVA en PVV significant meer aardappels met groeischeuren in een partij aardappelen aanwezig waren. Het is mogelijk dat binnen dit onderzoek ook aardappelen met groeischeuren getest zijn welke negatief op PVY-virus getoetst zijn, maar mogelijk besmet zijn met een ander aardappelvirus. Op dat gebied is de literatuur overeengekomen met de onderzoeksresultaten. Op het moment dat groeischeuren altijd het gevolg zijn van een virusbesmetting hadden de onderzoek monsters in theorie volledig positief moeten zijn. Doordat dit niet het geval geweest is, moet men aannemen dat een besmetting met PVY-virus niet in alle gevallen resulteert in het vormen van een groeischeur. Anderzijds kan men ook niet stellen dat een groeischeur altijd het gevolg van een besmetting met PVY

omdat er onderzoek monsters zijn welke geen PVY-reacties gaven terwijl deze wel groeischeuren hadden.

Wat belangrijk hierin is, is het feit dat een groeischeur ook het gevolg kan zijn van een combinatie van aardappel A en X virus (Benedict et al., 2015). Binnen dit onderzoek is echter enkel gekeken naar aardappel Y-virus. In monsters waar geen PVY-besmetting vastgesteld is, maar wel groeischeuren in te zien zijn kan men stellen dat naast biotische en abiotische factoren een besmetting met een ander aardappelvirus een mogelijke oorzaak kan zijn van een groeischeur.

De opzet en onderzoek vorm was sterk. Door het aantal reactiemogelijkheden per monster (16 reacties van 25 knollen per reactie) en het aantal knollen per monster (400) zijn resultaten verzameld die genoeg verschil vertoonden om een statistisch oordeel te kunnen geven. Op het moment dat er gekozen was voor een grotere samenvoeging (bijvoorbeeld 50 knollen per reactie en dus maar 8 reacties) hadden de verschillen tussen de monsters kleiner geweest waardoor er statistisch gezien minder snel een oordeel te formuleren valt.

Tabel 18: Totaal aantal (positieve) virusreacties per categorie en het percentage positieve reacties binnen dit onderzoek.

	Aantal reacties	Aantal positief	% positief	Vershil
Zonder groeischeuren	304	78	25,66%	
Met groeischeuren	304	129	42,43%	+65,38%
Totaal	608	207	34,05%	

In tabel 18 staat weergegeven wat het totaalaantal mogelijke reacties en wat het totaalaantal positieve reacties geweest is binnen dit onderzoek. De volledige uitwerking van de resultaten is weergegeven in bijlage 2. Aan de hand van de gegevens kan men vast stellen dat de onderzochte monsters met groeischeuren 65,38% meer virus bevatten ten opzichte van de referentiemonsters.

Tijdens het verzamelen van de monsters is naar voren gekomen dat het lastig is om 400 knollen te verzamelen waarin geen groeischeuren zitten. Tijdens steekproeven is meermaals naar voren gekomen dat er aardappelen met groeischeuren in de referentiemonsters hebben gezeten. Uiteindelijk heeft dat als gevolg gehad dat partij zeven geschrapt is uit de resultaten omdat de resultaten niet valide waren. Op het moment dat de monsters onderzocht zijn, zijn er meerdere potjes met onderzoek monsters geknapt tijdens het verwerken. Hierdoor bestond de kans dat besmet vloeistof uit potje A in aanraking kon komen met potje B waardoor de resultaten minder valide konden zijn. Echter zijn de twijfeluitslagen meermaals vergeleken met standaardnormen en waarden van andere onderzoek monsters waardoor de meest valide uitslag

aangehouden is. In het vervolg zijn potjes nodig welke niet breken tijdens het verwerken van de proefmonsters om het onderzoek valide te houden.

Alle onderzochte monsters hadden minimaal 400 knollen waardoor de validiteit van het onderzoek op het gebied van monstergrootte niet in gevaar geweest is. Op het moment dat onderzoek monsters minder dan 400 knollen bevatten heeft men te maken met een reactie waarin geen 25 knollen zitten, maar minder. Hierdoor daalt de kans dat er een knol in zit welke besmet is met PVY-virus wat resulteert in een minder valide onderzoek.

Achteraf had het voor de validiteit van het onderzoek beter geweest om alle onderzoek monsters voor verwerking na te tellen en te controleren op onregelmatigheden. Hierdoor had voorkomen kunnen worden dat er aardappelen met groeischeuren terecht waren gekomen in het referentiemonster. Dit is echter maar bij één partij vastgesteld waardoor het effect op de uiteindelijke resultaten beperkt is gebleven.

Binnen dit onderzoek is het groeischeurpercentage van de bruto partij niet gemeten. Wat wel opvalt is dat de monsters met groeischeuren welke eenvoudig te verzamelen waren en dus relatief hoog groeischeurpercentage bevatten het verschil tussen het groeischeurmonster en het referentiemonster kleiner was dan bij de partijen welke af en toe een groeischeur bevatten. Dit doet vermoeden dat het percentage groeischeuren in de bruto partij invloed heeft op de kans dat de groeischeur gevormd is door een PVY-besmetting.

4.2 Discussie deelvraag 2

Bij deelvraag 2 is onderzocht of er binnen het onderzoek een ras is welke significant meer met PVY-virus besmette knollen bevatte met groeischeuren. Binnen dit onderzoek zijn alle gegevens, bijvoorbeeld de naam van het ras, geanonimiseerd. De reden hiervoor is het feit dat het niet voor mag komen dat aan de hand van dit onderzoek bepaalde rassen "schade" ondervinden in de handel van onder andere pootgoed. Doordat er binnen het onderzoek 14 verschillende partijen onderzocht zijn, zijn er te weinig herhaalmetingen om een statistisch verband aan te tonen tussen bepaalde rassen. In de beschrijvende resultaten kan men wel aflezen dat het gemiddelde aantal reacties per ras sterk verschilt. Ras B heeft bijvoorbeeld gemiddeld 0 positieve reacties terwijl ras L er 16 heeft. Dit geeft aan dat de spreiding binnen de bestaande resultaten al enorm is. Omdat er van ras G drie metingen genomen zijn is ervoor gekozen om ras G te vergelijken met alle andere rassen. Dit resulteerde eveneens in een niet significant verschil. Aan de hand van de resultaten van deze deelvraag is duidelijk geworden dat er geen ras is waarin binnen dit onderzoek een significante verhoging in PVY-reacties gevonden is. Hiervoor

zijn er te veel verschillende rassen gebruikt en zijn er te weinig herhaalmetingen per ras voor handen.

Vanuit de literatuur is bekend dat er aardappelrassen zijn welke significant meer aardappelvirus bevatten in aardappelen met groeischeuren ten opzichte van aardappelen zonder groeischeuren (Platt & D. Cattlin, 2008). Echter is er binnen dit onderzoek enkel gekeken naar PVY en is het vergelijkbare onderzoek uitgevoerd naar aardappel A en X virus. Hierdoor kunnen de resultaten niet met elkaar vergeleken worden.

Om antwoord te kunnen geven op deze deelvraag had het aantal rassen naar beneden moeten of het aantal herhaalmetingen omhoog. Binnen dit onderzoek is dat niet gelukt omdat er slechts 20 partijen aangeleverd zijn. Er was simpelweg geen keuze om bepaalde rassen te selecteren voor dit onderzoek.

