



# Onderzoeksrapport Ketenproject Verbetering Pootgoedkwaliteit (2016-2022)

*Johannes Ransijn*

NAK-onderzoeksrapport

December 2022



VERENIGING VOOR DE  
AARDAPPELVERWERKENDE  
INDUSTRIE



Gedeeltelijke financiering  
door BO Akkerbouw



NAK  
Randweg 14, Emmeloord

Postbus 1115  
8300 BC Emmeloord

Tel.: 0900-0625  
E-mail: [nak@nak.nl](mailto:nak@nak.nl)  
[www.nak.nl](http://www.nak.nl)

Deelnemende organisaties



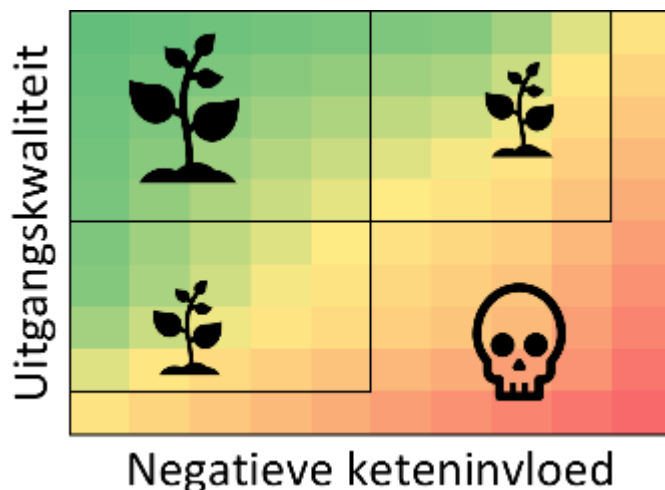


## Samenvatting

Naar aanleiding van een toenemend aantal klachten over pootgoedkwaliteit en opkomstproblemen in de teelt van consumptieaardappelen is in 2016 het Ketenproject Verbetering Pootgoedkwaliteit opgestart. Het doel van het project bestond uit drie delen:

- 1) Achterhalen wat de oorzaken zijn van opkomstproblemen in de aardappelteelt
- 2) Een test ontwikkelen die partijen met een hoog risico op opkomstproblemen aan kan wijzen
- 3) Ketenpartijen aansporen om gezamenlijk de faalkosten in de aardappelketen die door opkomstproblemen ontstaan te verminderen

Ervaringen binnen het project geven aan dat in verreweg de meeste gevallen opkomstproblemen gerelateerd aan te snel rottend pootgoed. De rotgevoeligheid van een pootgoedpartij speelt de belangrijkste rol bij de problematiek rondom opkomstproblemen. Andere oorzaken als chemische schade spelen incidenteel een rol. Van de ca. duizend partijen die in de 6 jaren zijn onderzocht, was er één pootgoedpartij met opkomstproblemen door verontreiniging met herbicide tijdens de pootgoedteelt. Kiemkracht, fysiologische leeftijd of onderwatergewicht speelt evenmin een grote rol. Opkomstproblemen zijn grotendeels te wijten aan rot. Het project heeft bevestigd dat het risico op opkomstproblemen bepaald wordt door zowel de uitgangskwaliteit van aardappelpootgoed (de kwaliteit van een partij bij het verlaten van de bewaring bij de pootgoedteler) als het laatste gedeelte van de keten, van transport bij de pootgoedteler tot uitplant (Figuur 1).



*Figuur 1: Conceptueel kader voor het ontstaan van opkomstproblemen. Een slechte opkomst kan in enkele gevallen alleen door een slechte uitgangskwaliteit of alleen door negatieve keteninvloeden ontstaan. In de meeste gevallen zal een interactie van iets mindere uitgangskwaliteit met negatieve keteninvloeden (bijvoorbeeld rondom transport en uitplant) verantwoordelijk voor de problemen zijn.*

Gedurende het project zijn monsters van honderden partijen onder gecontroleerde omstandigheden bewaard, verwerkt en uitgeplant op proefvelden. Hiermee kon een beter beeld verkregen worden van de pootgoedkwaliteit dan bij het volgen van pootgoedpartijen in de praktijk en het beoordelen van consumptieaardappelpercelen. Ongeveer 0,5 á 2% van de pootgoedpartijen gaf ook onder de gunstigste omstandigheden opkomstproblemen. Dit zijn partijen die in Figuur 1 helemaal onderin zouden staan. Het precieze percentage kan van jaar tot jaar en van ras tot ras verschillen. Door de jaren heen zagen we meestal meer problemen op het proefveld op zandgrond dan op het proefveld op zavelgrond. Bij planten met een reguliere plantmachine was dit verschil groter dan bij uitplant met een proefveldplanter

In de praktijk zien we dat het percentage pootgoedpartijen met opkomstklachten groter is dan de bovengenoemde 0,5 á 2%. In een experiment waarbij we op een proefveld twee sets monsters van een partij hebben uitgeplant, zowel monsters genomen bij de pootgoedteler als monster van dezelfde partij genomen vlak voor planten bij de consumptieteler, zagen we dat de hoeveelheid problemen in de tweede set ongeveer verdubbelde. Het was lastig om goed grip te krijgen op wat de precieze oorzaken zijn van deze extra problemen. We hebben met mishandelingsexperimenten aangetoond dat vallen en soortgelijke gebeurtenissen risico's vergroten, vooral wanneer er na het vallen geen goede wondheling plaatsvindt. Het risico op opkomstproblemen verminderde wanneer in alle gevallen het pootgoed zorgvuldig werd behandeld. Hier zijn geen baanbrekende ontdekkingen gedaan. We bevestigen het belang van traditionele voorschriften voor bewaring, behandeling en uitplant van aardappelen.

Binnen het project is een stresstest ontwikkeld die een indicatie kan geven voor de rotgevoeligheid van een pootgoedpartij. De stresstestvariant die de meeste potentie leek te hebben en het uitvoerigst is onderzocht binnen het project bestaat uit een 24-uurs onderdompeling in water gevolgd door een incubatie in een klimaatcel op 80% relatieve luchtvochtigheid en 20C. Het aantal rotte knollen na 2á3 weken incubatie gaf een indicatie voor het risico op opkomstproblemen. Stresstesten uitgevoerd aan het einde van het bewaarstadium hadden de meeste voorspellende waarde. Voor een goede risicoclassificatie zijn (minstens) twee stresstestrondes gewenst. Een testprocedure met een eerste testronde op 200 knollen in januari en, bij een score van meer dan 2% zwakke knollen in de eerste testronde, een tweede testronde in februari/maart op 600 knollen gaf binnen het project een betrouwbare classificatie voor de uitgangskwaliteit pootgoedpartijen.

De rotgevoeligheid en het risico opkomstproblemen kunnen verschillen tussen aardappelrassen. Binnen het project hebben we 6 jaar ervaring opgedaan met testen op een paar aardappelrassen. Wanneer een stresstest gebruikt gaat worden voor rassen waar nog geen ervaring mee is, raden we aan om eerst ervaring op te doen voor dat ras met behulp van proefvelden en evaluatie van praktijkklachten. In het project zagen we dat verschillen tussen faciliteiten tot afwijkende resultaten kunnen leiden. Vocht, droging na onderdompeling en ventilatie in de klimaatcel zijn kritische factoren voor de uiteindelijke uitslagen. Onvoldoende droging tussen onderdompeling en incubatie in de klimaatcel kan het voorspellend vermogen van de stresstest drastisch verminderen en de resultaten onbruikbaar maken. De stresstest met onderdompeling was niet de enige kansrijke variant. In sommige gevallen kunnen andere varianten een vergelijkbaar of zelfs beter voorspellend vermogen hebben.

Gebruik van een stresstestprocedure kan voorkomen dat de zwakste pootgoedpartijen uitgeleverd en uitgeplant worden. Uit het project bleek dat een groot deel van het kwaliteitsverlies later in de keten plaatsvindt. Om dit kwaliteitsverlies te verminderen en risico's op problemen te minimaliseren is het wenselijk om zorgvuldigheid en bewustzijn van kwaliteit in de hele keten van leverancier tot afnemer te stimuleren en gangbare adviezen over verwerking, bewaring en uitplant van pootgoed op te volgen. De uitkomsten en aanbevelingen uit het project zijn gepresenteerd aan de deelnemende bedrijven. In bijeenkomsten voor adviseurs zijn de belangrijkste aandachtspunten bediscussieerd. Adviseurs brengen deze onder de aandacht bij pootgoedtelers, transporteurs en consumptietelers, onder andere met behulp van een checklist. We verwachten dat deze acties leiden tot een vermindering van opkomstproblemen en daarmee zorgen voor lagere faalkosten in de aardappelketen.

## Voorwoord

Het Ketenproject Verbetering Pootgoedkwaliteit is in 2016 opgestart als driejarig project door pootgoedhandelshuizen en pootgoedafnemers. De directe aanleiding was het relatief grote aantal opkomstproblemen in de teelt van consumptieaardappelen in het voorjaar van 2016 en de constatering van afnemers dat de problematiek ook in de jaren voorafgaand aan 2016 een stijgende trend vertoonde. De drie doelstellingen van het project zijn:

- 1) Achterhalen wat de oorzaken zijn van opkomstproblemen in de aardappelteelt
- 2) Een test ontwikkelen die partijen met een hoog risico op opkomstproblemen aan kan wijzen
- 3) Ketenpartijen aansporen om gezamenlijk de faalkosten door opkomstproblemen te verminderen

De uitvoering van het project is bij de NAK neergelegd en is de eerste drie jaar gefinancierd door de deelnemende pootgoedhandelshuizen en pootgoedafnemers. Vanuit de NAK is Johannes Ransijn vanaf eind 2016 als onderzoeker betrokken geweest bij het project. Het project is vormgegeven en gecoördineerd door een werkgroep en stuurgroep met vertegenwoordiging van de deelnemende bedrijven en NAO, VAVI en de NAK. In de stuurgroep was daarnaast ook waarnemende vertegenwoordiging van telerorganisaties LTO en NAV. De resultaten na drie projectjaren gaven aanleiding voor een vervolgproject van drie jaar. Dit vervolgproject is mede gefinancierd door BO-Akkerbouw. BO-Akkerbouw is in deze laatste drie jaar ook vertegenwoordigd in de stuurgroep en werkgroep. Naast BO-Akkerbouw zijn de volgende organisatie medefinancier van het project, de pootgoedhandelshuizen Agrico, HZPC en Meijer en de pootgoedafnemers Agristo (de laatste drie jaar), Aviko, FarmFrites, Kleinjan's, LambWeston, Nedato en McCain en. Veel mensen, uit de hele aardappelketen, hebben in de loop van de jaren aan het project meegewerkt. Als onderzoeker en auteur van dit rapport wil ik graag iedereen die bij de uitvoering van het project betrokken is geweest bedanken voor de inzet. Daarnaast ook mijn lof voor de betrokken organisaties dat ze zo snel na het ontstaan van de discussie over opkomstproblemen samen aan de slag zijn gegaan om gezamenlijk het inzicht te vergroten in de problematiek en toe te werken naar risicovermindering in de hele keten. Het gezamenlijk met verschillende organisaties werken aan een project heeft het wederzijds begrip en het bewustzijn van de noodzaak tot verbetering in de hele keten verhoogt. Hiermee is al een goede stimulans gegeven aan de derde doelstelling van het project. De werkzaamheden aan de eerste en tweede doelstelling zijn geen rechtlijnig traject geweest, elk projectjaar heeft zijn eigen karakteristieken gehad. In dit rapport volgt een uitgebreide omschrijving van de belangrijkste werkzaamheden en resultaten.

In het eerste jaar van het project is een literatuurstudie gedaan ter verkenning van bestaande kennis rondom opkomstproblemen. Deze literatuurstudie vormt het eerste deel van dit rapport. Daarna volgt een algemene introductie voor de onderzoeksresultaten, dan een beschrijving van de resultaten uit de verschillende projectjaren en tenslotte een eindconclusie.





## Inhoud

Samenvatting.....	5
Voorwoord .....	7
Literatuurstudie.....	11
Algemene introductie onderzoeksresultaten.....	33
Onderzoek en resultaten bewaarseizoen 2016-2017 .....	35
Onderzoek en resultaten bewaarseizoen 2017-2018 .....	39
Onderzoek en resultaten bewaarseizoen 2018-2019 .....	45
Onderzoek en resultaten bewaarseizoen 2019-2020 .....	53
Onderzoek en resultaten bewaarseizoen 2020-2021 .....	81
Onderzoek en resultaten bewaarseizoen 2021-2022 .....	107
Eindconclusie.....	123
Verwijzingen literatuurstudie.....	125



## Literatuurstudie

### Inleiding

Het voorjaar van 2016 zag een bijzonder slechte opkomst van uitgeplant aardappelpootgoed. Op veel aardappelpercelen bleven plantplaatsen leeg op plekken waar poters niet uitgroeiden tot een plant. Hierdoor waren er uitzonderlijk veel klachten over pootgoed. Klachten kwamen vooral uit Noordwest Europa, uit Nederland en aangrenzende gebieden in Duitsland, België en Frankrijk. In Nederland kwamen de meldingen vooral uit Zuid-Nederland (waar ook de meeste consumptieteelt plaatsvindt).

Een geringe vermindering van de opkomst kan weliswaar in de eindopbrengst gecompenseerd worden door extra groei van buurplanten rond de lege pootplekken. Opkomstverminderingen van 10% of hoger kunnen echter tot substantieel lagere opbrengsten leiden. Daarnaast kan de maatsortering ongunstiger zijn in een onregelmatig gewas waar sommige planten meer, en andere planten minder ruimte hebben. Naast het primaire probleem van opbrengstverlies is het voor de verwerkende industrie ook van belang dat oogsten voorspelbaar en stabiel zijn zodat de productie/verwerkingscapaciteit optimaal benut kan worden. Kortom de gebrekkige opkomst is een probleem voor de sector.

Opkomstproblemen worden na melding vaak onderzocht door zowel pootgoedafnemers als pootgoedleveranciers. In Nederland is het gebruikelijk om de kosten van het pootgoed te compenseren wanneer aannemelijk is dat de kwaliteit van het pootgoed de oorzaak is van grote opkomstproblemen. De gemiste inkomsten door een gebrekkige opkomst en opbrengst kunnen echter snel een veelvoud zijn van de kosten van het aangekochte pootgoed. Dit betekent dat de schade bij consumptietelers veel hoger uit kan vallen dan de prijs die pootgoedverkopers voor hun product krijgen. In Frankrijk schijnt het gebruikelijk te zijn om het opbrengstverlies t.o.v. een oogst op basis van een goede opkomst te compenseren. Dat kan betekenen dat de uit te keren compensatie een veelvoud is van de prijs van het geleverde pootgoed. De asymmetrie tussen de gedeferde kosten en de prijs die voor het pootgoed wordt betaald, maakt de afhandeling van klachten een lastige kwestie. Emoties kunnen hoog oplopen bij discussies over de oorzaken van een slechte opkomst. Hierin zijn twee uitersten te identificeren. Is het pootgoed van slechte kwaliteit of gaat men er niet goed mee om? Dit soort vragen kunnen snel omslaan in beschuldigingen en belangenconflicten tussen ketenpartijen (afnemers/consumptietelers en handelshuizen/pootgoedtelers) op scherp zetten.

Uiteraard is het wenselijk dat opkomstproblemen zo min mogelijk voorkomen. Om de problematiek te verminderen is inzicht in de oorzaken nodig. Bij inventarisaties van opkomstproblemen worden meestal een aantal knollen op lege pootplekken opgegraven om mogelijk oorzaken van het niet-opkomen te achterhalen. Vier veel voorkomende gevallen zijn: 1) droogrot/Fusarium, 2) natrot/bacterierot, 3) langzaam kiemende knollen/achterblijvende planten en 4) versteende knollen. Dit zijn echter in eerste instantie symptomen en niet direct oorzaken. Wanneer rot wordt aangetroffen, kan bijvoorbeeld niet zonder meer geconcludeerd worden dat het de primaire oorzaak is. Pathogenen kunnen ook een secundair verschijnsel zijn na beschadiging of aantasting door andere organismes.

### Een complex systeem

Een beter begrip van de aardappelketen en de relevante biologische achtergronden van het productiesysteem kunnen wellicht helpen bij het voorkomen van opkomstproblemen. Daarnaast kan een waardering voor complexiteit van de aardappelteelt en de veelheid van factoren die een invloed hebben op het product voor meer wederzijds begrip tussen ketenpartners zorgen.

Aardappelpootgoed is een natuurproduct en is het resultaat van processen die deels beïnvloed

worden door niet of lastig te sturen factoren. Dit betekent dat er altijd een bepaalde mate van variatie en onzekerheid zal bestaan. Ook zijn er hoogstwaarschijnlijk interacties tussen factoren en verschillen tussen rassen die de voorspelbaarheid compliceren en het moeilijk maken om algemene conclusies te trekken. Een zelfde soort probleem kan door verschillende oorzaken ontstaan en een bepaalde factor of omstandigheid heeft niet altijd hetzelfde effect of probleem tot gevolg..

Keuringen, selecties en certificatie van pootgoed kunnen wellicht helpen om meer zekerheid over de kwaliteit van een product krijgen. Op basis van het nog veelvuldig voorkomen van opkomstproblemen, lijkt erop dat de huidige keuring in dit opzicht te kort. Wellicht zijn er mogelijkheden voor verbetering en uitbreiding van de keuring.

In dit rapport wordt, op basis van literatuuronderzoek, een overzicht gegeven van de factoren die de kwaliteit van pootgoed (negatief) kunnen beïnvloeden. Eerst zal ik de concepten pootgoedkwaliteit en fysiologische leeftijd introduceren om vervolgens beschrijven wat er in de literatuur bekend is over factoren die de kwaliteit en fysiologie van pootgoed al tijdens het groeiseizoen van het pootgoedgewas beïnvloeden. Vervolgens behandel ik de effecten van chemische middelen waarvan bekend is dat ze opkomstproblemen kunnen veroorzaken. Daarna komen bewaaromstandigheden, rasverschillen en pathogenen aan bod gevolgd door de invloed van groeiomstandigheden tijdens de consumptieteelt. Tenslotte zal ik ook ingaan op de mogelijkheden voor een vitaliteitstoets met voorspellende waarde over de opkomst na uitplant van een pootgoedpartij. Het rapport sluit af met enkele conclusies en aanbevelingen op basis van het literatuuronderzoek.

## Pootgoedkwaliteit

De kwaliteit van aardappelpootgoed is een van de belangrijkste factoren die de opbrengst van aardappelteelt beïnvloeden. Van kwalitatief hoogwaardig pootgoed wordt verwacht dat elke knol tot een gezonde plant uitgroeit die uiteindelijk een knolopbrengst levert die aan de verwachtingen voldoet.

Omdat aardappels vegetatief vermeerderd worden, is het gewas gevoelig voor zogenaamde degeneratie, een achteruitgang van de kwaliteit bij een toenemend aantal vermeerderingsgeneraties. Dit hangt meestal samen met een toename van pathogenen als virussen, bacteriën, viroïden en schimmels. Daarnaast kunnen ook andere schadelijke organismen als insecten en nematoden via het pootgoed doorgegeven worden. Kwaliteitsverlies door degeneratie zou minimaal moeten zijn voor hoogwaardig gekeurd pootgoed.

Naast kwaliteitsverlies in opvolgende generaties, varieert de kwaliteit en kiemkracht van pootgoed ook binnen een generatie, los van variatie in besmetting met pathogenen. Dit heeft te maken met de fysiologie van de aardappelplant en knol. Voor de capaciteit van een pootgoedknol om tot een vitale plant met een goede knolopbrengst uit te groeien zijn uiteindelijk de volgende kenmerken van belang (Struik & Wiersema, 1999):

1. Het aantal kiemogenen per knol
2. Het gedrag van de kiemogenen
  - Kans dat een oog kiemt
  - Kans dat een kiem een stam wordt

Deze kenmerken hangen samen met de grootte en de fysiologische leeftijd van knollen. Grotere knollen hebben bijvoorbeeld meer ogen per knol (maar minder per eenheid knolgewicht). De fysiologische leeftijd heeft vervolgens invloed op het gedrag van de ogen. Hier wordt hieronder dieper op ingegaan. Kleinere knollen hebben in het algemeen minder voedingsstoffen beschikbaar voor de kiemen, geven minder opkomst en resulteren in zwakkere planten dan grotere knollen (Struik & Wiersema, 1999). Dit lijkt vooral een rol te spelen bij pootgoed van minder dan 20 gram per knol. Zwaardere milieuomstandigheden (vorst, droogte, hitte etc.) na uitplant en opkomst hebben ernstigere gevolgen bij gebruik van klein formaat pootgoed (Struik & Wiersema, 1999).

Doordat er veel factoren in de hele keten vanaf het begin van de pootgoedteelt tot uitplant bij consumptieteler zijn die een invloed op de uiteindelijke vitaliteit, opkomst en opbrengst kunnen hebben, is het lastig om één-op-één relaties tussen een slechte opkomst en een mogelijke oorzaak aan te wijzen. Zeker ook omdat interacties tussen factoren (zoals bijvoorbeeld kleiner pootgoed en zwaardere milieuomstandigheden) een belangrijke rol spelen. Het is daarom belangrijk om een overzicht te hebben van het hele productiesysteem en factoren en schakels in de keten die van invloed kunnen zijn op de uiteindelijke kwaliteit. Van de intrinsiek aan het pootgoed gebonden eigenschappen is vooral het verloop van de kiempotentie met het ouder worden van het pootgoed relevant. De fysiologische leeftijd wordt hieronder verder toegelicht en de invloed van verschillende factoren op het fysiologisch gedrag wordt in latere hoofdstukken in meer detail behandeld.

## Fysiologische leeftijd

Een pootgoedknol wordt fysiologisch onafhankelijk bij het loskomen van de moederplant. Vanaf dat moment volgt de knol een eigen fysiologische ontwikkeling. De kiem- en opbrengstpotentie van pootgoed volgt grofweg het patroon van een optimumcurve. Na loofdoding neemt de mate van kiemrust eerst nog toe en zullen knollen niet kiemen. Vervolgens neemt de kiemrust af en komt pootgoed in een fase van apicale dominantie (topscheutdominantie). Knollen vormen in deze fase

weinig kiemen en stengels en de opbrengst is dan ook relatief laag voor fysiologisch jong pootgoed. Vervolgens is er een periode van optimale kiemkracht en opbrengstpotentie. Daarna neemt de kiemkracht en opbrengstpotentie weer af voor fysiologisch oud pootgoed (Struik & Wiersema, 1999). Bewaaromstandigheden beïnvloeden wanneer het optimum bereikt wordt.

Chronologische leeftijd, omstandigheden in de bewaring na het rooien en genetische eigenschappen van het ras beïnvloeden het precieze verloop van de fysiologische status. Daarnaast kunnen de volgende factoren ook een rol spelen: Knolgrootte, groeiomstandigheden moederplant, chemische en hormonale behandelingen (knol en moederplant), tijdstip en wijze van loofdoding, omstandigheden tussen loofdoding en rooien (Struik P. , 2007). Traditioneel wordt fysiologische leeftijd veelal in temperatuursommen (graaddagen) uitgedrukt. Deze methode houdt echter geen rekening met het gegeven dat het effect van een graad afhankelijk is van zowel temperatuur als bewaarfase. Andere methodes zoals de fysiologische leeftijdsindex (physiological age index, hierna PAI genoemd) nemen dat wel mee (Caldiz, Fernandez, & Struik, 2001). Er zijn veel pogingen geweest om op basis van testen of indicatoren de fysiologische leeftijd van een partij pootgoed te bepalen. Deze onderzoeken hebben voorsnog echter niet tot toepasbare resultaten geleid. In het hoofdstuk over toetsen wordt hier verder op ingegaan.

De snelheid van fysiologische veroudering is afhankelijk van een aantal factoren (Struik & Wiersema, 1999):

- Knolgrootte: Grote knollen hebben een korter kiemrustperiode
- Pootgoedbehandeling: Afkiemen, beschadigen en snijden verkorten de kiemrustperiode
- Groeiomstandigheden moederplant: Bodemstructuur, temperatuur en vochtbeschikbaarheid kunnen de duur van de kiemrustperiode beïnvloeden
- Bewaaromstandigheden: Hogere temperaturen versnellen veroudering. Andere omstandigheden spelen ook een rol en worden later uitgebreider behandeld.
- Ras: Er zijn grote verschillen in fysiologisch gedrag tussen aardappelrassen. Ook reageren rassen verschillend op milieuomstandigheden. Dit maakt het lastiger om algemene conclusies te trekken.

De fysiologische leeftijd is bepalend voor het verloop van verschillende kiemstadia, van kiemrust via de fase van apicale dominantie (topscheutdominantie), maximale kiemkracht tot seniliteit. Daarnaast bepaalt de fysiologische leeftijd van pootgoed ook de gewasontwikkeling en het tijdstip en de duur van knolvorming in de nateelt (Knowles & Botar, 1992; Struik & Wiersema, 1999; Struik P. , 2007).

## Groeiseizoen pootgoedteelt

Pootgoed is een natuurproduct waarvan de eigenschappen door de milieuomstandigheden (weer, bodem etc.) in het groeiseizoen van de pootgoedteelt wordt beïnvloed. Bepaalde groeiomstandigheden van de moederplant kunnen een negatief effect hebben op het kwaliteitsbehoud tijdens de bewaring en de vitaliteit van uitgeplant pootgoed in de nateelt. Glazigheid is een duidelijk voorbeeld van een pootgoedgebrek dat door omstandigheden tijdens de pootgoedteelt veroorzaakt kan worden (Bus, Loon, & Veerman, 1996). In sommige gevallen beginnen nieuw gevormde knollen te kiemen (doorwas) en vormen evt. een nieuwe generatie knollen. Hierbij wordt zetmeel aan reeds gevormde knollen onttrokken. Dit gaat ten koste van de energiereserves in de eerder gevormde knollen, wat in ernstige gevallen de kiemkracht negatief beïnvloedt. Het zorgen voor een voldoende vochtvoorziening, een beperkte stikstofvoorziening en een vroeg gesloten bladerdek kan helpen glazigheid en doorwas te voorkomen (Bus, Loon, & Veerman, 1996).

Wanneer het loof onder droge omstandigheden wordt gedood, kan bij knollen naveleindrot ontstaan (Bus, Loon, & Veerman, 1996). Dit schijnt vooral op te treden bij gebruik van snelwerkende chemische doodspuitmiddelen als het loof nog groen is en er veel verdamping is bij onvoldoende aanwezigheid van bodemvocht. De resulterende beschadiging kan vervolgens een toegangspoort vormen voor andere pathogenen als *Fusarium*. Zorgen voor voldoende vochtvoorziening tijdens loofdoding of een langzamere methode van loofdoding kunnen dit gebrek helpen voorkomen.

Er zijn aanwijzingen dat hogere temperaturen tijdens de pootgoedteelt de periode van kiemrust kunnen verkorten (Ittersum & Scholte, 1992; Friesland, 2002). Drogere en warmer omstandigheden rond het begin van de knolvorming kunnen kleinere en kortere poters opleveren met minder kiemogen. Dit pootgoed geeft vervolgens ook minder scheuten en stengels geven (Wurr, Fellows, Akehurst, Hambidge, & Lynn, 2001). Er zijn ook aanwijzingen dat droogte tijdens de pootgoedteelt de duur van de kiemrustperiode verkort (Karafyllidis, Georgakis, Stauropoulos, & Louizakis, 1996; Friesland, 2002). Ook droge stofgehalten van dochterknollen kunnen verminderd worden door droge en/of warme omstandigheden (Friesland, 2002), maar het is niet duidelijk of een laag droge stof gehalte op zichzelf tot opkomstproblemen in de nateelt leidt. Experimenten van Van Ittersum en Scholte (1992) tonen echter aan dat de relatie tussen kiemrust en temperatuur in het groeiseizoen van de moederplant complex en bovendien rasafhankelijk is. Voor Nederlandse omstandigheden lijken de effecten van temperatuurverschillen echter gering.

## Gebreksziektes

Aardappelplanten hebben voldoende voedingsstoffen nodig om een gezond product te leveren. Met betrekking tot de invloed van nutriënten tijdens de pootgoedteelt suggereren experimenten van Van Ittersum (1992) dat stikstofbeschikbaarheid geen effect heeft op de duur van de kiemrust (gerekend vanaf het tijdstip van loofdoding). Bij bemesting wordt vaak vooral rekening gehouden met macronutriënten als stikstof fosfor en kalium. Naast deze voedingsstoffen heeft een plant ook kleine hoeveelheden van veel ander voedingsstoffen nodig. Wanneer er hier tekorten van zijn kunnen planten en knollen gebreken krijgen, o.a. problemen met kieming en opkomst van pootgoed. Op deze manier kunnen bodemomstandigheden tijdens de teelt van pootgoed een effect hebben op de opkomst in de nateelt. Hieronder worden een aantal elementen en mogelijke effecten van tekorten op de kieming en opkomst van pootgoed behandeld.

### Calcium

Een lokaal calcium tekort in de groeiende en strekkende gedeeltes van aardappelkiemen kan leiden tot het afsterven van kiemscheuten (Dyson & Digby, 1975; Dyson & Digby, 1975; Tzeng, Kelman, Simmons, & Kelling, 1986). Dit is te zien als zwarte punten aan de kiemtoppen en wordt "sub-apicale

necrose" genoemd. In theorie kan calciumgebrek leiden tot problemen met kieming. Dit wordt vaak waargenomen bij knollen die in de lucht of in een calciumarm groeimedium kiemen. Jonge kiemen zijn dan voor hun calciumtoevoer volledig afhankelijk van de moederknol. In een bodem met voldoende calcium kunnen kiemen al snel calcium uit het omliggende groeimedium halen (Davies, 1984; Busse, Ozgen, & Palta, 2008). Om deze reden wordt vaak aangenomen dat calciumtekort geen rol van betekenis speelt bij opkomstproblemen in het veld (Velvis 2001). Er zijn in Nederland enkele onderzoeken geweest naar de rol van calciumgebrek in de zetmeelteelt (Velvis 2001b, Velvis 2001c). Hier werd (op een relatief calciumarm proefperceel) slechts incidenteel een negatieve relatie tussen een laag calciumgehalte in pootgoed en opkomst gevonden. Calciumgehalten van onderzochte bodems (zetmeelaardappelgebied) lagen in 1998 veelal op of boven de streefwaarde van 1600 mg/kg droge grond terwijl ze in 1999 eronder lagen (Velvis H. , 2001). Pootgoed volgde een omgekeerd patroon in 1998 veelal boven een streefwaarde van 450 mg/kg droge stof en in 1999 veelal eronder. Dit patroon viel samen met het vaker voorkomen van observaties van kiemnecrose in de experimenten van 1998 dan in die van 1999.

Naast een direct effect op de groei van kiemen heeft calciumtekort ook invloed op de vatbaarheid voor bepaalde pathogenen. In de eerste plaats kan een vertraagde opkomst door calciumtekort het risico op aantasting door *Rhizoctonia* vergroten (Mulder en Turkensteen 2008). Daarnaast is pootgoed met lage calciumgehalten vatbaarder voor bewaarziekten veroorzaakt door *Fusarium* en *Pectobacterium* (Mulder & Turkensteen, 2008; Bain, Millard, & Perombelon, 1996; Velvis H. , 2001). Of extra calciumbemesting helpt, is niet geheel duidelijk. De effecten van extra calciumgiften lijken in ieder geval rasafhankelijk te zijn (Velema, Van de Griend, & Velvis, 2001) en waarschijnlijk geldt dit ook voor de invloed van calcium op de vatbaarheid voor deze pathogenen. Merk op dat effecten van Calcium niet altijd duidelijk zijn. Ze worden vaker gevonden in gecontroleerde proeven dan in normale veldomstandigheden waar veel andere factoren ook een grote invloed hebben (Velvis H. , 2001). Velvis en Zwart (2001) concluderen dat calciumtekort niet direct tot opkomstproblemen leidt, maar dat de bewaarkwaliteit wel verbeterd kan worden door te zorgen voor een voldoende calciumgehalte van knollen. Mogelijk is er een interactie met het drogestofgehalte. Tzeng *et al.* (1990) vonden bijvoorbeeld een verminderde vatbaarheid voor *Pectobacterium atrosepticum* wanneer zowel calcium- als droge stofgehalte hoog waren. Studies naar een enkelvoudig effect van droge stofgehalte op de vatbaarheid voor rot geven overigens geen eenduidige resultaten (Zimnoch-Guzowska & Lojkowska, 1993), al wordt vaak beweerd dat het een belangrijke factor is.

#### *Borium*

Boriumgebrek kan zich uiten in een achterblijvende ontwikkeling van zowel stengels als wortels van de aardappelplant (Mulder & Turkensteen, 2008). Symptomen treden pas op wanneer de spruit bovengronds is gekomen en aan zonlicht wordt blootgesteld. Planten met een tekort blijven vaak relatief laag en ontwikkelen verdikte ondergrondse stengeldelen. In enkele van de onder calcium genoemde onderzoeken is ook gekeken naar mogelijke effecten van boriumtekort (Velvis H. , 2001; Velvis & Zwart, 2001). Bij veel bodems en knollen lag het boriumgehalte onder de streefwaarde en werden in het begin van het seizoen symptomen van boriumgebrek geconstateerd. Deze symptomen verdwenen echter later in het seizoen en was geen effect op de eindopbrengst. De onderzoekers concludeerden dat de aan boriumgebrek gerelateerde problemen gering zijn en geen vervolgonderzoek behoeven.

#### *Overige gebrekziekten*

Naast calcium en borium zijn er ook andere micronutriënten waarvan een lage beschikbaarheid een negatief effect op de aardappelplant kan hebben. Een tekort aan zink of zwavel kan ervoor zorgen dat planten trager groeien en kleiner blijven, maar zou in Nederland niet of zelden voorkomen (Mulder &



Turkensteen, 2008). Toch werd bij proefvelden voor onderzoek naar nutriëntentekorten in de zetmeelteelt vaak een te laag zwavelgehalte gevonden (Mulder & Turkensteen, 2001). Een tekort valt dus niet zonder meer uit te sluiten. Lisinska en Leszczynski (1989) verwijzen in hun boek naar enkele studies die een positief effect vonden voor molybdeen behandelingen op pootgoed. De groei na uitplant en het gehalte droge stof en andere eigenschappen van de dochterknollen werden verbeterd door deze behandeling. Het is niet onmogelijk dat deze en andere sporenelementen een invloed hebben op de vitaliteit van pootgoed. Meer onderzoek zou nodig zijn om hier uitsluitsel over te geven.

#### Loofdoding en rooiomstandigheden

Wanneer het loof van de moederplant afsterft begint een nieuw gevormde aardappelplant zijn eigen onafhankelijke bestaan. De knol wordt fysiologisch onafhankelijk. Vanaf dit moment kunnen milieuomstandigheden een grote invloed hebben op de fysiologie en veroudering van de knol. Hoogleraar Paul Struik vermoedt dat milieuomstandigheden tussen het moment van loofdoden en rooien mogelijk een cruciale invloed kan hebben op de pootgoedkwaliteit (Struik, pers. comm.). Harde bewijzen en data die dit ondersteunen zijn er echter nog niet. Chemische middelen die bij de loofdoding gebruikt worden zouden mogelijk ook een invloed kunnen hebben op de fysiologie en vitaliteit van pootgoed. Hier is echter weinig over bekend. Chemische middelen worden in een aparte sectie verderop behandeld.