Voor een vervolgonderzoek kan het interessant zijn om rassen te verzamelen welke binnen dit onderzoek gemiddeld gezien veel positieve reacties vertoonden. Dit gaat bijvoorbeeld om ras C (16 reacties), ras F (14 reacties), ras H (8 reacties), ras K (9 reacties) en ras L (16 reacties). Van deze rassen is overal maar één monster getoetst waardoor het de vraag is of het toeval betreft of dat het ras echt meer PVY-virus bevat in aardappelen met groeischeuren.

Van ras G zijn binnen dit onderzoek drie monsters verzameld waarbij het gemiddelde aantal positieve reacties in aardappelen met groeischeuren op 7 uitkwam, terwijl het gemiddelde van de referentiemonsters van dezelfde partijen gemiddeld op 1,3 positieve reactie uitkwam. Hierdoor is dit ras extra interessant om in herhaling te toetsen omdat het verschil tussen de referentie- en onderzoek monsters gemiddeld 5,7 reactie was. Bij dit ras zijn er dus sterke vermoedens dat PVY-virus meer gevonden wordt in aardappelen met groeischeuren. Echter kan men binnen dit onderzoek niet van een significant verband spreken omdat er te weinig herhaalmetingen te zijn.

Het voordeel van het niet selecteren op ras is dat men met de huidige onderzoeksresultaten van meerdere rassen een indicatie heeft of er meer PVY-virus zit in aardappelen met groeischeuren. Op het moment dat het onderzoek gebaseerd wordt op bijvoorbeeld drie rassen kan men de resultaten niet interpreteren voor alle andere rassen. Dit onderzoek heeft aangetoond dat er mogelijk rassen zijn waarin meer PVY-virus gevonden wordt in aardappelen met groeischeuren. Hierin is dit onderzoek een handreiking voor vervolgonderzoek. Binnen dit vervolgonderzoek kan men beter een voorselectie maken per ras om niet weer teveel verschillende rassen binnen te krijgen.

Bij een te hoog aantal variabelen zal men meer herhaalmetingen moeten hebben per ras (en het onderzoek in aantal metingen groter maken) of een selectie maken in rassen welke onderzocht worden.

4.3 Discussie deelvraag 3

Bij deelvraag 3 is onderzocht of er een bepaalde generatie categorie is waar significant meer PVY-virus gevonden wordt in aardappelen met groeischeuren. Dit houdt praktisch in dat onderzocht wordt of ouder materiaal meer PVY-virus bevat in aardappelen met groeischeuren en of men aan de hand van de generatie vast kan stellen of een groeischeur komt door PVY-virus of dat het een andere oorzaak heeft.

Bij de uitwerking in paragraaf 3.3 is uitgelegd waarom er gekozen is om in de statistische toets de categorieën te wijzigen van 0 t/m 4 jaar naar 0 t/m 5 jaar en 6 t/m 9 jaar.

Hierdoor sluit de uitslag beter aan op de praktijksituatie omdat voor de klasse S dezelfde normen gelden als voor de klasse PB1 t/m PB4.

Aan de hand van de uitslag kan men vaststellen dat binnen dit onderzoek de klassen 6 t/m 9 jaar significant meer PVY-besmettingen hebben in aardappelen met groeischeuren. Gemiddeld had de generatie 0 t/m 5 jaar 4.81 positieve reacties in aardappelen zonder groeischeuren tegenover 8.83 positieve reacties in aardappelen met groeischeuren.

Ondanks dat er slechts zes metingen zijn in de categorie 6 t/m 9 jaar is de waarschijnlijkheid 0.05. deze waarde komt overeen met de getoetste betrouwbaarheidsdrempel. In het verlengde daarvan kan men niet bewijzen dat generatie een extra invloed heeft op het aantal positieve PVY-reacties in aardappelen met groeischeuren.

Deze deelvraag is binnen de beschikbare literatuur niet te vergelijken omdat er in vergelijkbaar onderzoek niet gekeken is naar de variabele generatie. Wel is het vanuit de praktijk logisch dat ouder materiaal meer PVY-besmettingen vertoont dan relatief jong materiaal (0 t/m 5 jaar). Dat heeft bijvoorbeeld als reden dat vanaf de klasse SE geen nul-norm geldt in de nacontrole en de veldkeuringsnormen voor PVY-virus verruimt zijn ten opzichte van de klasse PB1 t/m S. Dit staat verduidelijkt in tabel 19 waarin de veldkeuringseisen geformuleerd zijn vanuit de NAK. Hierin kan men aflezen dat in ouder materiaal meer mozaïek geaccepteerd wordt.

Tabel 19: Normen per klasse voor de veldkeuring van pootgoed. Bron: PA 05. Stichting NAK Nederland.

	PB/S	SE	E	A	B
Mozaïek/ bladrol	1:4000 0,025%	1:2000 0,05%	1:1000 0,1%	1:400 0,25%	1:50 2%
Stengelbont/ aucubabont	0,25%	0,25%	0,5%	--	--
Bacterieziekten (<i>Dickey</i> spp.; <i>Pectobacterium</i> spp.)	0	0	1pl/ha	0,03%	0,1%

In principe kan men aan de hand van de resultaten binnen dit onderzoek vaststellen dat generatie geen extra invloed heeft op het aantal PVY-reacties in aardappelen met groeischeuren. Het is bijvoorbeeld niet zo dat groeischeuren in de klassen PB1 t/m S minder vaak PVY-besmet zijn ten opzichte van de klassen SE t/m B. Dit onderzoek bevestigt dat plantmateriaal met een jonge generatie net zoveel PVY-positieve besmettingen kan hebben als oud materiaal.

Bij het interpreteren van de resultaten van deelvraag 3 is het belangrijk om onderscheid te maken tussen bepaalde voorlopige klassen en het aantal positieve reacties. Deze resultaten staan binnen een verband waar het kwalificatiesysteem van de NAK op gebaseerd is. Zo komen bijvoorbeeld de oudere generaties binnen dit onderzoek naar voren met positieve reacties welke significant hoger zijn ten opzichte van jong materiaal, maar dit is binnen de normeringen ook toegelaten. In principe bevestigt dit onderzoek de praktijksituatie door te bevestigen dat plantmateriaal met een oude generatie (6 t/m 9) significant meer PVY-reacties laat zien ten opzichte van de generaties 0 t/m 5.

4.4 Discussie deelvraag 4

Bij deelvraag 4 is onderzocht of er binnen het onderzoek de regio een extra verklarende factor is op de relatie tussen een PVY-besmetting en het uitten middels een groeischeur. Binnen de verzamelde gegevens is er onderscheid gemaakt tussen de regio's noord, midden en zuid. In regio noord is het aantal positieve reacties met gemiddeld 3 reacties het laagst. Regio midden zit met gemiddeld 5.75 positieve reactie per monster in het midden. Regio zuid is met gemiddeld 7 reacties het hoogst. Echter hebben daar maar vier metingen plaatsgevonden waardoor het gemiddelde kan berusten op toeval. Om statistisch een oordeel te kunnen geven is er binnen de toets regio noord vergeleken met de overige regio's. hieruit is een p-waarde van 0.35 uitgehouden welke niet onder de betrouwbaarheidsdrempel valt van 0.05. aan de hand van de gegevens kan men concluderen dat er binnen dit onderzoek regio geen aanvullend invloed heeft op het aantal PVY-besmettingen.