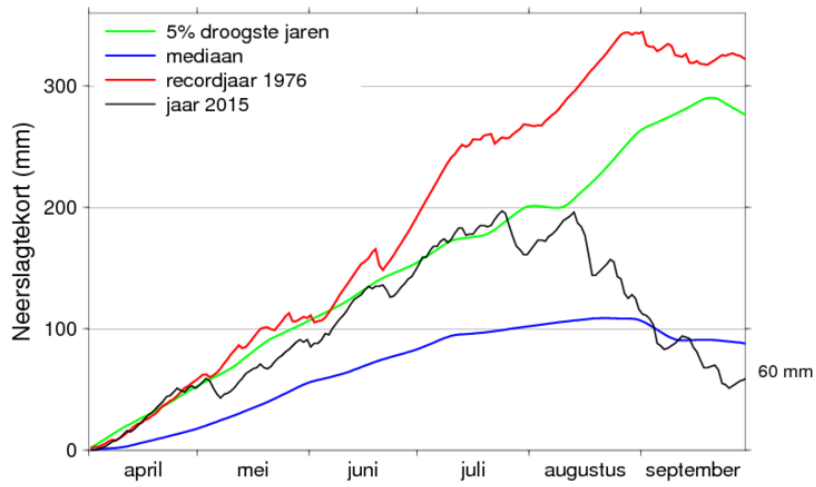
Vochtige omstandigheden rond het rooien kunnen het overleven en versmeren van pathogenen die rot veroorzaken wellicht bevorderen (Boomsma, et al., 2013). Aan de andere kant zouden droge omstandigheden en harde kluiten beschadigingen kunnen veroorzaken en de wondheling vertragen. Dat laatste geldt ook voor koude omstandigheden, zie de sectie over wondheling onder bewaaromstandigheden.

#### Groeiseizoen 2015

De weersomstandigheden tijdens het groeiseizoen van het pootgoed zouden de kwaliteit van het pootgoed kunnen beïnvloeden. Het groeiseizoen van 2015 was erg droog (zie Figuur 2). Het voorjaar was overal droog, juli was in het noorden nat en in het zuiden droog. De eerste 12 dagen van Augustus waren ook droog, daarna erg nat. Dit weersverloop heeft er wellicht voor gezorgd dat planten twee series knollen hebben aangemaakt. Het zou kunnen dat onvoldoende investering van de moederplant in de knollen de kwaliteit negatief beïnvloed heeft.

## Neerslagtekort in Nederland in 2015

Landelijk gemiddelde over 13 stations



(c) KNMI, 2015-11-04

Figuur 2: Neerslagtekort (cumulatieve verdamping-cumulatieve neerslag) in 2015 (bron: KNMI)

## Chemische behandelingen

Er zijn verschillende chemische middelen waarvan een negatief effect op de groeikracht en opkomst van pootgoed bekend is. Ook is het mogelijk dat er nog onbekende negatieve effecten zijn van (mogelijk veelgebruikte) middelen. Kiemremmende middelen die in de opslag van consumptieaardappelen gebruikt worden en, per ongeluk, bij pootgoed terecht komen kunnen de opkomst in de nateelt verminderen (Mulder & Turkensteen, Aardappel ziektenboek: ziekten, plagen en beschadigingen, 2008).

De toepassing van verschillende poeders, bijvoorbeeld voor de bestrijding van *Rhizoctonia*, kan bij onregelmatige verdeling en contact met vocht leiden tot het dichtsmere van kiemogen wat een vertraagde en/of onregelmatige opkomst kan geven (Hier wordt bijvoorbeeld voor gewaarschuwd in de gebruiksaanwijzingen van Moncereen en Symphonie).

Chloorprofam (CIPC) was een van de meest gebruikte kiemremmers in de bewaring van consumptieaardappelen. Daarnaast zijn er een groot aantal vluchtige stoffen van organische herkomst die de kieming van pootgoed remmen (Kleinkopf, Oberg, & Olsen, 2003). Uiteraard moet pootgoed niet in contact komen met deze en andere kiemremmers. Een concentratie van 1-2 ppm chloorprofam zou voldoende kiemonderdrukkend moeten zijn in de bewaring van consumptieaardappelen (Kleinkopf, Oberg, & Olsen, 2003). Omdat een deel met de tijd vergaat, kun je al bij lagere residuconcentraties rond de tijd van planten problemen met een verminderde of vertraagde opkomst verwachten. Dat kan al bij concentraties rond de 0,2 ppm (Boyd, Dalziel, & Duncan, 1982).

Andere middelen waarvan bekend is dat ze de opkomst negatief kunnen beïnvloeden zijn clopyralid (Lontrel), fluroxypyr (Starane), glyfosaat (Roundup) en glufosinaat-ammonium (Finale) (Mulder & Turkensteen, 2008). Als deze stoffen in kleine hoeveelheden op de moederplant terecht komen door bijvoorbeeld drift, kan dit tot opkomstproblemen in de nateelt (met de dochterknollen) leiden, ook al is er in het pootgoedgewas niets afwijkends te zien.

Vooral glyfosaat kan, wanneer het op het blad van een moederplant terechtkomt, al in zeer kleine concentraties (1% van een normale toepassing) opkomstproblemen in de nateelt veroorzaken (Hutchinson, Felix, & Boydston, 2014; Robinson A. P.; Worthington, 1985). Effecten kunnen variëren van niet kiemen, kleine sterk vertakte kiempjes of verdikte kiemen tot alleen een vertraagde opkomst. Een concentratie op de ondergrens van wat te detecteren is in pootgoed (rond de 0,01 ppm) kan al kiemproblemen geven (Robinson A. P.). Het is waarschijnlijk dat lagere concentraties onder de detectiegrens ook een effect hebben. Daardoor is het niet zonder meer uit te sluiten dat glyfosaat de veroorzaker is van een opkomstprobleem met een partij. Er wordt vaak aangenomen dat glyfosaat zich redelijk snel bindt zich aan minerale deeltje in de bodem of wordt afgebroken door bodemorganismes. Afhankelijk van bodem- en milieuomstandigheden kan de halfwaardetijd (de tijd waarin de helft wordt afgebroken) van glyfosaat echter variëren van dagen tot maanden (Borggaard & Gimsing, 2008). Door deze aanname wordt bij glyfosaatverontreiniging vaak alleen gedacht aan contact met het blad van de moederplant in het pootgoedgewas. Over verontreiniging via de bodem en/of via het wortelsysteem van de moederplant is minder bekend. Mogelijk kunnen kiemen in contact komen met glyfosaat als ze door de bodem omhoog groeien (Robinson & Hatterman-Valenti, 2013). Er zijn sterke aanwijzingen dat glyfosaat in de bodem effecten op later geplante gewassen kan hebben (Neumann, et al., 2006). In ieder geval is aangetoond dat glyfosaat opgehoopt in het organisch materiaal van een eerder met glyfosaat doodgespoten gewas (of onkruid) weer vrij kan komen wanneer dit organisch materiaal in de bodem vergaat. Dit kan negatieve effecten hebben op de groei van later gezaaide of geplante planten (Teshamariam, Bott, Cakmak, Römheld, & Neumann, 2009). Ook kan glyfosaat weer loskomen van de bodemdeeltjes. Doordat fosfaat concurreert met

glyfosaat voor bindingsplaatsen aan minerale bodemdeeltjes, kan een fosfaatgift leiden tot hernieuwd vrijkomen van glyfosaat met bijkomende negatieve effect voor planten (Bott, et al., 2011). Het is niet bekend of de kwaliteit van nieuw gevormde aardappelknollen op deze manier verminderd kan worden. Gezien de extreme gevoeligheid van de kieming van aardappelen voor glyfosaatverontreiniging, is het vooralsnog zeker niet uit te sluiten. Hier zou meer experimenteel onderzoek voor nodig zijn

### Bewaaromstandigheden

In de literatuur wordt de bewaring van aardappelpootgoed in zeven fases opgedeeld (Wustman & Struik, 2007):

1. Drogen op het veld na het rooien
2. Verladen voor opslag
3. Drogen tijdens verladen
4. Wondheling na verlading naar opslag (ca. 10 dagen op 15 °C en hoge relatieve luchtvochtigheid)
5. Koelen naar gewenste bewaar temperatuur (afhankelijk van doel ca. 5 °C).
6. Bewaring op lage temperatuur (de bewaring in enge zin).
7. Opwarmen voor verlading (en/of) sorteren (ca. 10 °C).

Voor de volledigheid vul ik deze 7 fases aan met:

8. Verlading en transport naar eindgebruiker
9. Opslag bij eindgebruiker  
-Evt. afkiemen en/of voorkiemen.

Voor een hoge pootgoedvitaliteit is het belangrijk dat de temperatuur in de eigenlijke bewaring (nummer 5 hierboven) zo gekozen wordt dat het pootgoed de juist fysiologische status heeft rond het geplande tijdstip van uitplant. Afhankelijk van de verwachte duur van de bewaring kan dit variëren van 3 tot 15 °C. (Wustman & Struik, 2007). In de praktijk spelen echter ook andere afwegingen mee. Omdat er op gewichtsbasis wordt afgerekend, is het voor de verkoper van belang om respiratie en transpiratie van het pootgoed te minimaliseren. Het is niet duidelijk of dit mogelijk conflicten geeft met optimalisatie van de pootgoedvitaliteit aan het einde van de bewaring.

Tijdens de bewaring zijn er meerdere factoren die de kwaliteit en de fysiologische status van het pootgoed kunnen beïnvloeden zoals temperatuur, luchtvochtigheid, atmosfeer, contact met chemische middelen en fysieke schade.

## Temperatuur en fysiologische veroudering tijdens de opslag

In het algemeen ligt de ademhaling van aardappelknollen op een minimum zit bij een temperatuur rond de 5 °C (Wustman & Struik, 2007) en neem snel toe bij temperaturen richting het vriespunt en temperaturen boven de 15 °C (Bus, Loon, & Veerman, 1996).

Hogere zuurstofbehoefte bij zeer lage of juist bij hoge temperaturen kunnen leiden tot zuurstofloze omstandigheden binnen in de knol. Hierdoor zal weefsel afsterven en worden zogenaamde zwarte harten gevormd (Bus, Loon, & Veerman, 1996). Te koude bewaring kan dus nadelig zijn en het verschil tussen een optimale en een te koude temperatuur kan klein zijn.

Om kieming, veroudering, uitbreiding van pathogenen en gewichtsverlies te voorkomen wordt pootgoed op temperaturen rond de 5 °C bewaard. Met de beschikbaarheid van moderne temperatuurregulatie in de bewaring van pootgoed zou het in principe niet hoeven voorkomen dat pootgoed een suboptimale fysiologische leeftijd heeft. Aardappelrassen verschillen echter in de snelheid van veroudering en de temperatuurafhankelijkheid van de veroudering (Struik, Putten, Caldiz, & Scholte, 2006; Bodlaender, et al., 1985).

Het is niet altijd bekend welk temperatuurregime leidt tot de ideale fysiologische status rond de periode van uitplant. Ook al zijn veroudering van pootgoed en het doorbreken van kiemrust processen die in de regel allebei versneld plaatsvinden bij een hogere temperatuur, ze lopen niet noodzakelijkerwijs gelijk op (Van Ittersum, 1992).

Bewaring op een lage temperatuur (bijvoorbeeld 2 °C vs. 7 °C) geeft fysiologisch jonger pootgoed dat minder snel kan kiemen bij uitplant in het voorjaar (Rastovski & Van Es, 1987). Dit zou een reden voor gebrekkige en trage opkomst kunnen zijn. Naast temperatuur zijn er veel andere factoren die de kiemlustigheid van pootgoed bepalen. Het verloop van de fysiologische veroudering kan daarom per jaar en per herkomst sterk verschillen (Rastovski & Van Es, 1987).

Doordat er veel factoren zijn die inwerken op het verouderingsproces en de exacte fysiologische toestand van een partij pootgoed niet snel en gemakkelijk te bepalen is, is het niet onwaarschijnlijk dat veelgebruikte bewaarregimes suboptimaal zijn (Struik, pers comm). Om dit te optimaliseren zou er veel meer kennis over het fysiologisch gedrag van rassen opgebouwd moeten worden. Dit kan mogelijk met behulp van kiemprouven en een berekening van een PAI (Caldiz, Fernandez, & Struik, 2001) op series monsters die met een zeker tijdsinterval uit een opgeslagen partij pootgoed gehaald worden. Op deze manier kan informatie verkregen worden over het moment van optimale kiemkracht (Delaplace, Brostaux, Fauconnier, & Jardin, 2008).

Vroeger werd de invloed van temperatuur op fysiologische veroudering vaak gekwantificeerd door middel van temperatuursommen en graaddagen boven een bepaalde grenswaarde. Zo'n temperatuurboekhouding geeft echter een waarde die vrijwel alleen door de gemiddelde bewaar temperatuur, en niet door mogelijke schommelingen van hoge en lage temperaturen, bepaald wordt. De volgorde van hoge en lage temperatuur in de bewaring heeft echter ook op zichzelf een invloed op de veroudering (ook hier zijn weer rasverschillen te verwachten). Vooral rassen die gevoelig zijn voor veroudering verliezen vitaliteit bij een verhoogde temperatuur in de tweede helft van de opslagperiode (Struik, Putten, Caldiz, & Scholte, 2006). Sterke rasverschillen in de gevoeligheid voor temperatuur(wisselingen) maken dat temperatuursommen geen eenduidige maat zijn voor de fysiologische status van pootgoed. Het gebruik van integrale methodes als het bepalen van een PAI (Caldiz, Fernandez, & Struik, 2001) verdient daarom de voorkeur in onderzoek.

### *Rasverschillen*

Zoals hierboven al aangegeven kunnen er grote verschillen tussen aardappelrassen zijn in hoe ze reageren op bepaalde milieuomstandigheden. Doordat fysiologisch gedrag in sterke mate rassen specifiek is, is het lastig om algemene uitspraken te doen over effecten van factoren op het fysiologische gedrag van aardappels. Voor een optimale teelt en bewaring is het nodig om een ras goed te kennen. De informatie die met rasbeschrijvingen mee wordt gegeven is vaak relatief (vaak een cijfer hoger of lager dan een referentieras) en zeer beperkt. Wetenschappelijke studies gebruiken veelal een zeer beperkt aantal rassen in experimenten, vaak één of twee, zelden meer dan vijf. In de regel worden rasverschillen gevonden wat extrapolatie van gevonden relaties tussen de onderzochte milieufactoren en de gevonden fysiologische respons, opkomst en/of opbrengst naar andere rassen compliceert.

Er zijn een aantal Zwitserse studies geweest die een relatief groot aantal rassen systematisch op hun fysiologisch gedrag onderzocht hebben. Reust et al. (2001) namen enkele tientallen rassen en stelden deze bloot aan twee verschillende bewaarregimes, een standaard regime met een bewaartemperatuur van 4 °C gedurende het grootste gedeelte van de bewaarperiode en een regime met een bewaartemperatuur 15 °C van november tot maart (en vervolgens afgekiemd). Van elk ras werden de duur van de kiemrust en de incubatieperiode bepaald en voor de nateelt van beide bewaarregimes werd de opkomst en opbrengst gemeten. Er bleken zeer grote rasverschillen in gevoeligheid voor warmere bewaring te zijn. Sommige rassen haalden bij warme bewaring nauwelijks 10% van de opkomst en opbrengst terwijl enkele andere rassen bij warme bewaring zelfs meer dan 100% van de opbrengst haalden van pootgoed dat koud was bewaard. Dit opbrengstpercentage na warme bewaring ten opzichte van standaardbewaring kan een maat voor de robuustheid van een ras zijn. Vreemd genoeg was er geen duidelijke relatie tussen de duur van de kiemrust en deze maat van robuustheid. Een andere Zwitserse studie vond ook tussen gevoeligheid voor afkiemen, incubatietijd of kiemrustperiode geen significante correlatie (Carrera, et al., 2015).

In principe is het mogelijk om op een soortgelijke manier de gevoeligheid van rassen voor verschillende stressfactoren te onderzoeken en te kwantificeren. Hier zijn mij echter geen systematische studies van bekend.

## Atmosfeer

Bij de opslag van consumptieaardappelen kunnen CO<sub>2</sub>-niveaus boven de 0,4% een effect hebben op de bakkleur. Er zijn echter geen aanwijzingen dat waarden van 0,4% of hoger CO<sub>2</sub> een negatief effect hebben op de bewaarbaarheid van pootaardappelen. Oudere studies vonden dat concentraties van 2-4% de kieming stimuleerde terwijl concentraties boven de 7% de kieming weer lijken te remmen (Burton W. G., 1958). In de literatuur wordt vaker een vermelding van een CO<sub>2</sub>-effect op kieming of rotting gedaan zonder rekening te houden met de invloed van verandering in het zuurstofgehalte (Wiltshire & Cobb, 1996). Experimenten met bewaring in een gecontroleerde atmosfeer houden ook niet altijd realistische combinaties van CO<sub>2</sub> en zuurstof aan (Briddon, 1995; Khanbari & Thompson, 1994). Het lijkt dat vooral zeer lage zuurstofgehaltenes (onder de 3% in combinatie met verhoogd CO<sub>2</sub> een negatief effect hebben op de vitaliteit van pootgoed (Workman & Twomey, 1970). Het effect van CO<sub>2</sub> en zuurstof lijkt ook afhankelijk te zijn van de fase van de bewaring (Burton W. , 1968).

In een normale atmosfeer zit een concentratie van zo'n 0,04% (400 ppm) CO<sub>2</sub>. Bij slechte ventilatie kan de CO<sub>2</sub>-concentratie in de opslag oplopen tot zo'n 7% (Burton, Es, & Hartmans, 1992). In een experiment waar CO<sub>2</sub> aan normale atmosfeer werd toegevoegd gaf +4% CO<sub>2</sub> geen problemen bij een bewaartemperatuur van 4,5 °C maar wel bij een temperatuur van 0 °C terwijl een bewaring op 0 °C bij een normale atmosfeer geen problemen opleverde (Workman & Twomey, 1970). Het lijkt er dus op dat vooral de combinatie van koude bewaring en verhoogd CO<sub>2</sub> problematisch kan zijn. In dezelfde studie werd ook 8% CO<sub>2</sub> toegevoegd en onder deze atmosfeer overleefde pootgoed ook de normale bewaartemperatuur van 4,5 °C niet. Voor pootgoed zullen kritische waarden dus niet onder de 4% CO<sub>2</sub> liggen. Dit past goed met een andere vermelding in de literatuur dat concentraties boven de 5% de vitaliteit verminderen (Lisinska & Leszczynski, 1989). Waarschijnlijk speelt de invloed van CO<sub>2</sub> op wondheling een rol bij de vitaliteitsvermindering. Zie de betreffende sectie voor meer details.

Er zijn nauwelijks studies bekend over effecten van luchtvochtigheid op de bewaarbaarheid en de kiemrust. Wanneer knollen met een dun waterfilmje zijn bedekt, vermindert dit de duur van de kiemrust (Rastovski & Van Es, 1987). Wellicht heeft dat te maken met een verminderde zuurstofbeschikbaarheid voor de knol. Luchtvochtigheid is wel belangrijk voor de snelheid van wondheling, zie de daarvoor relevante sectie.

Door aardappel uitgescheiden vluchtige stoffen schijnen de kieming van pootgoed te kunnen remmen of zelfs stoppen wanneer onvoldoende wordt geventileerd (Rastovski & Van Es, 1987; Meigh, Edward, & Self, 1973). Ethyleen is een gas dat uitgescheiden kan worden door verschillende planten en plantendelen. Aardappelknollen kunnen het zelf produceren wanneer ze kiemen, kiemen aan stress worden blootgesteld of als knollen door *Fusarium* zijn aangetast (Timm, Hughes, & Weaver, 1986). Ethyleen kan bij kortdurende blootstelling leiden tot verstoring van de kiemrust (Burton, Es, & Hartmans, 1992). Langdurige blootstelling kan echter de lengtegroei van kiemen verminderen en vertakkingen stimuleren (Timm, Hughes, & Weaver, 1986). Door een groter aantal vertakkingen zou het stengelaantal in de nateelt van aan ethyleen blootgesteld pootgoed. Een aantal proeven hebben positieve resultaten laten zien van ethyleenbehandelingen (Vos, 2014) en ethyleenbehandeling wordt met dit oogpunt door enkele bedrijven aangeboden. Mij zijn echter geen wetenschappelijke publicaties bekend en in (oudere) teelthandleidingen wordt aanbevolen om contact tussen pootgoed en ethyleen en/of ethyleenproducerende producten te vermijden (Bus, Loon, & Veerman, 1996). Onder normale bewaaromstandigheden is het onwaarschijnlijk dat ethyleenconcentraties zo hoog worden dat ze een invloed hebben op de fysiologie van pootgoed (Bethke, 2014).

### Fysieke schade en wondheling

Pootgoed kan door contact met harde en scherpe voorwerpen beschadigd worden. Beschadigingen kunnen ontstaan wanneer pootgoed bewerkt of verplaatst wordt zoals bij het rooien, verladen, transport, sorteren, storten en poten. Om beschadigingen te beperken moeten valhoogtes voor pootgoed onder de 40 cm blijven en bandsnelheden onder de 30-40 meter/minuut (Mulder & Turkensteen, 2008; Rastovski & Van Es, 1987). Merk op dat weefselbeschadigingen niet altijd aan de buitenkant te zien zijn. Verwondingen hebben een sterk effect op de fysiologie van pootgoedknollen en kunnen bijvoorbeeld de kieming stimuleren (Rastovski & Van Es, 1987). Daarnaast verhogen schokken en wonden de respiratie van knollen.

Het grootste risico van wonden is waarschijnlijk dat zij openingen vormen voor pathogenen en op deze manier de bewaarbaarheid en vitaliteit van pootgoed dramatisch kunnen verminderen. Om dit te voorkomen moet na schokken en beschadigingen een periode voor wondheling gereserveerd worden. Een aardappelknol kan beschadigingen dan herstellen door middel van kurkvorming (Rastovski & Van Es, 1987) en om dit voldoende snel te laten plaatsvinden is een temperatuur van boven de 10 °C, voldoende zuurstof (boven de 10%) en een hoge relatieve luchtvochtigheid (boven de 80%) nodig (Wigginton, 1974). Kiemremmers en methodes die de kieming remmen hebben een nadelig effect op de wondheling (Rastovski & Van Es, 1987) en dienen ook om deze reden niet in contact met pootgoed te komen.

Bij langere bewaring en hogere stapelhoogtes kunnen drukplekken op de knollen ontstaan en blauwverkleuring in het vlees. De blauwverkleuring door schok- en drukplekken kan verminderd worden door pootgoed op te warmen tot boven de 10 °C (zelfs tot 20 °C voor gevoelige rassen) voordat er handelingen plaatsvinden (Rastovski & Van Es, 1987). Voor zover bekend hebben drukplekken geen effect op de vitaliteit van pootgoed (Mulder & Turkensteen, 2008).



## Pathogenen

Bij opkomstproblemen worden vaak rotte knollen onder de lege standplaatsen gevonden. Het is echter niet altijd met zekerheid vast te stellen of rot daadwerkelijk de primaire oorzaak van de opkomstproblemen zijn. Vaak zal een interactie met beschadigingen of door andere oorzaken verminderde vitaliteit of groeisnelheid een rol spelen. Veel pathogenen zijn namelijk zwakteparasieten die vooral tot uiting komen bij verzwakte of beschadigde weefsels. Hieronder volgt een kort overzicht, ontleend aan Mulder & Turkensteen (2008), van pathogenen die de vitaliteit van pootgoed verminderen en opkomstproblemen kunnen veroorzaken.

Besmetting met de schimmel *Alternaria sp.* kan donkergekleurde ingezonken lesies, lijkend op duimrot, op knollen veroorzaken. Aantasting komt vaker voor in warme teeltgebieden waar het rooien korter na loofdoding plaatsvindt. Deze schimmel breidt zich uit bij temperaturen tussen de 10 en 35 °C en kan zowel als mycelium en als sporen overleven. Vermindering van risico op aantasting door *Alternaria* kan door ruim voor het rooien het loof te doden en te zorgen voor een goede afharding en het vermijden van (rooi)beschadigingen. Daarnaast is een goede voedingstoestand van het gewas essentieel voor een goed weerstand.

Droogrot in pootgoedknollen kan worden veroorzaakt door verschillende *Fusarium*soorten. Sommige soorten zijn knol- en partijgebonden terwijl andere algemeen in de grond voorkomen. Allemaal kunnen ze alleen via verwondingen de knol binnendringen. Dit kunnen verwondingen door rooibeschatigingen zijn, maar bijvoorbeeld ook aantasting van andere ziektes, aaltjes of insecten of door het afkiemen. Verschillende schimmels kunnen de schil van een knol aantasten en zo pathogenen als *Fusarium* faciliteren. Een voorbeelden hiervan is poederschurft. Droogrot ontwikkelt zich vooral bij temperaturen tussen de 10 en 20 graden Celsius. Knollen die koud worden bewaard, kunnen, ondanks dat ze er gaaf uit zien, latent besmet zijn met *Fusarium*. Dit komt dan pas tijd uiting wanneer de partij een tijd warmer heeft gestaan of is uitgeplant. Beschadigingen vermijden en een goede wondheling verminderen het risico.

Phoma- en duimrot zijn pathogenen die juist relatief lage temperaturen (ca. 8 °C) nodig hebben om zich uit te breiden. Als phomarot in een partij voorkomt, is de partij niet geschikt voor bewaring. Beschadigingen vermijden en goede wondheling zijn ook hier belangrijk voor het minimaliseren van de risico's. Handelingen als rooien en poten dienen niet uitgevoerd te worden bij temperaturen onder de 10 °C.

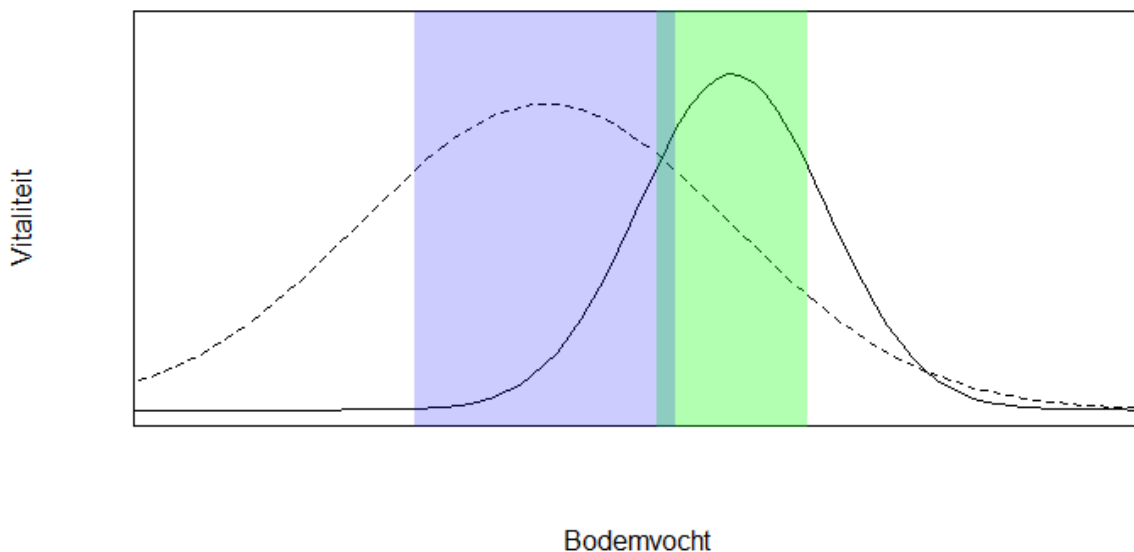
*Rhizoctonia* kan knollen, wortels en stengels aantasten. Dit wordt bevorderd door lage bodemtemperaturen en veel bodemvocht (Mulder & Turkensteen, 2001). Langzaam groeiende planten (bijvoorbeeld door andere ziektes of ongunstige weersomstandigheden) zijn ook vatbaarder.

Natrot veroorzaakt door *Pectobacterium* en *Dickeya* soorten (voorheen *Erwinia*) kan vooral plaatsvinden onder vochtige omstandigheden, bijvoorbeeld wanneer knollen in de bewaring nat worden door condensvorming. Ook natte omstandigheden in het veld kunnen een rol spelen. Het risico op natrot kan worden verminderd door goed te drogen, natte omstandigheden op het veld te vermijden en geen besmette partijen te gebruiken en voorzichtig te zijn met het mengen van verschillende pootgoedherkomsten.

## Groeiomstandigheden consumptieteelt

Geen enkele plant functioneert optimaal onder alle mogelijke omstandigheden. In veel gevallen kan de relatie tussen de vitaliteit van een plant en bepaalde milieuomstandigheden als een optimumcurve worden afgebeeld (Figuur 3). Er is relatief weinig (met data onderbouwde) informatie over toleranties van pootgoed van verschillende aardappelrassen voor verschillende milieuomstandigheden. Het lijkt erop dat voor aardappelrassen onvoldoende bekend is onder welke omstandigheden je mag verwachten dat pootgoed (evt. in combinatie met een potermaat) een goede gewasstand geeft. Om het nog complexer te maken, lijken er ook verschillen te zijn in hoe jong en oud pootgoed reageert op de vochttoestand van het uitplantperceel (Saleh, 2009). In het algemeen geldt dat planten in hun wortelzone voldoende zuurstof en water moeten hebben om te overleven. Voor aardappelpootgoed zegt men bijvoorbeeld dat een periode van 24 uur onder water (d.w.z. zuurstofloze omstandigheden) dodelijk is.

In de veredeling en rasontwikkeling wordt gericht geselecteerd op eigenschappen als bakwaliteit en ziekteresistentie. Een eigenschap als tolerantie voor extremere weersomstandigheden zoals een nat en koud voorjaar lijkt niet expliciet in veredelingsprogramma's van op dit moment gebruikte rassen meegenomen te zijn. Ook worden dit soort kenmerken niet gemeld bij rasbeschrijvingen. Er lijkt echter wel een tendens om meer te richten op robuustheid en stabiliteit van opbrengst in de rasontwikkeling (Hanse & Delleman, 2016).



*Figuur 3: Hypothetisch vitaliteitsvenster voor een specialistisch type plant (doorgetrokken lijn) en een generalistisch type plant (onderbroken lijn). De vitaliteit heeft een optimum bij en bepaalde waarde van een milieufactor (bodemvocht in dit voorbeeld) en neemt af bij extremere hogere en lagere waarden. Het bereik waar een plant goed functioneert is breed voor de generalist en smaller voor de specialist.*

Naast een direct effect van weer- en bodemomstandigheden op aardappelknollen kan er ook indirect effect op de opkomst zijn. Uitgeplant pootgoed is vatbaar voor pathogenen die zich op de knol of in de grond rond de knol bevinden. Tussen poten en opkomst boven de grond zit een tijdsvenster waar pathogenen als *Fusarium* en *Rhizoctonia* de poter en de kiemen aan kunnen tasten. Dit kan vervolgens leiden tot opkomstproblemen. Omstandigheden die de opkomst vertragen kunnen daardoor ook leiden tot verminderde of onregelmatige opkomst. Voorbeelden hiervan zijn een lage temperatuur rond uitplant, diep poten of vroege rugopbouw. Verdichting van de bodem kan gewasontwikkeling vertragen en grondbewerking in het voorjaar (vooral natte kleigrond) kan op deze manier opkomstproblemen in de hand werken. Lichtere gronden (afslibbaarheid onder de 20%)

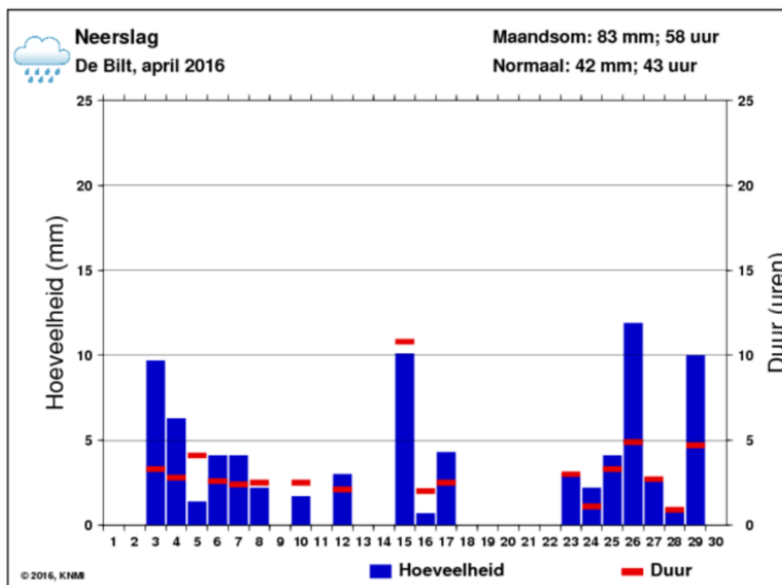
kunnen bij hevige neerslag verslempen waardoor er zuurstofarme omstandigheden in de bodem ontstaan die de groei vertragen (Bus, Loon, & Veerman, 1996).

Een voldoende gevorderdere fysiologische status van het pootgoed bij uitplant is ook belangrijk. Vooral partijen met *Fusarium* of *Rhizoctonia* besmetting of rassen met een lange kiemrustperiode kunnen een mindere opkomst geven wanneer ze tot relatief kort voor uitplant (bijvoorbeeld 1 week voor uitplant) in de koeling opgeslagen zijn. Het is beter om de kiemogen bij uitplant al goed “wakker” te hebben in het zogenaamde “wittepuntjesstadium” (Van Loon, Veerman, Bus, & Zwanepol, 1993). Hiervoor dient pootgoed vaak al enkele weken voor uitplant uit de koeling gehaald te worden.

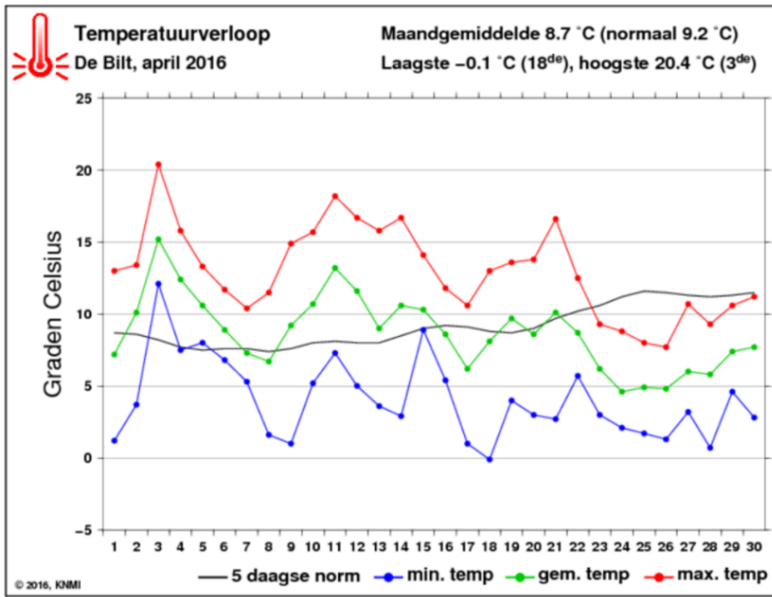
Het snijden van pootgoed kan risico's met zich meebrengen voor de verspreiding van pathogenen. Ook als het snijden goed wordt uitgevoerd en er geen ziektes door het snijden zelf worden verspreid, zijn gesneden knollen gevoeliger voor rot. Een ander probleem met snijden is dat de verdeling van de kiemogen kan wisselen. Vooral langwerpige knollen, zoals bij frietrassen, die overdwars worden gesneden kunnen een onregelmatigere stengelverdeling in de nateelt laten zien (Van Loon, Veerman, Bus, & Zwanepol, 1993).

#### Groeiomstandigheden rond uitplant in 2016

De weersomstandigheden tijdens het poten en het groeiseizoen kunnen een belangrijke rol spelen bij de geobserveerde opkomstproblemen. Zoals Figuur 4 en Figuur 5 laten zien was april 2016 relatief koud en nat, waarbij het eind april ongeveer 5 graden kouder was dan normaal voor die tijd van het jaar. Het is zeer waarschijnlijk dat deze omstandigheden en wateroverlast op het veld bijgedragen hebben aan de opkomstproblematiek van 2016.



Figuur 4: Dagelijkse neerslag in De Bilt in april 2016 (bron: KNMI)



Figuur 5: Temperatuurverloop in De Bilt in april 2016 (bron: KNMI)

## Vitaliteitstoetsen voor pootgoed

In 2005 is een haalbaarheidsstudie gepubliceerd over de mogelijkheden van het voorspellen van de groeikracht van aardappelen gepubliceerd (Veerman, Struik, Evenhuis, Bus, & Bos, 2005). In deze en andere studies werd geconstateerd dat er vooralsnog geen parameters waren die de groeikracht en het aantal kiemen konden voorspellen, zie bijvoorbeeld Caldiz (2009).