Doordat de partijen binnen dit onderzoek verdeeld zijn over drie regio's heeft men wel een statistische toets kunnen toepassen op de deelvraag. Had men bijvoorbeeld puur naar provincie gekeken was de kans groot geweest dat er te weinig herhaalmetingen waren per provincie

De resultaten van deze deelvraag kunnen niet vergeleken worden met relevante literatuur. Andere onderzoeken hebben niet gekeken naar de mogelijke invloed van regio op het aantal PVY-reacties in aardappelen met groeischeuren. Echter zijn de resultaten van deze deelvraag wel te vergelijken met onderzoeksresultaten van Stichting NAK Nederland zelf. Doordat er op Nederlands pootgoed een nacontrole vereist is alvorens een partij het handlesverkeer mag betreden heeft de NAK zicht op het aantal verlagingen in pootgoedklassen. Dit geschiedt in categorisatie per regio. Doordat in het vooronderzoek de indeling van provincies per regio hetzelfde is als bij de NAK kan men de resultaten met elkaar vergelijken. In figuur 11 staan deze resultaten afgebeeld.

Wat hierin opvalt is dat landelijk gezien in regio noord het laagste aantal verlagingen op virus hebben plaatsgevonden. Regio midden zit er net als dit onderzoek tussenin en in regio zuid is bijna een vijfde van het aantal percelen verlaagd in de nacontrole. Hierdoor kan men aannemen dat binnen dit onderzoek waar slechts 20 partijen verzameld zijn de resultaten in brede zin overeenkomen met het regionale gemiddelde.

Tabel 20: Verlagingpercentage per regio van de nacontrole in 2022. Bron: Stichting NAK Nederland.

Regio	2022 Verlaging %	2021 - %
Noord 1	15,75	12,64
Noord 2	12,92	17,71
Midden	18,78	15,29
Zuid	24,53	20,61
Landelijk	18,52	15,31

Stand: 5-12-2022

Aan de hand van de resultaten kan men stellen dat regio mogelijk een invloed heeft op het aantal PVY-besmettingen. Echter door het lage aantal waarnemingen in de regio's zuid en noord kan men binnen dit onderzoek niet van een significant verschil spreken. Wel valt het op dat de regio noord met weinig waarnemingen gemiddeld ook weinig positieve reacties heeft. Door in het vervolg de monsters evenrediger te verzamelen uit de diverse regio's kan men mogelijk een betere conclusie trekken.

De kans is groot dat de uitkomst van deze variabele per jaar kan verschillen. Het kan zijn dat dit jaar bijvoorbeeld in regio noord weinig tot geen besmetting met PVY heeft plaatsgevonden terwijl in regio zuid dat wel veelvuldig aan de orde geweest is. In de praktijk kan het betekenen dat in een ander teeltjaar de kaarten volledig geschud kunnen zijn waardoor een andere regio significant afwijkt van het gemiddelde. De verwachting is dan ook dat regio geen interessante variabele is om in vervolgonderzoek te onderzoeken omdat groeiomstandigheden per jaar kunnen wijzigen.

4.5 Discussie deelvraag 5

Bij deelvraag 5 is onderzocht of er een voorlopige pootgoedklasse is waarin men kan spreken van een significante verhoging in het aantal PVY-besmettingen. Binnen dit onderzoek zijn 20 partijen geselecteerd welke afkomstig waren uit zeven verschillende klassen. Bij één partij van de klasse PB2 zijn geen positieve reacties naar voren gekomen. Binnen de resultaten valt op dat de klasse PB4 gemiddeld veel positieve reacties heeft (5.63). Dit is op basis van acht metingen, maar de klassen met hetzelfde aantal metingen, SE en E, hebben gemiddeld minder positieve reacties (SE: 4.38, E: 5.38). De klasse A heeft met slechts vier metingen gemiddeld 13.25 positieve reactie. Voor een statistische toets waarin alle zeven klassen met elkaar vergeleken worden zijn er te weinig herhaalmetingen. Om die reden is ervoor gekozen om de klasse A te vergelijken ten opzichte van alle andere klassen. Aan de hand van de statistische output is er een significante verhoging in het aantal positieve reacties binnen de klasse A ten opzichte van alle andere klassen. De waarschijnlijkheid (p) is $< .001$ welke ver onder de toetsingsdrempel van $\alpha = 0.05$ is.

De resultaten binnen deze deelvraag komen overeen met praktijksituaties. Het normeringssysteem van de NAK is erop ingericht dat in ouder materiaal meer aardappelvirus toegelaten is. Hierdoor is het vanuit de praktijk te verklaren dat het gemiddeld aantal reacties in de klasse SE, E en A hoger is dan de klasse S. De partijen met de klasse PB3 en PB4 hebben gemiddeld 4.25 en 5.63 positieve reactie per monster, wat vergelijkbaar is met de klasse SE, E en A. In tabel 19 zijn de uitslagen van de partijen met de klasse PB3 en PB4 vergeleken met de uitslagen van de reguliere nacontrole van de NAK. Hieruit kan men aannemen dat de partijen waarin gemiddeld relatief veel positieve reacties naar voren gekomen zijn, partij 17, 18 en 20, in de reguliere nacontrole zijn verlaagd. In partij 20 zijn binnen dit onderzoek geen positieve reacties gevonden in het controlemonster, maar in het monster met groeischeuren zijn 7 positieve reacties gevonden. Dit kan betekenen dat er bij de reguliere nacontrole aardappelen zonder groeischeuren zijn getoetst welke besmet zijn geweest met PVY-virus of dat er in het reguliere nacontrolemonster aardappelen met groeischeuren hebben gezeten.

Tabel 21: Overzichtstabel van partijen in de klasse PB3 en PB4 vergeleken met de nacontrole uitslag.

Partijnummer	Voorlopige klasse	Gemiddeld aantal positieve reacties	Nacontrole	Positieve reacties zonder groeischeuren
4	PB4	1,5	Niet verlaagd	0
12	PB3	4,5	Niet verlaagd	0
13	PB3	4	Niet verlaagd	2
17	PB4	6,5	Verlaagd	7
18	PB4	11	Verlaagd	12
20	PB4	3,5	Verlaagd	0

De bovenstaande tabel geeft weer dat partijen met een voorlopige klasse tussen de PB3 en PB4 en een hoog percentage met PVY-besmette knollen bevat verlaagd zijn in de reguliere nacontrole. In principe is dit onderzoek een bevestiging dat de reguliere nacontrole van de NAK partijen met een viruspercentage in de bruto partij welke niet past bij de voorlopige klasse opspoort en verlaagd naar de passende definitieve klasse.

Wat men aan de hand van de resultaten van deelvraag vijf, en in het verlengde daarvan deelvraag 1, kan concluderen is het feit dat binnen het onderzoek naar voren is gekomen dat het verschil in positieve reacties tussen aardappelen zonder en aardappelen met groeischeuren ver uit elkaar kunnen liggen. Voorbeelden daarvan zijn de partijen 8 (2/8), 12 (0/9), 14 (3/10), 19 (1/5) en 20 (0/7). Daarnaast is tijdens het verzamelen van proefmonsters gebleken dat men in de praktijk soms aardappelen met groeischeuren verzameld.