Er zijn weliswaar inhoudsstoffen die veranderen met de fysiologische status van pootgoed. Een voorbeeld hiervan is de verhouding tussen plantenhormonen als abscisinezuur en gibberilinezuur. Dit kan mogelijk een aanwijzing geven hoe dicht pootgoed bij het doorbreken van de kiemrust zit (Veerman, Struik, Evenhuis, Bus, & Bos, 2005). Een kwantitatieve maat zou de hoeveelheid gibberilinezuur zijn, wat nodig is om de kieming te initiëren. Andere voorbeelden zijn dat in de loop van de bewaring de hoeveelheid citroenzuur afneemt en de hoeveelheid appelzuur toeneemt (Reust & Aerny, 1985) of een toename van het lekken van elektrolyten uit knolweefsel (De Weerd, Hiller, & Thornton, 1995). Maar kritische waardes lijken afhankelijk van ras en groeiomstandigheden wat de potentie voor voorspelling beperkt. Hetzelfde concluderen Veerman et al. (2005) met betrekking tot verandering in de concentratie van suikers (Burton, Es, & Hartmans, 1992). In de regel zorgt de grote afhankelijkheid van ras, groei- en bewaaromstandigheden ervoor dat aan inhoudsstoffen gerelateerde parameters niet goed bruikbaar zijn als voorspeller van groeikracht, opkomst en opbrengst.

Moderne technieken rondom transcriptomics, proteomics en metabolomics en dna-onderzoek bieden op termijn misschien perspectief voor voorspellende toetsen. De ontwikkelingen gaven bij het verschijnen van de haalbaarheidsstudie van Veerman et al. (2005) nog geen aanleiding voor concrete stappen in deze richting. Voor zover bij mij bekend is deze situatie niet gewijzigd. Een relatief recente studie van Jeong et al. (2008) geeft echter wel aan dat er mogelijk perspectief is voor het gebruik van nabij-infrarood spectroscopie (NIR-spectroscopie). De onderzoekers vonden zeer goed correlaties tussen de gemeten kiemkracht van knollen en de voorspelling van een model gekalibreerd op een de spectrale data van de knollen. Bij NIR-spectroscopie wordt de reflectie van testmateriaal op verschillende golflengtes gemeten. De reflectie wordt onder andere bepaald door de inhoudsstoffen van het materiaal (met behulp van ijklijnen kan men zo ook de concentraties van specifieke inhoudsstoffen bepalen). Op het reflectiepatroon van individuele knollen en hun experimenteel bepaalde kiemkracht kan men vervolgens algoritmes loslaten die een “voorspellend” model maken van de kiemkracht (merk op dat men dan puur de relatie in de dataset “voorspelt”, om daadwerkelijk een voorspellend model te hebben moet het model ook getest worden op data die niet voor het bouwen van het model gebruikt is). Deze methode lijkt na deze studie niet verder toegepast te zijn voor kwaliteitsbeoordelingen van pootgoed. Wel zijn er enkele studies over het gebruik van NIR-spectroscopie voor het bepalen van eigenschappen van consumptieaardappelen (Haase, 2011; Rady & Guyer, 2012). De gevolgde procedures in Jeong *et al.* (2008) zijn overigens voor mij niet bijzonder inzichtelijk beschreven.

## Kiemproeven en fysiologische leeftijdsbepalingen

Toetsen waarbij de kieming wordt beoordeeld of de incubatieperiode (tijd tussen kieming en knolvorming bij bewaring onder standaardomstandigheden) wordt bepaald lijken een meer algemene toepassing te hebben. Vergelijking tussen rassen, pootgoedherkomsten en bewaaromstandigheden is dan mogelijk. Deze toetsen kosten echter te veel tijd voor praktische toepassing omdat de gewenste informatie pas na weken of maanden na het begin van de toets beschikbaar is (Veerman, Struik, Evenhuis, Bus, & Bos, 2005). Dit soort methodes kunnen echter wel gebruikt worden voor evaluatiedoeleinden en het opbouwen van kennis over het fysiologisch gedrag

van rassen en de invloed van milieuomstandigheden. De PAI (Caldiz, Fernandez, & Struik, 2001) kan hiervoor gebruikt worden. Zie bijvoorbeeld Delaplace *et al.* (2008).

De PAI wordt bepaald door op het tijdstip waarop men de fysiologische leeftijd van een partij pootgoed wil weten een monster te nemen en dit bij een temperatuur van ca. 18 °C en een relatieve luchtvochtigheid boven de 80% weg te zetten. Vervolgens moet men de tijd tot het einde van de incubatieperiode (het tijdstip waarop zich knolletjes aan de stelen van pootgoed beginnen te vormen) meten. De tijd tussen loofdoding van de moederplant en monsternamen is dan T1 en de tijd tussen loofdoding en het einde van de incubatieperiode is T2. T1 gedeeld door T2 geeft dan de PAI. Dit is een waarde tussen de 0 (fysiologisch heel jong pootgoed) en 1 (fysiologisch heel oud pootgoed). Door middel van experimenten kan de invloed van factoren op fysiologische veroudering worden onderzocht en door uitplant van monster met verschillende PAI-waardes kan per ras een optimale leeftijd voor opkomst en opbrengst gezocht worden.

#### Hot box, versnelde veroudering en stresstesten

Door verscheidene bedrijven worden monsters van pootgoedpartijen in relatief warme opslagruimtes weggelegd om na enkele weken een visuele kwaliteitsbeoordeling te doen. Door de warmere bewaring wordt beter zichtbaar of er pathogenen in partij zitten dan bij beoordeling na koude bewaring. Partijen die tijdens deze warme bewaring aangetast worden, kunnen vervolgens uit de handel gehaald worden of strategisch naar gebieden met minder zware milieuomstandigheden weggezet worden. Daarnaast maakt deze methode het ook mogelijk om de kieming te beoordelen. Voor zover bekend werd er geen (openbaar toegankelijk) onderzoek gedaan naar correlaties tussen beoordelingsgegevens en opkomsten op het veld op partijniveau. Wel zijn er enkele studies (deze zijn uitgebreider behandeld in de sectie over rasverschillen) waar rassen worden gekarakteriseerd op hun gevoeligheid voor versnelde veroudering (Reust, Winiger, Hebeisen, & Dutoit, 2001; Carrera, *et al.*, 2015; Rykaczewska, 2013). De gevoeligheid voor veroudering is echter niet direct gecorreleerd aan het de kiemkracht onder normale omstandigheden (Rykaczewska, 2013) of gevoeligheid voor andere vormen van stress als afkiemen (Carrera, *et al.*, 2015). Meer onderzoek is nodig om uitspraken te doen over de correlatie tussen de aanwezigheid van pathogenen, detectie in een "hot box" en de kwaliteit van de nateelt.

Voor afzonderlijke stressfactoren kunnen stresstesten worden opgezet. Hiermee kan de tolerantie van verschillende rassen voor verschillende vormen van stress worden bepaald. Er is al werk in deze richting gedaan met betrekking tot warmere bewaring en afkiemen. In principe zou dit uitgebreid kunnen worden voor bijvoorbeeld tolerantie van zuurstofloze omstandigheden of gevoeligheid voor chemische middelen.

## Conclusies en aanbevelingen

Er is relatief weinig (recente) wetenschappelijke literatuur over opkomstproblemen. Wel zijn er veel studies naar de fysiologie van de kieming gedaan. Het is evident dat dit soort studies relevant zijn voor het verkrijgen van inzicht over de oorzaken van opkomstproblemen. Er zijn echter veel mogelijke oorzaken. Op elke plek in de keten van pootgoed naar consumptieteelt kan wel iets misgaan waardoor de kwaliteit van pootgoed omlaag gaat en opkomstproblemen in de nateelt kunnen ontstaan. Om dit zoveel mogelijk te voorkomen is het nodig om voorzichtig met pootgoed om te gaan. Contact met schadelijke chemische middelen moet absoluut vermeden worden. Dit geldt ook voor het pootgoedgewas (denk aan mogelijke effecten van glyfosaat-contaminatie). Voorkom beschadigingen en zorg voor een goede wondheling. Ook is het belangrijk om het fysiologisch gedrag van rassen goed te kennen om voor optimale bewaar- en teeltomstandigheden te kunnen zorgen. De beschikbaarheid van micronutriënten in de pootgoedteelt speelt mogelijk een rol voor de vitaliteit van het pootgoed. Daarnaast kunnen weersomstandigheden in het pootgoedseizoen het fysiologisch gedrag van dochterknollen beïnvloeden. Milieuomstandigheden kunnen direct en indirect, via hun invloed op de groei van pathogenen, invloed hebben op de pootgoedkwaliteit

Toetsen op basis van specifieke inhoudsstoffen lijken niet bijzonder veel perspectief te hebben voor een verbeterde partijkeuring. Mogelijk kan nabij-infrarood spectroscopie wel van waarde zijn. Kiemproeven of experimenten in kiemruimtes kunnen wellicht helpen slechte partijen aan te wijzen. Dit geeft een versnelling van processen die langzamer verlopen onder normale (koude) bewaaromstandigheden. Partijen die niet goed door de test heenkomen kunnen dan voor verkoop uit de handel genomen worden. Er is echter nog meer onderzoek nodig om de waarde ervan goed in te kunnen schatten. Op deze wijze zouden mogelijk ook door chemische middelen aangetaste knollen die een afwijkende kieming laten zien, gedetecteerd kunnen worden.

In veel gevallen is de oorzaak van opkomstproblemen niet eenduidig te verklaren. Gedeeltes van hetzelfde perceel kunnen een zeer verschillend opkomstbeeld hebben en behandelingen als het snijden van pootgoed kunnen wisselende effecten hebben. Voorheen werd er weinig overkoepelend onderzoek gedaan naar patronen in het voorkomen van opkomstproblemen. Wanneer over meerdere jaren een grote dataset van opkomstproblemen en daaraan gerelateerde gegevens wordt verzameld, is het wellicht mogelijk om oorzakelijke verbanden tussen bijvoorbeeld milieuomstandigheden en opkomstproblemen te vinden. Het verzamelen van dit soort gegevens kan ook helpen om meer inzicht te krijgen in het fysiologisch gedrag van rassen en hun gevoeligheid voor milieufactoren. Daarnaast kan gericht experimenteel onderzoek leiden tot meer kennis over de precieze invloed van factoren.



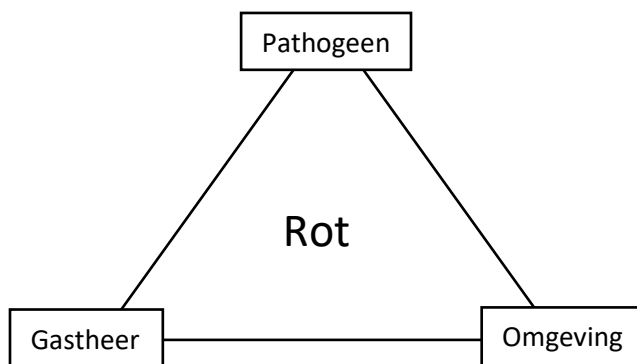


## Algemene introductie onderzoeksresultaten

Kort na aanvang van het ketenproject in 2016 is begonnen met een verkenning van de toetsmogelijkheden om pootgoedpartijen met een hoog risico op opkomstproblemen in de nateelt tijdig aan te kunnen wijzen. Verschillende handelshuizen hadden al een zogenaamde 'hot box' in gebruik en andere handelshuizen waren bezig met een opbouwen van testfaciliteiten. De 'hot box' is een klimaatcel waar pootgoedmonsters liggen bij hoge luchtvochtigheid en temperatuur (95% rV en 20-25 C). Vanaf inzetten vindt dan een periodieke controle op rot, kieming en andere visuele kenmerken van het pootgoed. In het ketenproject is daarnaast ook de potentie van een stresstest in de vorm van een onderdompeling in water onderzocht en verder ontwikkelt. De inspiratie voor het gebruik van onderdompeling als stresstest komt uit het gegeven dat in de praktijk natte omstandigheden worden geassocieerd met opkomstproblemen in het veld en (nat)rot in de bewaring. Veel pathogenen zijn zwakteparasieten die latent aanwezig kunnen zijn op pootgoed of in de grond. Bij optimale bewaaromstandigheden en/of voldoende 'sterke' partijen hoeft de aanwezigheid van deze organismen (nog) niet tot symptomen te leiden. Een puur visuele beoordeling kan een te optimistisch beeld van de pootgoedkwaliteit geven. Een partij die eerst goed lijkt, kan na overgang naar een ander bewaarregime of naar suboptimale veldomstandigheden soms toch veel geven. Er is in de certificering van pootgoed geen methode om vitaliteit/kiemkracht te meten zoals bij zaaizaden wel het geval is. Een stresstest voor aardappelpootgoed kan mogelijk helpen om 'verborgen gebreken' aan te tonen. Met een stresstest geef je een partij de gelegenheid om eventuele zwaktes te tonen voordat de partij uitgeleverd wordt door het stimuleren van drie componenten van de ziektedriehoek (Figuur 6). De voornaamste stresstest die in het ketenproject onderzocht is, bestaat uit een onderdompeling (in leidingwater) gevolgd door incubatie in een klimaatcel. Hiermee zorg je voor:

- 1) verspreiding van pathogenen binnen het monster van knol naar knol en van knoloppervlakte naar binnen via lenticellen
- 2) verzwakking van op aanwezigheid van zuurstof gebaseerde verdedigingsmechanismen van de aardappelknol
- 3) gunstige groeiomstandigheden voor het pathogeen

Een succesvolle stresstest zorgt ervoor dat monsters van partijen met een grote kans op opkomstproblemen onder praktijkomstandigheden meer rot tonen tijdens de incubatie in de klimaatcel dan monsters van partijen met een kleine kans op opkomstproblemen.



*Figuur 6: Conceptueel model van de ziektedriehoek voor het optreden van rot in pootgoed. Het optreden van symptomen is afhankelijk van een wisselwerking tussen gastheer (aardappelknollen), pathogenen (schimmels en bacteriën) en omgevingsomstandigheden (temperatuur, vochtigheid e.d.).*

Naast de hierboven beschreven stresstesten, kunnen (moleculaire) toetsen op latente aanwezigheid van pathogenen mogelijk ook bijdragen aan een voorspelling van het risico op opkomstproblemen. Een nadeel van toetsen op latente besmetting is dat deze slechts een aspect van de ziektedriehoek, namelijk het pathogeen en dat vaak ook nog slechts een beperkt aantal soorten pathogenen, omvatten en daarmee mogelijk een minder volledig en minder accuraat beeld van de gevoeligheid van een partij geven. In een stresstest kunnen in principe alle aspecten van de ziektedriehoek meegenomen worden en daarmee een betere voorspelling van het risico op opkomstproblemen in de nateelt geven.

In het eerst projectjaar (2017) is verkennend onderzoek gedaan met een onderdompelingstoets. Na verdere kleinschalige verkennende onderzoeken met stresstesten in de periode 2017-2018 is de meest kansrijke variant van de stresstest vanaf 2019 tot 2022 elk jaar grootschalig op 250-300 pootgoedpartijen uitgevoerd om te bepalen in welke mate de test opkomstproblemen in de nateelt kan voorspellen. Naast onderzoek naar een voorspellende toets is ook geprobeerd om factoren aan te wijzen die het risico op opkomstproblemen vergroten.

## Onderzoek en resultaten bewaarseizoen 2016-2017

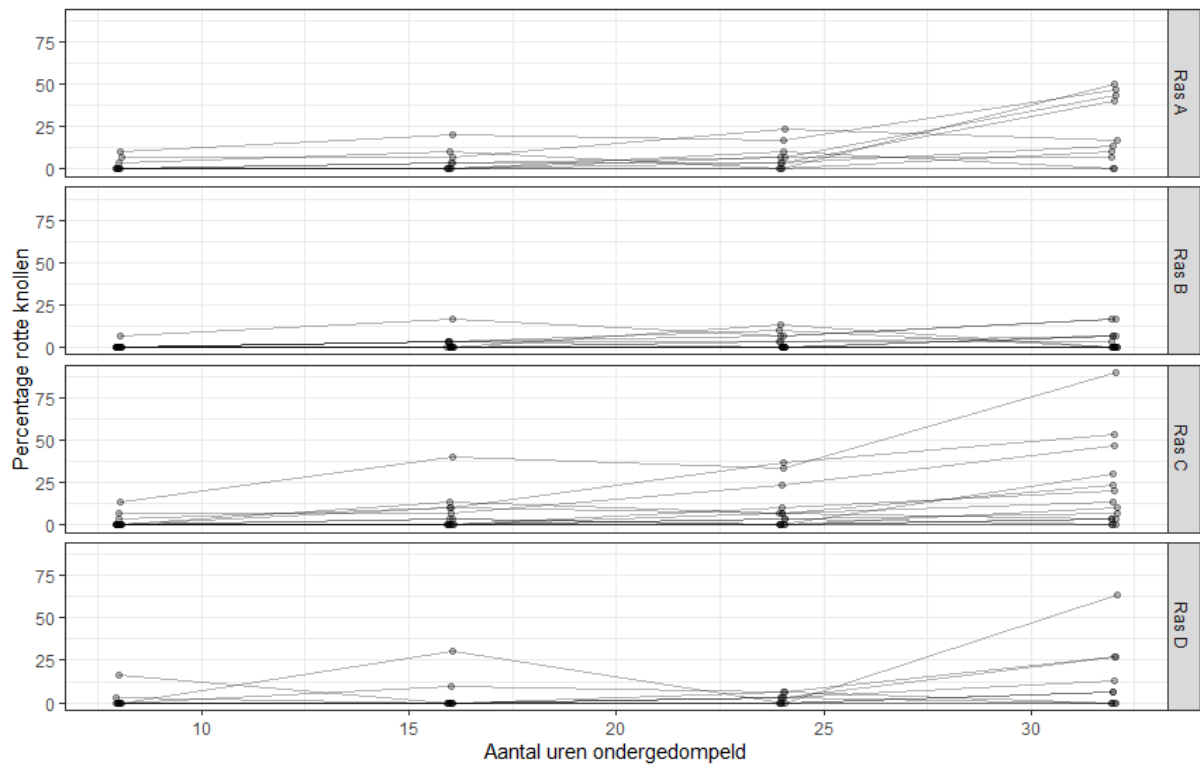
In dit projectjaar zijn 50 partijen van vier rassen gevolgd door het bewaarseizoen en is de opkomst bij 120 consumptietelers bepaald. Ook zijn eerste experimenten uitgevoerd voor de ontwikkeling van een stresstest die voor een pootgoedpartij een voorspelling geeft voor het risico op opkomstproblemen. Deze eerste verkenning wordt hieronder beknopt omschreven.