Aan de hand van die gegevens kan men een lastige praktijksituatie schetsen.

Ter voorbeeld: Een keurmeester verzameld van één partij aardappelen twee nacontrolemonsters van 205 knollen. In monsternummer één zitten vijf aardappelen met groeischeuren, deze zijn er per ongeluk ingekomen. In monsternummer twee zitten geen aardappelen met groeischeuren. Dit onderzoek heeft uitgewezen dat het kan zijn dat in het monster met groeischeuren meer positieve reacties naar voren komen ten opzichte van het tweede monster waar geen aardappelen met groeischeuren in zaten. In sommige gevallen kan dat betekenen dat een partij verlaagd wordt omdat het aantal gevonden positieve reacties niet correspondeert met de norm voor de voorlopige klasse. Een gevolg van een verlaging kan zijn dat de financiële waarde van een partij aardappelen lager wordt.

Binnen het verwerken van reguliere nacontrolemonsters behandelen medewerkers van de NAK elke knol uniform mits deze een naveleind heeft. Aardappelen met groeischeuren worden niet verwijderd uit een monster en worden mee verwerkt in de uitslag. Bij het afleveren van pootgoed is er een normstelling voor aardappelen met groeischeuren. In tabel 20 staat weergegeven welke normstelling er van toepassing is binnen de klasse PB t/m A. Doordat er een norm is voor groeischeuren kunnen niet alle groeischeuren onbeperkt in een partij voorkomen. Knollen welke niet aan de normering voldoen moeten verwijderd worden uit de partij. Voor het gebruik van eigen pootgoed is helemaal geen normstelling voor groeischeuren. Het is aan de teler of deze ze verwijderd of laat zitten.

Tabel 22: Normstelling groeischeuren in de klasse PB t/m A voor NAK gecertificeerd pootgoed. Bron: PA 06, NAK Nederland.

4.9 Groeischeuren

Geldig voor klasse PB t/m A

• < 0,5 cm diep • maximaal 1 per knol • maximaal 1/3 van de knollengte • niet over de kop van de knol	Onbeperkt
• Overige groeischeuren	Norm gebreken

Aan de hand van het voorbeeld als praktijksituatie en de huidige normeringen van groeischeuren kan het interessant zijn om te onderzoeken of een partij niet onterecht verlaagd wordt in de nacontrole. Wanneer aardappelen met groeischeuren verwijderd worden uit een partij aardappelen kan het zijn dat het viruspercentage niet meer correspondeert met de nacontrole uitslag. Anderzijds kan het voor telers welke eigen partijen oppoten (2^e sortering of stammenopbouw) verstandig zijn om aardappelen met groeischeuren te verwijderen uit de bruto-partij omdat er een kans bestaat dat deze groeischeur het gevolg is van een PVY-besmetting. Daardoor verminderd een teler het aantal infectiebronnen voordat een partij gepoot zal worden in het veld. Een belangrijke variabele welke meespeelt is het groeischeurpercentage in de bruto-partij. Binnen dit onderzoek is deze niet gemeten, maar er zijn wel aanknopingspunten om aan te nemen dat het groeischeurpercentage effect heeft op de betrouwbaarheid van dit onderzoek. Binnen dit onderzoek zijn de grootste verschillen gemeten bij partijen waarin het groeischeurpercentage relatief laag was. Bij deze partijen is het verzamelen van een monster met 400 aardappelen met groeischeuren tijdrovend geweest omdat er weinig groeischeuren aanwezig geweest zijn in de bruto-partij.

5. Conclusie en aanbevelingen

5.1 Conclusie

Dit scriptieonderzoek heeft als titel "Y-virus in aardappelen met groeischeuren". Binnen dit onderzoek zijn 20 partijen pootaardappelen verzameld en 400 knollen met en 400 knollen zonder groeischeuren geselecteerd. Door de resultaten op vijf verschillende variabelen te beoordelen is het de bedoeling dat de hoofdvraag van het onderzoek correct beantwoord kan worden. De hoofdvraag van dit scriptieonderzoek is als volgt: "In welke mate is er een verband tussen aardappelen met groeischeuren en PVY-virus?".

"Is er sprake van een significant verschil in PVY-reacties tussen aardappelen met groeischeuren en zonder groeischeuren?"

Aan de hand van de gegevens is significant vastgesteld dat aardappelen met groeischeuren meer PVY-virus bevatten ($p = 0.04$). Binnen dit onderzoek is vastgesteld dat aardappelen met groeischeuren circa. 65,38% meer virusreacties bevatten dan aardappelen zonder groeischeuren afkomstig uit dezelfde partij. Binnen de verzamelde partijen zijn de uitkomsten uiteenlopend (SD zonder groeischeuren = 4.28, SD met groeischeuren = 4.88). Dit geeft aan dat er monsters met groeischeuren binnen het onderzoek zitten welke 0 positieve reacties op PVY hebben gegeven, maar er ook referentiemonsters aanwezig geweest zijn waarin 12 of 14 positieve reacties gevonden zijn. Door de spreiding in resultaten is het aannemelijk dat groeischeuren niet altijd het gevolg zijn van een besmetting met PVY-virus en dat er ook andere factoren effect hebben op het vormen van een groeischeur.

De resultaten van dit onderzoek komen overeen met studies van Benedict et al., Turkensteen et al. en Inglis & Gundersson. Binnen bestaande onderzoeken is al een link gelegd tussen een besmetting met een aardappelvirus en het vormen van een groeischeur. Dit onderzoek bevestigt dat er meer PVY-virus gevonden wordt in aardappelen met groeischeuren. Binnen dit onderzoek is echter alleen gekeken naar PVY wat inhoudt dat bij monsters met groeischeuren waarin weinig of geen PVY-virus in gevonden is de groeischeur mogelijk gevormd kan zijn door andere aardappelvirussen.

Binnen dit onderzoek is het groeischeurpercentage van de bruto partij niet vastgelegd. De resultaten doen vermoeden dat het groeischeurpercentage invloed heeft op de kans dat een groeischeur het gevolg is van een PVY-besmetting. Aan de hand van de

verzamelde gegevens en ervaring welke opgedaan is tijdens het verzamelen van de monsters kan men voor dit onderzoek echter enkel hintten op een mogelijk verband hiertussen.

"In welk(e) ras(sen) bevinden er significant meer met PVY-virus besmette knollen in aardappelen met groeischeuren?"

Binnen het onderzoek zijn 14 verschillende rassen verzameld. Hierdoor zijn er bij enkel bij de rassen E,G,H en M herhaalmetingen beschikbaar. Het gevolg hiervan is dat er geen statistische toets uitgevoerd kon worden op de resultaten onderling. Er is voor gekozen om ras G, waarvan drie partijen verzameld zijn, te vergelijken met de overige rassen. Het gemiddelde aantal positieve reacties van ras G is hoger dan de overige rassen (Ras G = 7.00, overig = 6.75). Echter is dat verschil niet significant ($p = 0.77$).

Aan de hand van de uitslagen zijn er wel vermoedens dat in bepaalde rassen meer PVY-virus zit in aardappelen met groeischeuren. Van ras C en L zijn één partij per ras verzameld. In de monsters met groeischeuren zijn 16 van de 16 reacties positief. Doordat er geen herhaalmetingen voor handen zijn kan men niet vaststellen of de uitslag berust op toeval of dat de uitslag representatief is voor het ras.

De rassen welke gebruikt zijn binnen dit onderzoek zijn niet overeengekomen met de rassen uit de literatuur. Hierdoor zijn er geen aanknopingspunten om bestaande onderzoeken te bevestigen of andere rassen te categoriseren in risiconiveau.

Binnen dit onderzoek is niet aangetoond dat het ras een extra invloed heeft op het aantal PVY-reacties in aardappelen met groeischeuren. Dit houdt in dat men niet aan de hand van het ras vast kan stellen of een groeischeur het gevolg is van een PVY-besmetting of dat er een andere factor invloed gehad heeft op het vormen van een groeischeur.

"Bevatten de generaties 0 t/m 4 jaar significant minder met PVY-virus besmette knollen met groeischeuren dan de generaties 5 t/m 9 jaar?"

In het vooronderzoek zijn de generaties onderverdeeld in twee categorieën. De generaties 0 t/m 4 jaar behoorden tot categorie 1 en de generaties 5 t/m 9 tot categorie 2. Dit op basis van het onderscheidt welke de NAK maakt tussen pre-basispootgoed, afgekort met PB, en basis- of gecertificeerd pootgoed. In de praktijk zijn de normen voor de klasse PB t/m S hetzelfde voor de veldkeuring en voor de nacontrole. Hierdoor zijn de resultaten binnen dit onderzoek minder passend bij de praktijk. Om een betere

aansluiting te krijgen met de praktijk is ervoor gekozen om de verdeling te wijzigen in de categorieën 0 t/m 5 jaar en 6 t/m 9 jaar.

Aan de hand van de resultaten is gebleken dat in de generatie 6 t/m 9 jaar significant meer PVY-besmettingen gevonden worden ten opzichte van de generaties 0 t/m 5 ($p=0.05$). Echter heeft generatie binnen dit onderzoek geen invloed op het verklaren van een groeischeur ($p=0.77$). In de praktijk betekent dat dat statistisch gezien generatie niet een verklarende factor is voor een PVY-besmetting en het vormen van een groeischeur.

Er is geen relevante literatuur welke onderzocht heeft of het generatiejaar van pootgoed invloed heeft op het aantal PVY-reacties en het vormen van een groeischeur. Hierdoor kan men vanuit de literatuur niet bevestigen of ontkennen dat er een langdurig verband is. De resultaten van dit onderzoek bevestigen overigens wel de praktijksituatie waarin ouder materiaal meer PVY-virus kan bevatten. Wel kan er iets gezegd worden over de in dit onderzoek gevonden resultaten en het classificatiesysteem van Nederlands pootgoed. Het classificatiesysteem van Nederlands pootgoed is zo ontworpen dat ouder materiaal meer virus mag bevatten. Binnen dit onderzoek is dat terug te zien doordat de generaties 6 t/m 9 significant meer PVY-reacties bevatten dan de generaties 0 t/m 5. Hierdoor bevestigt dit onderzoek de praktijksituatie wat inhoudt dat het Nederlandse keuringssysteem op dit gebied past bij de praktijksituatie.

"Wat is de invloed van regio op de relatie tussen groeischeuren en PVY-besmette monsters?"

Binnen dit onderzoek is Nederland opgedeeld in drie regio's. Alle binnengekomen monsters zijn verdeeld in de regio's noord, midden en zuid. Circa 73% van de partijen is afkomstig uit de regio midden-Nederland (28 metingen, $SD = 5.11$). Vanuit regio noord zijn drie partijen binnengekomen (6 metingen, $SD = 2.97$). Vanuit de regio zuid zijn slechts twee partijen binnengekomen (4 metingen, $SD = 7.00$). Het aantal herhaalmetingen van de regio's noord en zuid is te laag om een statistische toets uit te voeren tussen alle regio's. Om die reden is ervoor gekozen om de regio noord, waar het gemiddeld aantal positieve reacties het laagst was, te vergelijken met de rest van de metingen (midden + zuid). Binnen dit onderzoek is er geen regio waarin er significant minder PVY-besmettingen vastgesteld zijn. Voor de regio noord is de p-waarde vastgesteld op 0.35 ($p=0.35$). Hierdoor kan men stellen dat regio geen invloed heeft op de relatie tussen groeischeuren en PVY-virus.

Binnen relevante literatuur is er geen onderscheid gemaakt tussen regio's. Binnen andere onderzoeken is enkel gekeken naar teeltgebieden of landen. Hierdoor zijn resultaten niet te vergelijken met de literatuur. Echter zijn de resultaten wel inpasbaar voor de praktijk. De resultaten geven weer dat men niet aan de hand van de regio vast kan stellen of aardappelen met groeischeuren meer PVY-virus vertonen. Er kan niet vastgesteld worden dat partijen afkomstig uit het zuiden van Nederland significant meer PVY-virus bevatten dan partijen afkomstig uit andere teeltgebieden.

De resultaten binnen dit onderzoek zijn vergeleken met de reguliere nacontrolecijfers van de NAK. Hierbij valt het op dat de volgorde van verlagingen overeenkomt met de uitslagen binnen dit onderzoek. In de verlagingcijfers van de NAK is naar voren gekomen dat in 2022 in Noord-Nederland gemiddeld 13,5% van de percelen verlaagd is. Binnen dit onderzoek is in de regio noord, met de kanttekening dat er slechts zes metingen zijn, het laagste aantal positieve virusreacties gevonden zijn. In de regio Midden-Nederland is in 2022 18,78% van de percelen verlaagd waardoor deze regio in het midden eindigt. Binnen dit onderzoek zijn er in de regio midden meer reacties gevonden dan de regio noord, maar minder dan de regio zuid. Daardoor zijn de resultaten van dit onderzoek grofweg in lijn met de cijfers van de NAK. In de regio Zuid-Nederland is in 2022 gemiddeld 24,53 % van de percelen verlaagd. Een grove verhoging ten opzichte van de regio midden en noord. Binnen dit onderzoek zijn er in de regio zuid gemiddeld, onder voorbehoud van vier metingen, het hoogst aantal positieve reacties gemeten.

Uit meerjarige monitoring van de nacontrolecijfers van de NAK is gebleken dat regio's per jaar kunnen verschillen. Hierdoor zijn er vermoedens dat de variabele "regio" per jaar zeer verschillend kan zijn. Doordat de resultaten van dit onderzoek echter in de brede zin overeenkomen met de resultaten van stichting NAK zelf kan men concluderen dat dit onderzoek representatief is voor de verschillende regio's.

"In welke voorlopige pootgoedklassen komen er significant meer met PVY-besmette knollen met groeischeuren voor?"

Binnen dit onderzoek zijn zeven verschillende voorlopige pootgoedklassen verzameld. Van de voorlopige klasse PB2 is één partij verzameld. Van de voorlopige klassen PB3, S en A zijn van elk twee partijen verzameld. Tot slot zijn er van de voorlopige klassen PB4, SE en E vier partijen verzameld voor dit onderzoek. Doordat er zeven verschillende voorlopige klassen verzameld zijn, zijn er te weinig herhaalmetingen per klasse. Hierdoor

is een statistische toets waarin alle klassen onderling met elkaar vergeleken worden niet mogelijk.