### Stresstest: Onderdompelingstoets

Kleinschalige onderzoeken in 2017 toonden aan dat er grote variatie zit in hoe knollen reageren op een onderdompeling. In de praktijk gaat men ervan uit dat poot aardappelen niet meer levensvatbaar zijn nadat ze 24 uur of langer onder water hebben gestaan. In het voorjaar van 2017 zijn monsters van 50 partijen poot aardappelen 8, 16, 24 en 32 uur onder water gezet en vervolgens bij ca 20C en ca 80% relatieve luchtvochtigheid weggezet (slecht geventileerd) en na enkele weken beoordeeld op kieming en rot. Het rotpercentage varieerde van nul tot meer dan vijftig procent. Statistische analyse toonde significante verschillen tussen rassen, tussen pootgoedpartijen en tussen verschillende tijdsduren van onderdompeling. Opvallend was dat de meeste knollen niet gingen rotten, zelfs niet na 24 of 32 uur onderdompeling (Figuur 8).



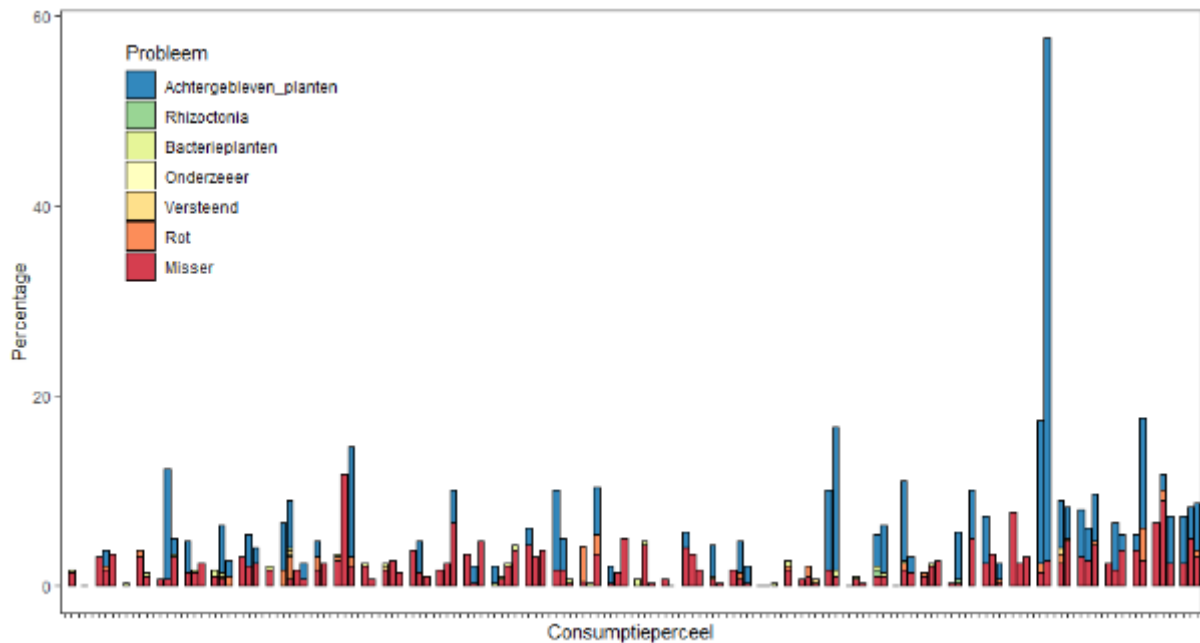
*Figuur 7: Links een monster met ca. 30% rot na onderdompeling en verder alleen 'dode' niet kiemende knollen. Rechts een monster zonder rot met levende kiemende knollen.*



Figuur 8: Percentage rot per monster enkele weken na onderdompeling (onderdompelduur van 8, 16, 24 of 32 uur). Elk punt stelt een monster van 30 knollen voor. Monsters van dezelfde pootgoedpartij zijn verbonden met een lijn. Er zijn statistisch significante effecten voor ras, pootgoedpartij en onderdompelingsduur. Let op 30 knollen is een kleine monstergrootte. Er is een grote kans dat door toeval het ene monster meer zwakke knollen bevat dan het andere monster.

### Opkomstproblemen in het veld

Bij consumptietelers waren in 2017 relatief weinig opkomstproblemen. Op 120 percelen waar de 50 bemonsterde partijen waren uitgeplant, zijn op 300 plantplaatsen per perceel lege plekken, bacteriezieke en kleine planten geteld. Op lege plekken is gegraven. Indien geen knol terug te vinden was, is een misser genoteerd. In overige gevallen is de toestand van de knol genoteerd (meestal rot). Het is niet met zekerheid te zeggen of op plantplaatsen zonder knol geen knol is geplant of dat de knol volledig is weggerot. Het percentage plantplaatsen met een rotte knol was nergens boven de 4%. Op het perceel met het hoogste aantal lege plekken waren bijna 12% van de plantplaatsen zonder plant, én zonder knol. Tien percelen telden 5-10% lege plantplaatsen, meestal zonder knol. Bij alle overige 109 percelen stonden er planten op meer dan 95% van de plantplaatsen. Een enkele keer werd een bacterieplant gevonden, nooit meer dan 1% van de planten. Op 29 percelen werden 5% of meer achterblijvende planten geteld. Achterblijvende (kleinere) planten worden in veel gevallen niet als erg problematisch ervaren. Achterblijvende planten kunnen later in het seizoen weer bijtrekken. De consumptieteler met een perceel met meer dan 50% achterblijvende planten maakte zich bijvoorbeeld geen zorgen. Dit betekent dat er op de gecontroleerde praktijkpercelen geen noemenswaardige klachten waren.



Figuur 9: Opkomstproblemen bij 120 consumptiepercelen in 2017. Percelen zijn gegroepeerd per pootgoedherkomst (1-4 percelen per herkomst). Probleempercentages bleven beperkt tot vooral achterblijvende planten en missers. Bij 'misser' kan de knol ofwel volledig weggerot ofwel niet geplant zijn (plantfout). Achterblijvende planten kunnen later in het seizoen bijtrekken.

#### Relatie tussen stresstest en opkomstproblemen in het veld

Er was een statistisch significant verband tussen het resultaat van de onderdompelingstoets en de (beperkte) mate van opkomstproblemen in de praktijk. Dit gold vooral wanneer achtergebleven planten mee werden genomen in het probleempercentage. Het resultaat veranderde nauwelijks door het verwijderen van een extreme uitschieter uit de data (een partij met ca 50% achterblijvende planten op een perceel). Van de vier verschillende onderdompelingsduren bleek het aantal rot in de stresstest met 24 uur onderdompeling het sterkste verband met opkomstproblemen in het veld te hebben.

#### Conclusie na het eerste jaar

Een stresstest met onderdompeling lijkt een indicatie te kunnen geven voor het risico op opkomstproblemen in het veld. Een test met 24 uur onderdompeling lijkt het meeste perspectief te bieden. Zowel monstergroottes in de stresstest en de mate van problemen in het veld waren dermate klein dat er nog geen harde conclusie getrokken kan worden. Bovendien vond de stresstest plaats in april/mei op het moment dat geplant wordt. Om daadwerkelijk bruikbare voorspellende waarde te hebben moet een stresstest vroeger in het jaar uitgevoerd kunnen worden. Naast een stresstest kunnen ook toetsen op latente besmetting met pathogenen een voorspellende waarde hebben. De stresstest lijkt iets meer perspectief te hebben voor het aanwijzen van zwakke partijen dan toetsen op latente aanwezigheid van pathogenen. Dit komt ook doordat bij de laatste toetsen gewerkt wordt met samenvoegingen en dit leidt tot verlies van detailinformatie over percentages zwakke/besmette knollen. Doordat bij een stresstest alle knollen in het monster apart worden beoordeeld is een betere schatting van het percentage zwakke knollen mogelijk dan bijvoorbeeld bij PCR-toetsen waarbij samenvoegingen van meerdere knollen getest worden.

De afwezigheid van (een voldoende groot aantal) opkomstproblemen in de consumptieteelt zorgde ervoor dat het niet goed mogelijk was om de informatie vergaard bij het volgen van de verschillende pootgoedpartijen te relateren aan het risico op opkomstproblemen. Een bepaling van de

fysiologische leeftijd in het voorjaar met behulp van kiemprouven gaf geen aanwijzing dat dit problematisch was bij de 50 gevolgde pootgoedpartijen.

## Onderzoek en resultaten bewaarseizoen 2017-2018

In dit projectjaar zijn 50 partijen van vier rassen gevolgd door het bewaarseizoen met behulp van vragenlijsten aan telers en met solantenna sensoren die temperatuur, relatieve luchtvochtigheid en CO<sub>2</sub>-concentratie meten. Monsters zijn genomen voor bacterietoetsen (10 reacties op vier soorten, submonster grootte van 20 knollen). Ook is er geëxperimenteerd met een aantal stresstestvarianten. Dit zijn de volgende varianten:

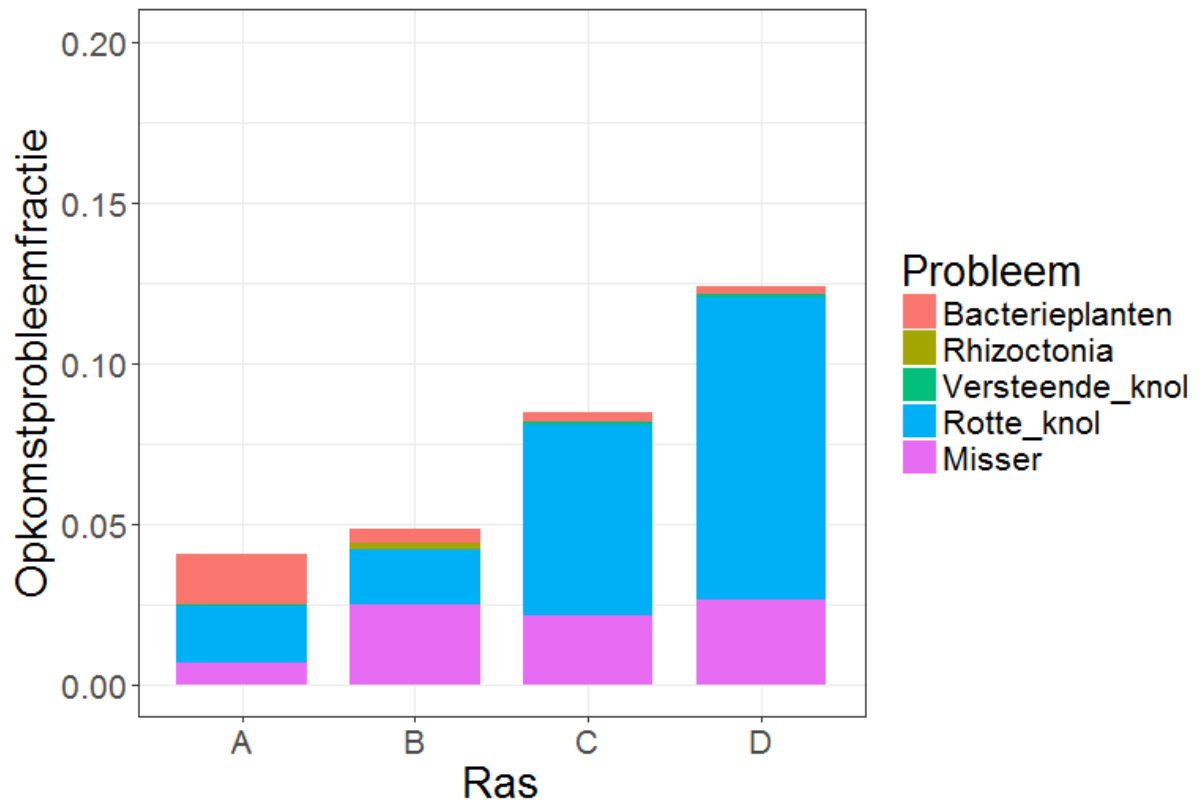
- Onderdompeling gevolgd door plaatsing in een kas (december 2017)
- Incubatie in een klimaatcel (hotbox, in december 2017)
- Onderdompeling gevolgd door plaatsing in een kiemkast (in april 2018)

Monsters van de gevolgde partijen zijn op een proefveld van de NAK bij Tollebeek uitgeplant. Een deel van de monsters is via kleibaden uitgesplitst op onderwatergewicht (OWG). Van elk monster is dus een klein proefvlak met knollen met een relatief laag OWG (40 knollen), een proefvlak met knollen met een relatief hoog OWG (40 knollen), twee proefvlakken met een voor die partij relatief gemiddeld OWG (2x40 knollen). In enkel gevallen zijn minder knollen dan beoogd uitgeplant omdat er onvoldoende knollen in de betreffende OWG-categorie zaten. Van elke partij zijn daarnaast ook 40 knollen uitgeplant die niet door een kleibad zijn gegaan.

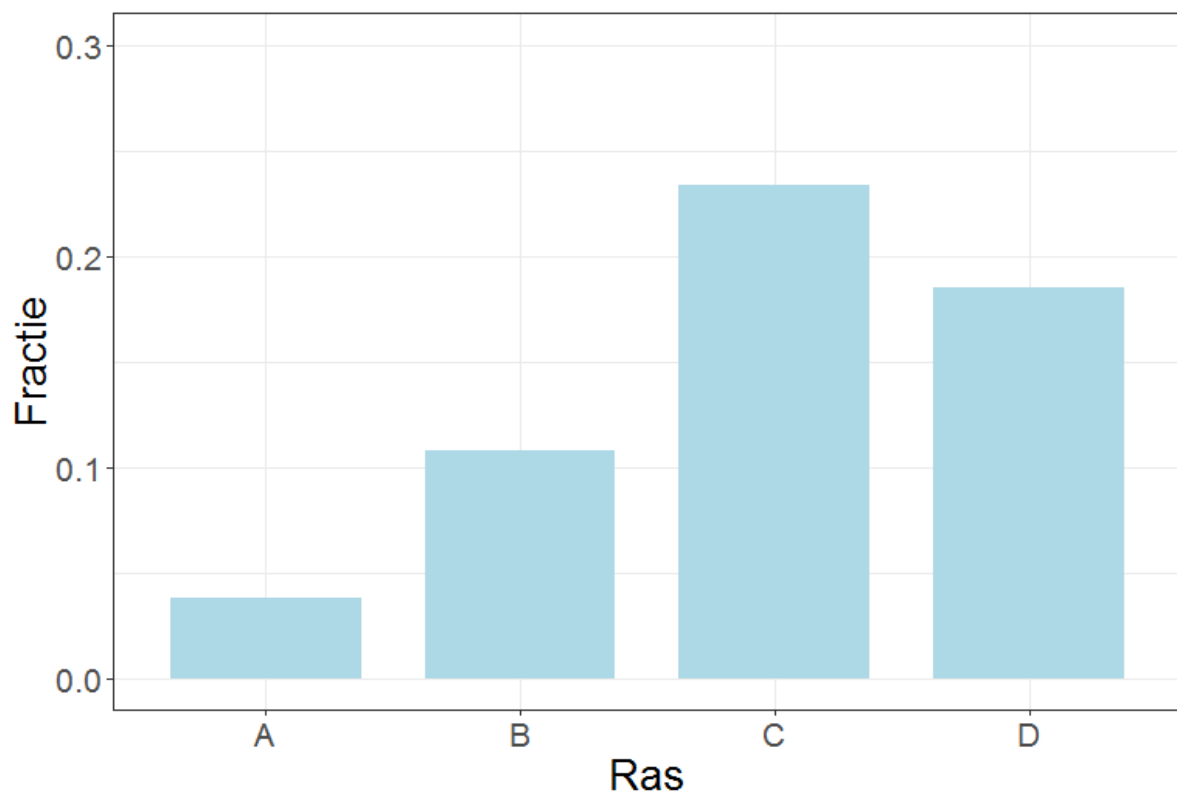
De gevolgde partijen zijn ook uitgeleverd aan consumptietelers en daar is de opkomst beoordeeld door middel van telling op 3x100 plantplaatsen.

### Opkomstproblemen in het veld

Op percelen bij consumptietelers waren dit jaar relatief veel opkomstproblemen. Dit hangt samen met het natte en koude voorjaar. Op lege plantplaatsen werd meestal een rotte knol teruggevonden (Figuur 10). Een deel van de verschillen tussen rassen kan worden verklaard doordat sommige rassen toevallig vaker geplant zijn op percelen met wateroverlast (Figuur 11).



Figuur 10: Gemiddelde fractie plantplaatsen met opkomstproblemen per ras. Bij missers is geen knol teruggevonden. Deze kan niet geplant zijn, of al weggerot zijn. Verschil tussen rassen hangt ook samen met het toevallig vaker geplant zijn op percelen met wateroverlast.



Figuur 11: Fractie consumptiepercelen met >24 uur water tussen ruggen per ras (op basis van door telers beantwoorde vragenlijsten).