Het gemiddelde aantal positieve reacties in de klasse PB3 (4.25) en PB4 (5.63) komt redelijk overeen met de gemiddelden van de klasse SE (4.38) en E (5.38). Echter zijn de voorlopige generaties PB3 en PB4 minimaal 2 jaar jonger dan de klassen SE en E. Dit geeft aan dat in materiaal van pre-basisklasse binnen dit onderzoek bijna net zoveel PVY-virus gevonden wordt als in de partijen met de klasse SE en E. Binnen de klasse A zijn vier metingen uitgevoerd waarin het gemiddeld aantal positieve PVY-reacties komt op 13.25. Dit is gemiddeld ruim tweemaal hoger dan alle andere klassen binnen dit onderzoek. Wanneer de klasse A vergeleken wordt alle andere klassen opgeteld komt men op een kritieke Fisher-waarde (f) van 17.65. Hierdoor is de waarschijnlijkheid kleiner dan de betrouwbaarheidsdrempel ($p = <.001$). Dit houdt in dat in de klasse A significant meer PVY-virus gevonden is ten opzichte van alle andere klassen.

De resultaten komen overeen met de praktijk en het keuringssysteem van de NAK. Binnen het keuringssysteem mag materiaal van een lagere klasse, bijvoorbeeld klasse A, meer PVY-virus positieve knollen bevatten dan materiaal met de klasse S. Binnen dit onderzoek is vastgesteld dat de klasse A significant meer PVY-virus bevat wat ook logisch is gezien het feit dat de referentiemonsters ook PVY-virus bevatten.

Voor de klassen PB3 en PB4 is de uitslag binnen dit onderzoek vergeleken met de uitslag van de reguliere nacontrole. Daaruit is gebleken dat de partijen 17,18 en 20 binnen dit onderzoek gemiddeld 6,5 , 11 en 3,5 positieve reacties bevatten. Deze partijen zijn in de reguliere nacontrole verlaagd naar een passende klasse omdat het vastgestelde viruspercentage niet correspondeert met de klasse. Monster 4,12 en 13 hadden in het referentiemonster 0,0 en 2 reacties. Deze partijen zijn in de reguliere nacontrole niet verlaagd. Dit geeft aan dat partijen welke gedurende het teeltseizoen een viruspercentage hebben opgebouwd eruit gepikt worden in de nacontrole. Monster nummer 20 is in de reguliere nacontrole wel verlaagd, maar in het referentiemonster zijn binnen dit onderzoek geen positieve reacties gevonden. Dit kan betekenen dat er in het reguliere nacontrolemonster knollen hebben gezeten welke PVY-positief geweest zijn of dat er per ongeluk aardappelen met groeischeuren meegenomen zijn welke positief waren met PVY.

"In welke mate is er een verband tussen aardappelen met groeischeuren en PVY-virus?"

Binnen dit onderzoek is aangetoond dat aardappelen met groeischeuren significant meer PVY-reacties bevatten ten opzichte van aardappelen uit dezelfde partij zonder groeischeuren ($p=0.04$). Kanttekening aan deze bevinding is het feit dat binnen de onderzochte partijen sprake is van een brede spreiding van de resultaten. Er zijn monsters zonder groeischeuren getoetst waarin 16 van de 16 reacties positief waren en er zijn monsters met groeischeuren getoetst waarin 0 van de 16 reacties positief waren. Dit geeft aan dat PVY-virus niet altijd een groeischeur vertoont en dat niet elke groeischeur het gevolg is van een besmetting met PVY-virus.

Binnen het onderzoek zijn teveel rassen verzameld om de uitslagen op ras-niveau te vergelijken. Het ras met de meeste metingen, ras G, is vergeleken met alle andere rassen. Hieruit is gebleken dat ras G gemiddeld gezien meer positieve PVY-reacties liet zien, maar dat het niet een significant verschil betrof. Er zijn wel vermoedens dat er rassen zijn waarin PVY-virus significant meer voorkomt in aardappelen met groeischeuren, maar daarvoor zijn er binnen dit onderzoek te weinig herhaalmetingen uitgevoerd.

De oorspronkelijke generatieverdeling, generatie 0 t/m 4 jaar en 5 t/m 9 jaar bleek tijdens het onderzoek niet te passen bij de praktijksituatie waarin de normeringen voor PVY-virus hetzelfde zijn voor de klassen PB1 t/m S. Resultaten waren daardoor minder toepasbaar in de praktijk. Door de generaties opnieuw te categoriseren in de categorieën 0 t/m 5 jaar en 6 t/m 9 jaar vinden de resultaten meer aansluiting met de praktijk. Aan de hand van de resultaten van het onderzoek is het significant bewezen dat de generaties 6 t/m 9 jaar meer PVY-virus bevatten ten opzichte van de generaties 0 t/m 5 jaar ($p=0.05$). In het verlengde daarvan het niet bewezen dat de generatie een extra verklarende factor is op het aantal PVY-reacties in aardappelen met groeischeuren.

Binnen het onderzoek is het niet bewezen dat regio een invloed heeft op het aantal PVY-reacties in aardappelen met groeischeuren ($p=0.35$). De resultaten binnen dit onderzoek komen grofweg overeen met de resultaten van de reguliere nacontrole van de NAK, maar hierin heeft regio geen extra verklarende factor op het aantal PVY-reacties. Dit komt mede door het hoge aantal metingen in de regio midden (28) ten opzichte van de regio noord (6) en zuid (4).

Binnen het onderzoek zijn 19 valide partijen verzameld uit zeven verschillende voorlopige pootgoedklassen. Hierdoor zijn er te weinig herhaalmetingen om onderzoek te

doen naar een statistisch verschil tussen pootgoedklassen onderling. De voorlopige klasse A, waarin gemiddeld 13,25 positieve reactie is gevonden, is vergeleken met alle andere voorlopige pootgoedklassen. Aan de hand van de resultaten is binnen dit onderzoek gebleken dat de voorlopige pootgoedklasse A significant meer PVY-virus bevat ten opzichte van alle andere voorlopige pootgoedklassen ($p = < .001$). Deze uitkomsten passen bij de praktijksituaties waarin er in een klasse A meer PVY-virus getolereerd wordt ten opzichte van een klasse S. De partijen afkomstig uit een PB3 en PB4 zijn vergeleken met de nacontrole uitslag van de NAK waarin het opvalt dat referentiemonsters welke binnen dit onderzoek veel PVY-reacties vertoonden verlaagd zijn in de nacontrole. Hierdoor corresponderen de toetsingsmethoden en de uitslagen van dit onderzoek met de reguliere toetsingsmethode van de NAK.

5.2 Aanbevelingen

In dit onderzoek is vastgesteld dat er significant meer PVY-virus gevonden is in aardappelen met groeischeuren. Op basis van deze bevinding zijn er een zevental aanbevelingen te formuleren.

5.2.1 Aanbevelingen voor telers

Op korte termijn is het voor telers aan te raden om aardappelen met groeischeuren te verwijderen uit partijen welke de teler zelf weer plant. Binnen dit onderzoek is gebleken dat er 65% meer PVY-virus aangetroffen is in aardappelen met groeischeuren ten opzichte van aardappelen zonder groeischeuren. Mocht een teler in staat zijn om deze aardappelen uit de partij te verwijderen kan dat resulteren in een reductie van het viruspercentage van de netto-partij wat weer resulteert in minder selectiewerk en het risico op virusverspreiding in het veld.

Partijen welke in de bruto-partij op het oog een hoog percentage groeischeuren hebben en bestemd zijn als eigen pootgoed zijn risicopartijen op het gebied van PVY-virus en groeischeuren. Dit onderzoek heeft geen antwoord gegeven op de vraag of partijen met veel groeischeuren ook een hoog viruspercentage hebben. Om uitsluitel te geven richting een teler kan het verstandig zijn om een vrijwillig monster te nemen bestaande uit aardappelen met groeischeuren. Aan de hand van de uitslag kan een teler besluiten om de groeischeuren wel of niet op te planten.

5.2.2 Aanbevelingen voor de NAK

Op langere termijn is het voor stichting NAK Nederland raadzaam om reguliere nacontrolemonsters te monitoren op het aantal aardappelen met groeischeuren in de monsters. Aan de hand van de resultaten kan de NAK onderzoeken of monsters waarin

aardappelen met groeischeuren aangetroffen zijn (significant) meer virusreacties vertonen. Mocht dat het geval zijn is het belangrijk om in kaart te brengen wat de mogelijke gevolgen daarvan zijn. Zo kan de NAK bepalen of aardappelen met groeischeuren niet gesneden mogen worden voor de PCR-test of dat er een andere norm van toepassing moet zijn op het afleveren van pootgoed of het opplanten van pootgoed met groeischeuren.

5.2.3 Aanbevelingen voor vervolgonderzoek

De uitslagen van dit onderzoek kunnen niet zwart-wit geïnterpreteerd worden. In aardappelen met groeischeuren is binnen dit onderzoek significant meer PVY-virus gevonden, maar dat houdt niet in dat alle aardappelen met groeischeuren per definitie besmet zijn met PVY-virus. Anderzijds is het ook niet zo dat alle knollen zonder groeischeuren vrij zijn van PVY-virus. Wat binnen dit onderzoek opgevallen is, is dat het groeischeurpercentage van de bruto-partij mogelijk invloed kan hebben op de uitkomsten van het onderzoek. Praktisch gezien is de kans dat een aardappel met een groeischeur besmet is met PVY-virus kleiner naarmate het groeischeurpercentage van de bruto-partij hoger wordt. Om te kunnen stellen dat een groeischeur altijd een verhoogde kans heeft om besmet te zijn met PVY-virus is het belangrijk om onderzoek te doen in jaren dat groeischeuren meer te vinden zijn. Het is dan ook belangrijk om het groeischeurpercentage van de bruto-partij meetbaar te maken.

Ten tweede zijn er vermoedens dat het ras invloed heeft op het aantal positieve reacties in aardappelen met groeischeuren. In dit onderzoek is primair gefocust op partijen met en zonder groeischeuren, waardoor de invloed van het ras minder structureel is onderzocht. Door onderzoek te specificeren op slechts een aantal rassen of door het aantal herhaalmetingen te verhogen is het mogelijk om een statistisch onderbouwd antwoord te kunnen geven op de vraag of er een ras is welke significant meer PVY-virus bevat in aardappelen met groeischeuren.

In ieder geval is éénjarig onderzoek niet genoeg om conclusies te kunnen trekken welke meerjarige gevolgen hebben. Binnen vervolgonderzoek is het belangrijk om de validiteit van gegevens te bewaken (geen aardappelen met groeischeuren in referentiemonsters, geen potjes gebruiken welke kunnen breken waardoor sappen gemixt kunnen worden en monsters nemen uit één partij en niet uit meerdere percelen). Binnen vervolgonderzoek is het belangrijk om het aantal reacties per monster zo groot mogelijk te maken (bijvoorbeeld 16 reacties) en de samenvoegingen zo klein mogelijk te maken

(bijvoorbeeld 25 of 10 knollen per reactie). Hierdoor vallen verschillen sneller op en zijn er minder gegevens nodig om een conclusie te kunnen trekken.

Dit onderzoek is specifiek gericht op het visueel kunnen beoordelen van aardappelen. Er is binnen dit onderzoek niet gekeken naar een vorm of type groeischeur en het aantal PVY-reacties. Het kan voor de praktijk van toepassing zijn om onderzoek te doen of er een type groeischeur is welke significant meer PVY-virus vertoont ten opzichte van andere typen groeischeuren. Hierdoor kan men in jaren dat groeischeuren veel te vinden zijn toch nog een inschatting maken van het risico dat de groeischeur gevormd is door een besmetting met PVY-virus. In het verlengde daarvan kan men beter knollen toetsen op alle soorten virus omdat een groeischeur niet alleen door een besmetting met PVY-virus hoeft te ontstaan, maar ook door andere typen virussen kan ontstaan. Door in kaart te brengen welke soorten virussen er in aardappelen met groeischeuren te vinden zijn is het denkbaar dat er nieuwe of andere verbanden gevonden worden.

Bibliografie

Aangegeven oppervlakte pootaardappelen van totaal Nederland over oogst 2022.
(2022, 3 juni). NAK.

Benedict, C. A., McMoran, D. W., Inglis, D. A. & Karasev, A. V. (2015, 25 september). Tuber Symptoms Associated with Recombinant Strains of Potato virus Y in Specialty Potatoes Under Western Washington Growing Conditions. *American Journal of Potato Research*, 92(5), 593–602. <https://doi.org/10.1007/s12230-015-9472-6>

Carnegie, S. F. & McCreath, M. (2010, maart). Mosaic Virus Symptoms in Potato Crops and the Occurrence of Growth Cracking in Tubers. *Potato Research*, 53(1), 17–24. <https://doi.org/10.1007/s11540-010-9147-0>

CBS Statline. (z.d.). Geraadpleegd op 14 oktober 2022, van <https://opendata.cbs.nl/>

Gao, F., Kawakubo, S., Ho, S. Y. W. & Ohshima, K. (2020, 1 juli). The evolutionary history and global spatio-temporal dynamics of potato virus Y. *Virus Evolution*, 6(2). <https://doi.org/10.1093/ve/veaa056>

Hak, Ing. P. S. (2008, november). Ziekten, aantastingen en gebreken bij aardappelen. *WUR*, Article 473175.

Hu, X., Meacham, T., Ewing, L., Gray, S. M. & Karasev, A. V. (2009, juli). A novel recombinant strain of Potato virus Y suggests a new viral genetic determinant of vein necrosis in tobacco. *Virus Research*, 143(1), 68–76. <https://doi.org/10.1016/j.virusres.2009.03.008>

Inglis, D. A. & Gunderson, B. (2015). Impact of potato virus y on the quality of specialty potato tubers. *Vegetable Pathology Program*. <https://www.nwpotatoresearch.com/images/documents/Inglis%20and%20Gunderson%202015Proceedings.pdf>

Jaarverslag NAK 2021. (2022). nak.