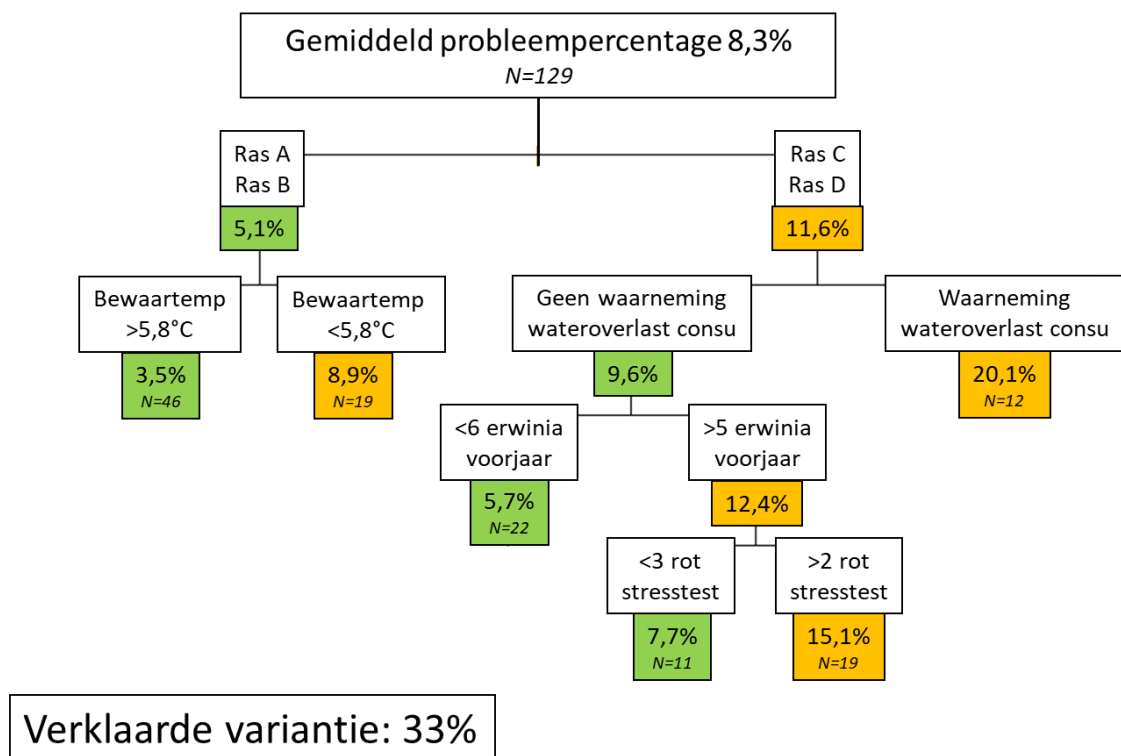


## Mogelijke voorspellers van opkomstproblemen in het veld

Een CART-analyse haalde uit allerlei informatie vanuit vragenlijsten, Solantenna's, stresstesten etc. de volgende belangrijke factoren voor opkomstproblemen bij consumptietelers:

- Ras
- Wateroverlast
- Zware besmetting met bacterie ("Erwinia")
- Aantal rot in de decemberstresstest (dit correspondeerde ook aantal rot in de hot box)
- Bewaartemperatuur

Zie Figuur 12 voor een visueel overzicht van de invloed van deze factoren. Uiteindelijk konden deze factoren slechts ongeveer een derde van alle variatie in opkomst bij consumptietelers verklaren.

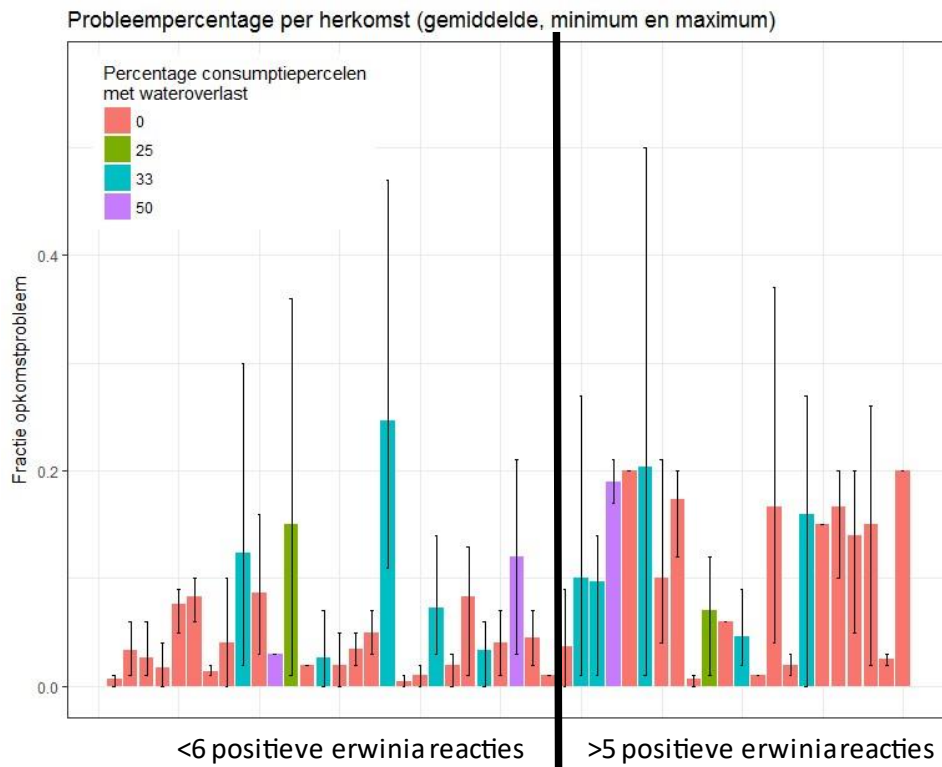


Op basis van beoordeelde percelen én afgekeurde partijen. Laatste meegenomen als 20% probleem

Figuur 12: Boomdiagram van een CART-analyse om opkomstproblemen in de consumptieteelt te verklaren. Het figuur begint bovenaan met 129 percelen en gebruikt bij elke stap naar beneden een factor om de percelen te splitsen in een groep met veel en een groep met weinig opkomstproblemen. Het figuur geeft de gemiddelde probleempercentages van elke subgroep.

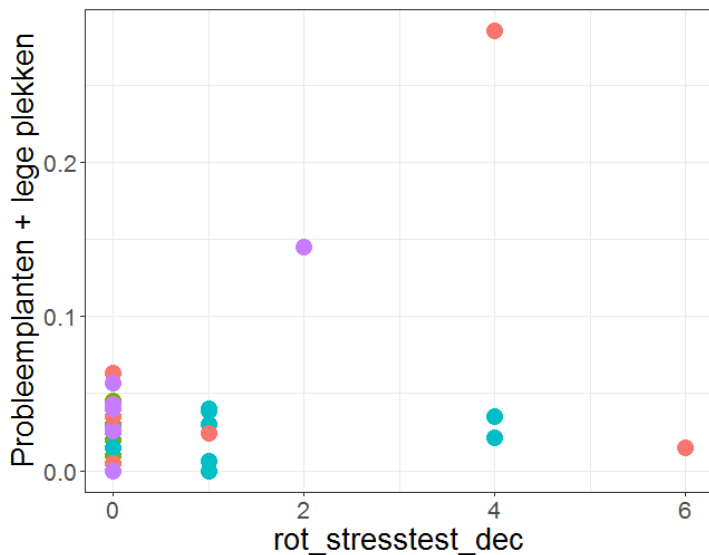
De invloed van besmetting met bacterie wordt ook duidelijk wanneer we de pootgoedherkomsten rangschikken op volgorde van besmettingsniveau (Figuur 13). Hier zien we dat er een verband is tussen besmetting met bacterie en opkomstproblemen, maar dat er veel variatie resteert. Merk op dat een eenduidige vertaling van het aantal positieve reacties naar een besmettingspercentage niet goed mogelijk is. Wel is het aantal positieve reacties een redelijke maat voor het besmettingsniveau. Voor elk van de vier getoetste soorten kunnen maximaal 10 reacties (submonsters) positief zijn, in totaal kunnen er maximaal 40 positieve reacties zijn. Een submonster is al positief bij één besmette knol van de 20 knollen in het submonster. In de praktijk zien we tussen de 0 en de 10 positieve reacties voor *Pectobacterium brasiliense* en geen of nauwelijks positieve reacties voor de andere soorten. In het algemeen zijn er bij hogere besmettingsniveaus meer opkomstproblemen dan bij lage

besmettingsniveaus. De variatie is echter groot, ook tussen percelen waar dezelfde partij is uitgeplant.

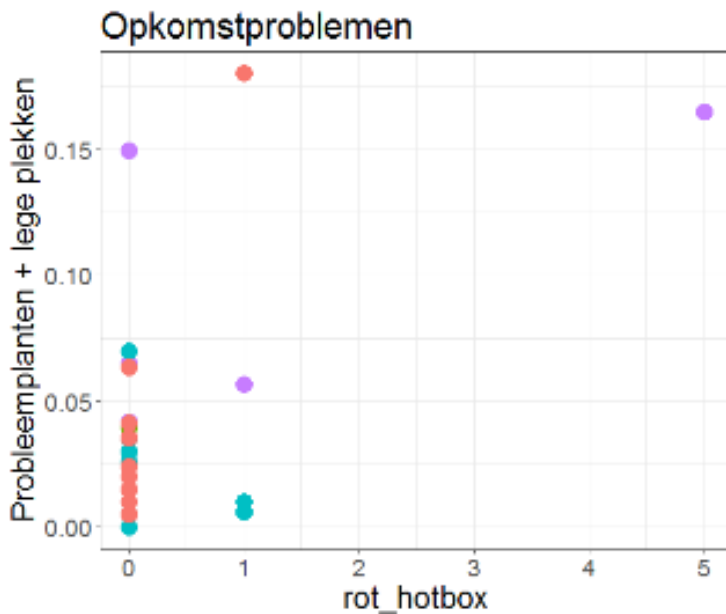


*Figuur 13: Pootgoedherkomsten op volgorde van lage naar hoge besmetting met bacterie. De balken geven de gemiddelde fractie opkomstproblemen weer per herkomst over alle bezochte consumptiepercelen weer. Foutbalkjes geven minimum en maximum weer. Omdat wateroverlast een belangrijke factor was, is in het figuur aangegeven wat het percentage consumptiepercelen was met melding wateroverlast.*

Op het proefveld waren twee partijen met een duidelijk slechtere opkomst. Deze twee partijen lieten ook een beetje rot zien bij de stresstest van december en de incubatie in de hot box in januari (Figuur 14). Drie van de vijf partijen die 2 of meer rotte knollen toonden in de stresstest gaven geen noemenswaardige problemen. Incubatie in een hot box liet een vergelijkbaar resultaat zien (Figuur 15). De dompeltoets leek echter een sterker signaal te geven (2-6 rotte knollen van de 50 vs. 1-5 van de 100 in de hot box). Gangbare statistische toetsen geven in dit soort gevallen (redelijk grote datasets met een enkele problematische partij die ook slecht scoort in een stresstest of bacterietoets) al snel een zogenaamd significant resultaat (d.w.z. een kleine kans dat het gevonden verband alleen door toeval ontstaat). Dit is echter van beperkte relevantie. Een goede voorspellende toets heeft een grenswaarde waarboven de meeste partijen problematisch zijn en er onder niet. Dit kan in de regel beter met een visuele inspectie van de data beoordeeld worden dan met een formele statistische toets.



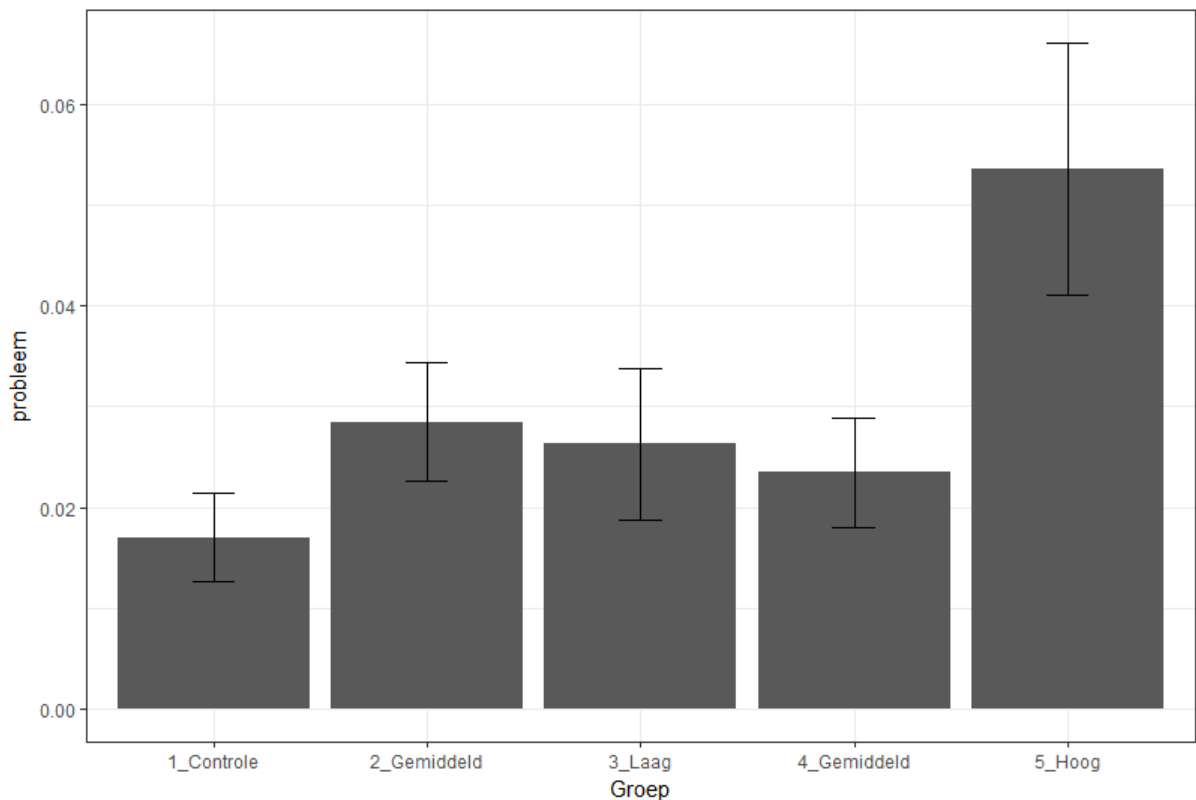
Figuur 14: Opkomstproblemen (fractie) op proefveld Tollebeek vs. het aantal rot in de stresstest van december 2017 (50 knollen per partij). Het aantal rot is een en twee maand na onderdompeling beoordeeld. Het figuur toont het aantal rot na twee maanden.



Figuur 15: Opkomstproblemen (fractie) op proefveld Tollebeek vs. het aantal rot in de hot box van december 2017 (100 knollen per partij). Het aantal rot is drie en zes weken na inzetten beoordeeld. Het figuur toont het aantal rot na zes weken.

### Rol van onderwatergewicht

Onderwatergewicht lijkt geen belangrijke rol te spelen bij opkomstproblemen. Binnen een partij zagen we op proefvelden eerder meer problemen bij knollen met een relatief hoog OWG (t.o.v. de rest van de eigen partij) dan bij knollen met een relatief laag OWG (Figuur 16). Gemiddelde onderwatergewichten verschilden tussen partijen en tussen rassen en varieerde van iets meer dan 300 gram tot bijna 500 gram. Helemaal uitsluiten van een relatie tussen gemiddeld OWG van een partij en risico op opkomstproblemen kunnen we niet op basis van dit onderzoeksjaar met maximaal 15 partijen per ras en met slechts een enkele duidelijke probleempartij. Wel waren er duidelijk (en statistisch significant) meer opkomstproblemen bij submonsters die door een kleibad waren gegaan dan bij monsters die niet door een kleibad waren gegaan (controle).



*Figuur 16: Probleemfractie op proefveld Tollebeek afhankelijk van het type submonster. Controlemonsters zijn niet door een kleibad gegaan. Gemiddeld, laag en hoog geeft aan hoe het OWG van het submonster zich verhiel tot het gemiddelde OWG van de betreffende partij. De grafiek toont gemiddeldes en standaardfouten over alle 50 partijen per submonster type.*

#### Conclusie na het tweede jaar

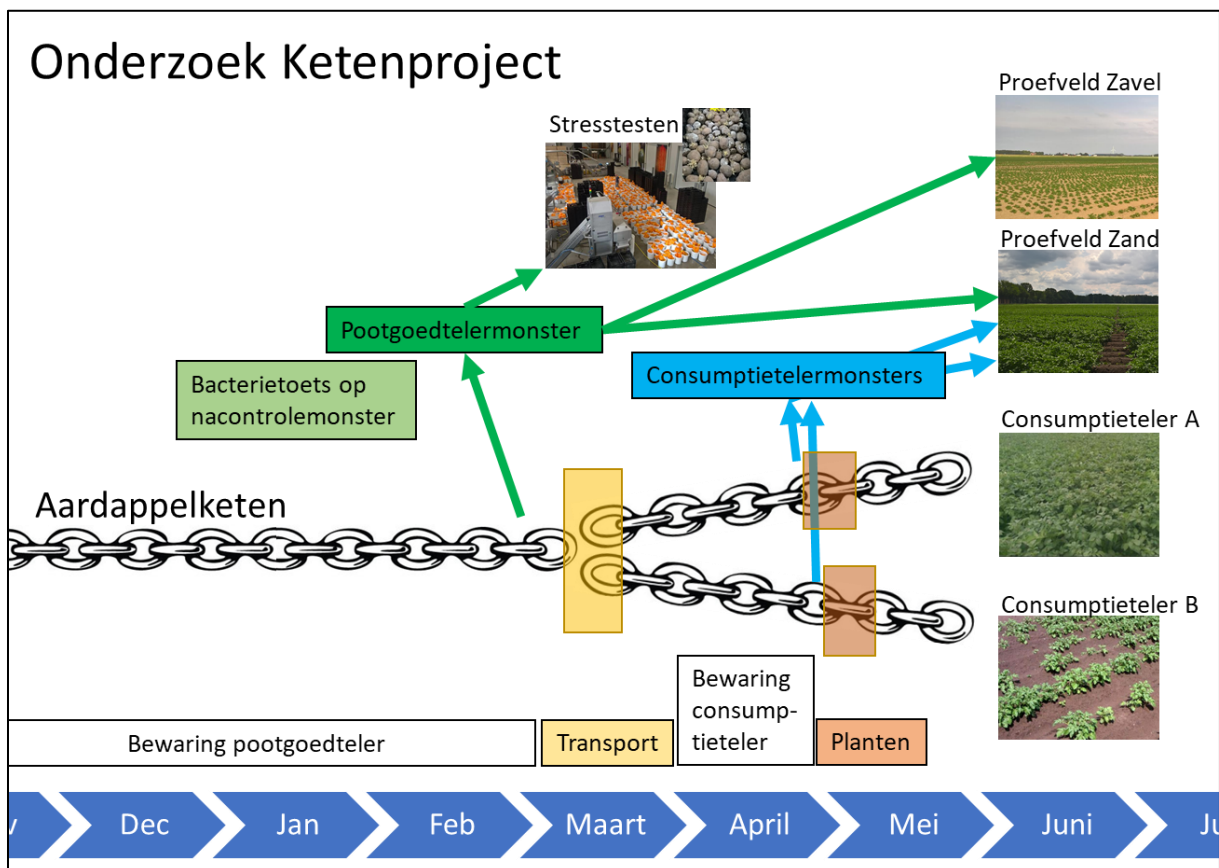
Informatie uit vragenlijsten en van Solantenna's heeft een beperkte waarde bij het voorspellen van opkomstproblemen. Stresstesten en bacterietoetsen lijken wel enig voorspellend vermogen te hebben. Het voorjaar van 2018 was koud en nat. Er waren relatief veel opkomstproblemen die gerelateerd waren aan wateroverlast door extreme neerslag. Bij 10 á 15 partijen per ras en slechts een enkele problematische partij is het niet goed mogelijk een eventueel verband aan te tonen. Voor volgende jaren zijn grotere aantallen partijen en grotere monstergroottes nodig om verbanden tussen risico op opkomstproblemen en testresultaten of andere variabelen aan te kunnen tonen. Na onderdompeling zijn de stresstestmonsters dit jaar in een goed ventileerde kas met een relatief lage relatieve luchtvochtigheid geplaatst. We vermoeden dat plaatsing in een gecontroleerde warme en vochtige ruimte zal zorgen voor een sneller ontstaan van rot en de mogelijkheid om partijen sneller een risicoklasse toe te wijzen. Hiervoor zijn professionele faciliteiten nodig.