Jefferies, R. A. & Mackerron, D. K. L. (1987, december). Observations on the incidence of tuber growth cracking in relation to weather patterns. *Potato Research*, 30(4), 613–623. <https://doi.org/10.1007/bf02367642>

Karasev, A. V. & Gray, S. M. (2013, 4 augustus). Continuous and Emerging Challenges of *Potato virus Y* in Potato. *Annual Review of Phytopathology*, 51(1), 571–586. <https://doi.org/10.1146/annurev-phyto-082712-102332>

Platt, B. & D. Cattlin, N. (2008, 11 april). Diseases, Pests and Disorders of Potatoes. *Potatolife*. <https://doi.org/10.1201/b15127>

Potato tuber blemishes: understanding & diagnosis - Cracks and deformations. (z.d.). inra.com. Geraadpleegd op 14 oktober 2022, van <https://www.potato-tuber-blemishes.com/Symptoms/Cracks-and-deformations>

Potato virus Y. (z.d.). potatovirus.

Robinson, A. & Hatterman-Valenti, H. (2013, maart). *Effect of glyphosate on potatoes*. North Dakota State University.

Russchen, H. J., Wander, J., Veldhorst, G. & Persoon, L. (2011, november). *Luis- en virusbestrijding in pootaardappelen*. DLV.

Turkensteen, L. J., Baarlen, P. van & Mulder, A. (2008). *Aardappel ziektenboek: ziekten, plagen en beschadigingen*. Aardappelwereld.

Bijlagen

Bijlage 1: Monstername protocol

Bijlage 2: Ruwe data onderzoek



Monstername ter behoeve voor het onderzoek naar PVY-virus in pootaardappelen met groeischeuren.

Beste keurmeesters en telers,

Allereerst zal ik mijzelf enigszins introduceren. Mijn naam is Jeldert Oenema en zit in het afstudeerjaar van de opleiding Tuin- en akkerbouw aan de Aeres Hogeschool in Dronten. Binnen dit afstudeerjaar moeten studenten een afstudeerwerkstuk schrijven over een zelfgekozen onderwerp.

Ik heb voor het onderwerp “PVY-virus in aardappelen met groeischeuren” gekozen. Al een geruime tijd heb ik het idee dat er rassen zijn waarin groeischeuren een verband hebben met een besmetting van PVY-virus. Literatuur op dit gebied spreekt elkaar tegen en de onderzoeken zijn bijna niet van Nederlandse herkomst. Om het vermoeden te doen bevestigen of ontkrachten zal er in de periode oktober 2022 tot januari 2023 zal er een onderzoek plaatsvinden waarin er onderzocht gaat worden of er een verband is tussen aardappelen met groeischeuren en het aardappel PVY-virus.

Voor dit onderzoek zijn proefmonsters van partijen pootgoed benodigd welke groeischeuren bevatten. Voor dit onderzoek is het van belang dat er genoeg proefmonsters genomen worden om te kunnen onderzoeken of er een verband is tussen aardappelen met groeischeuren en het PVY-virus. In totaal zijn er 20 monsters uit 20 verschillende partijen benodigd. Ik heb als onderzoeker daarom de hulp van telers en van keurmeesters nodig om voldoende proefmonsters voor handen te hebben.

De uitslag van de proefmonsters heeft **GEEN** consequentie voor de handelsklasse of voor de teler. Er zal enkel een controle plaatsvinden op PVY-virus. Enkel voor de binnenkomst administratie is het telernummer nodig. Dit telernummer zal voor het onderzoek gekoppeld worden aan een regio waardoor de teler niet traceerbaar is. Dit geldt ook voor het ras. Na monsterontvangst zullen alle verzamelde rassen overgezet worden van ras-naam naar letter. In het onderzoek zullen dus geen rassen, telernummers en locaties genoemd worden.

Om 400 knollen met groeischeuren te kunnen verzamelen gaat de voorkeur uit naar partijen welke gesorteerd/ verwerkt worden.

De groeischeuren welke voldoen aan de zoekcriteria staan in de afbeeldingen op de volgende pagina weergegeven.

Voor dit onderzoek zijn in principe de volgende typen groeischeuren relevant:

- Groeischeuren over de lengtezijde van de knol.
- Groeischeuren over de breedteligging van de knol.
- Meerdere oppervlakkige groeischeuren per knol.
- Groeischeuren dieper dan 1 cm.
- De monsters mogen alleen uit pootgoedpartijen genomen worden en niet uit consumptiepartijen.
- Dit onderzoek specificeert zich niet op ras, dus alle rassen mogen aangeleverd worden als proefmonster.



De volgende principes zijn voor dit onderzoek van belang:

- Een partij moet genoeg geschikte knollen bevatten om in aanmerking te komen voor een monster. Het is hierbij van belang dat de partij minstens **400 knollen** bevat met groeischeuren en minstens **400 knollen** bevat welke vrij zijn van groeischeuren.
- Monster kan genomen worden in de maat 28/65.
- Bij het vinden van een geschikte partij graag doorgeven aan [REDACTED] 23
- In overleg met keurmeester en betreffende teler overeenstemmen wie het proefmonster gaat nemen.
- De labels **A+B** zijn bestemd voor 2x 200 knollen **ZONDER** groeischeuren!
- De labels **C+D** zijn bestemd voor 2x200 knollen **MET** groeischeuren!
- Op elk label graag het ras, het telernummer, de voorlopige klasse (niet de uitslag van de nacontrole) en de generatie van de desbetreffende partij noteren.
- Zak afsluiten en verzenden conform protocol BUD-411.
- Er gaat enkel een label aan de zak en hoeft er dus geen label in de zak.
- Monstername uit uitschotkist is alleen mogelijk wanneer er in de uitschotkist één ras gedeponeerd is.
- Monstername dient voor half november plaats gevonden te hebben.

Mochten er nog vragen, opmerkingen of relevante gegevens nodig zijn kan men contact opnemen via [REDACTED] en telefonisch op [REDACTED]

Bijlage 2: Ruwe data onderzoek

Monsternummer	Ras	Regio	Voorlopige klasse	Generatie	A	B	A+B	C	D	C+D
1	A	Midden	E	4	1	1	2	1	1	2
2	B	Noord	S	5	0	2	2	0	0	0
3	C	Midden	A	4	6	4	10	8	8	16
4	D	Midden	PB 4	4	0	0	0	1	2	3
5	E	Midden	E	6	0	0	0	2	0	2
6	F	Midden	E	6	6	4	10	7	7	14
7	E	Midden	A	7	8	6	14	6	6	12
8	G	Noord	SE	4	2	0	2	4	4	8
9	H	Zuid	SE	4	3	6	9	4	2	6
10	I	Midden	PB 2	2	0	0	0	0	0	0
11	J	Midden	SE	5	1	1	2	1	1	2
12	K	Midden	PB3	3	0	0	0	8	1	9
13	G	Midden	PB3	3	0	2	2	5	1	6
14	H	Zuid	E	4	1	2	3	5	5	10
15	L	Midden	A	8	7	4	11	8	8	16
16	E	Midden	S	5	5	0	5	5	2	7
17	M	Midden	PB4	4	7	0	7	3	3	6
18	M	Midden	PB4	4	6	6	12	5	5	10
19	N	Noord	SE	5	0	1	1	0	5	5
20	G	Midden	PB4	4	0	0	0	5	2	7
TOTAAL:					53	39	92	78	63	141