## Onderzoek en resultaten bewaarseizoen 2018-2019

Van bijna 300 pootgoedpartijen zijn monsters uitgeplant op twee proefvelden in de Flevopolder en Brabant. Deze monsters zijn genomen op verschillende momenten in de keten. Zo zijn onder andere monsters genomen uit de bewaring van de pootgoedteler en van dezelfde partij ook vlak voor poten bij de consumptieteler. Daarnaast zijn monsters van dezelfde partijen blootgesteld aan de stresstest. De monsters zijn beoordeeld op opkomst. Zie Figuur 17 voor een schematisch overzicht van het project. Door deze opzet beoogden we de volgende vragen te beantwoorden

1. Wat is de uitgangskwaliteit van het pootgoed (uitplant op proefvelden van knollen bemonsterd bij de pootgoedteler)
2. Wat is de impact van de handelingen in de keten (uitplant op proefvelden van knollen bemonsterd bij de consumptieteler en opkomstbeoordeling bij consumptietelers in de praktijk)
3. Kan een stresstest voorspellen welke partijen opkomstproblemen geven?

Voor de uitvoering van de stresstesten konden we dit jaar van de faciliteiten en klimaatcellen van het Agrico Quality Centre gebruik maken. Dit zorgde voor betere controle van de klimaatomstandigheden van de ruimte waar knollen na het ondergaan van een dompeltoets in zijn geplaatst.



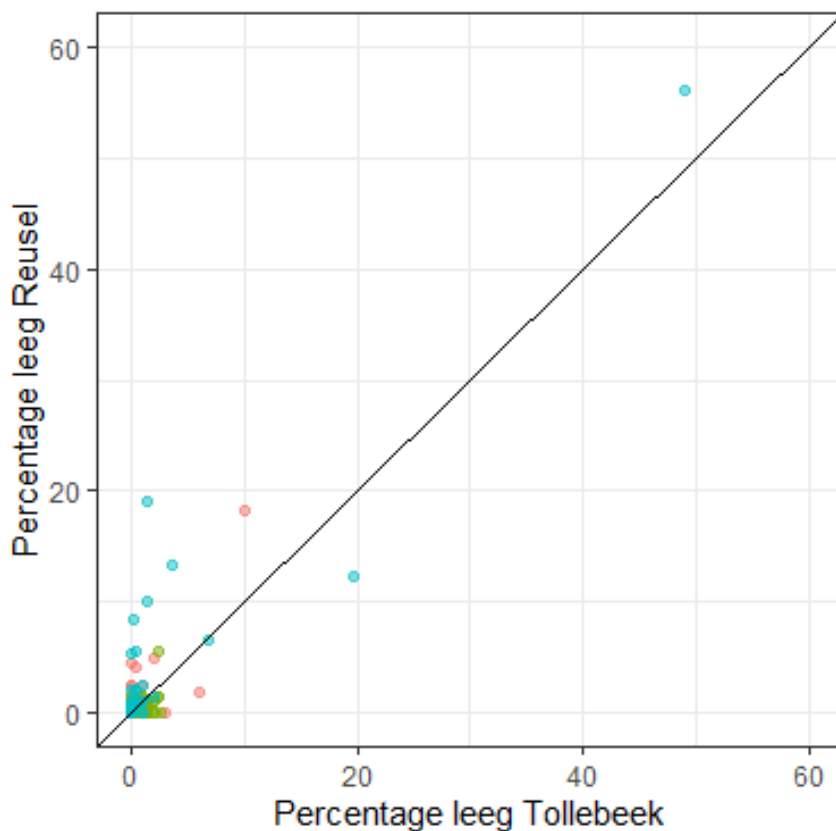
Figuur 17: Overzicht van het projectjaar 2018-2019.



Figuur 18: Twee proefveldlocaties. Links op zand in Noord-Brabant (Reusel), rechts op zavel in de Noordoostpolder (Tollebeek)

### Opkomstproblemen op de proefvelden

Een deel van de opkomstproblemen op de proefvelden had te maken met de slechte kwaliteit van het pootgoed. Wanneer een monster genomen bij de pootgoedteler een slechte opkomst geeft op proefvelden geeft dit aan dat de uitgangskwaliteit een rol speelt. Met uitgangskwaliteit wordt bedoeld de kwaliteit van een partij aan het einde van de bewaring bij de pootgoedteler. Na monsternamen zijn alle monsters uniform en met goede zorg behandeld, opgeslagen, getransporteerd en uitgeplant. Toch gaf een deel van deze monsters een slechte opkomst op de proefvelden. Op het zavelperceel had ca. 2% van de pootgoedpartijen een opkomstprobleem van 5% of meer lege plekken. Op het zandperceel was dit ca. 4%. Van de zwakste partij kwam op beide percelen slechts ongeveer 50% van de planten op. De directe oorzaak van vrijwel alle opkomstproblemen is rot.



Figuur 19: Percentage lege plekken op proefveld Reusel en proefveld Tollebeek van monsters die aan het einde van het bewaarseizoen bij de pootgoedteler waren genomen. Kleuren tonen verschillende rassen. Eén á twee partijen hebben een

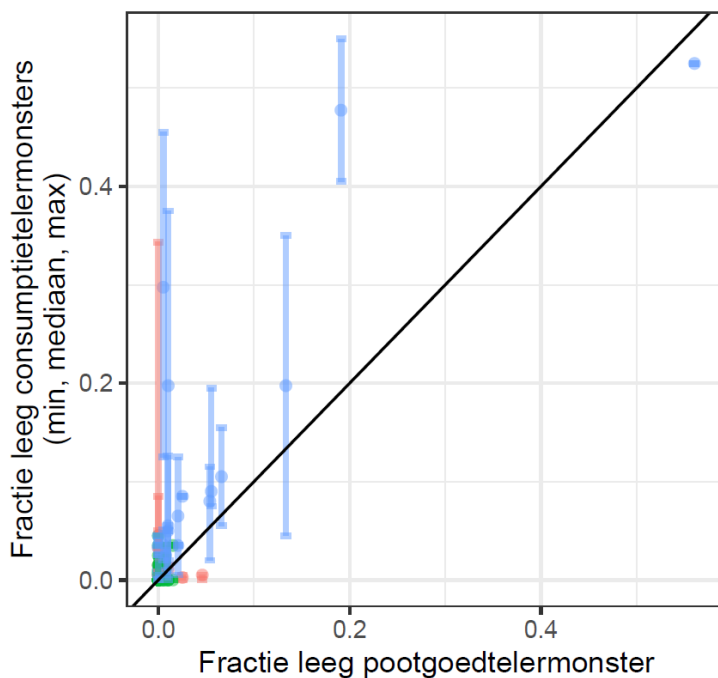
duidelijk zwakke uitgangskwaliteit. Opvallend is dat enkele partijen op Tollebeek een goede opkomst hebben maar een matige opkomst op proefveld Reusel.



Figuur 20: Monsters zijn steeds op 2 proefvlakken van elk 2x50 knollen geplant. De dronefoto toont een proefvlak van de partij met de slechtste uitgangskwaliteit

### Effect van keteninvloeden

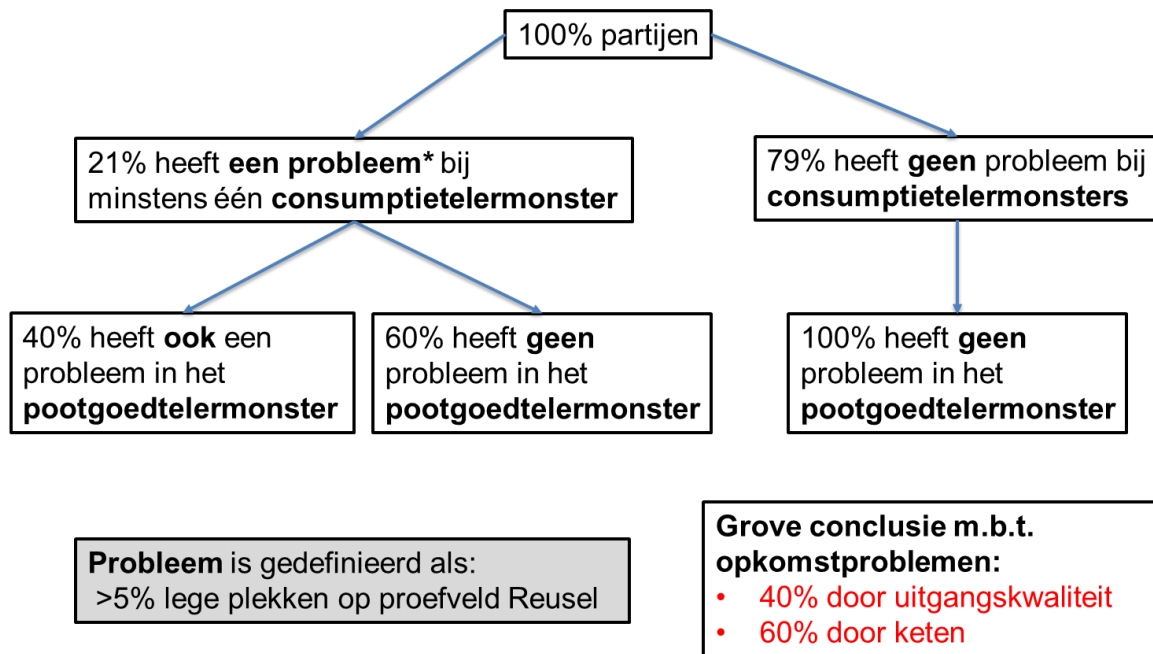
De handelingen in de keten na de bewaring bij de pootgoedteler hebben in veel gevallen een negatieve invloed gehad op de opkomst. Gemiddeld genomen is het aantal opkomstproblemen twee maal zo groot in het monster dat vlak voor planten bij de consumptieteler genomen is ten opzichte van het monster van dezelfde partij genomen bij de pootgoedteler (Figuur 21).



Figuur 21: Opkomstproblemen bij pootgoedmonsters genomen bij de consumptieteler vs. opkomstproblemen bij monsters van dezelfde partij genomen bij de pootgoedteler. Data alleen afkomstig van proefveld Reusel. Kleuren geven rassen weer.

Een andere manier om de data te bekijken is om een probleem te definiëren als >5% lege plekken op proefveld Reusel (het proefveld met de ongunstigste opkomst). Dan zien we dat het grootste deel van de partijen geen problemen geeft bij zowel het consumptietelermonster als bij het pootgoedtelermonsters (Figuur 22). Ongeveer 20% van de partijen heeft minstens één consumptietelermonster met een opkomstproblemen. Van deze 20% had iets minder dan de helft

van de partijen ook een probleem in het pootgoedtelermmonster. Iets meer dan de helft had alleen een probleem in (een van de) consumptietelermonsters. Op basis hiervan is naar schatting ca. 40% van de opkomstproblemen in de praktijk vooral gerelateerd aan de uitgangskwaliteit. In 60% van de gevallen lijkt kwaliteitsvermindering in het logistieke traject tussen pootgoedteler en uitplant bij de consumptieteler de doorslaggevende factor voor het ontstaan van opkomstproblemen.



Figuur 22: Mate van voorkomen van opkomstproblemen op proefveld Reusel bij consumptietelermonsters en pootgoedtelermmonsters. Let op de percentages zijn relatief ten opzichte van het aantal partijen waarvoor zowel consumptietelermonsters als pootgoedtelermmonsters genomen zijn. Dit zijn minder partijen dan in het hele project zaten.



## Relatie tussen stresstest en opkomstproblemen in het veld

Er zijn in totaal zes verschillende varianten van stresstesten onderzocht. Met en zonder onderdompeling en incubatie bij een temperatuur van 20 of 23C en bij een relatieve luchtvochtigheid van 80% of 95-100%. Voor een goede stresstest zoeken we een stressniveau waarbij zwakke knollen gaan rotten en sterke knollen niet. Een dompeltoets gevolgd door incubatie in zeer vochtige klimaatcel geeft in bijna alle partijen grote hoeveelheden rot waardoor geen goed onderscheid gemaakt kan worden tussen sterke en zwakke partijen. Omgekeerd geeft incubatie in een relatief koudere (20C) of drogere cel (<95% rV) te weinig rot om onderscheid te maken. Zie Figuur 23 voor een voorbeeld van monsters blootgesteld aan drie stresstestvarianten



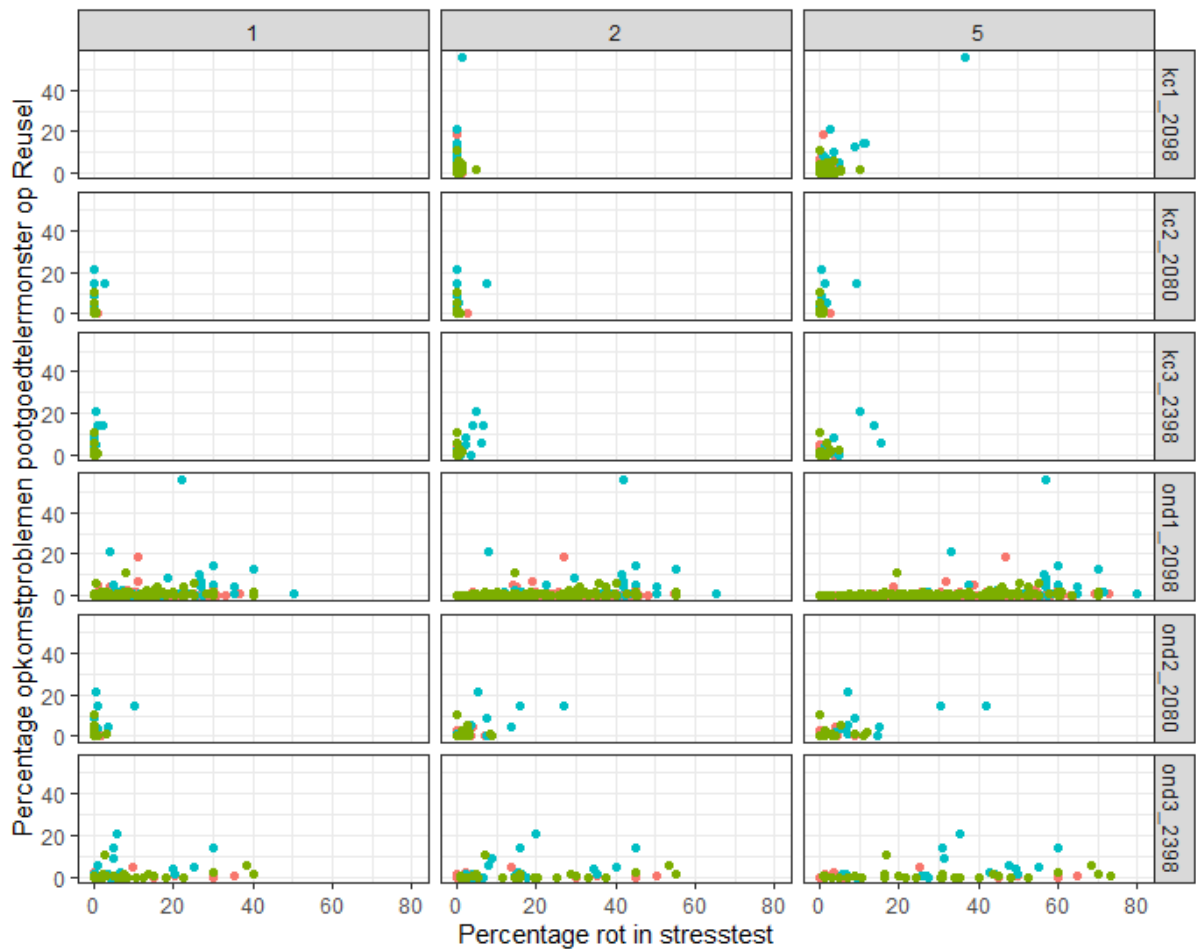
## Stress

*Figuur 23: De hoeveelheid 'stress' voor knollen hangt samen met hogere temperatuur en hogere vochtigheid. Voor een goede stresstest zoeken we een stressniveau waarbij zwakke knollen gaan rotten en sterke knollen niet. De middelste variant lijkt beloftevol.*

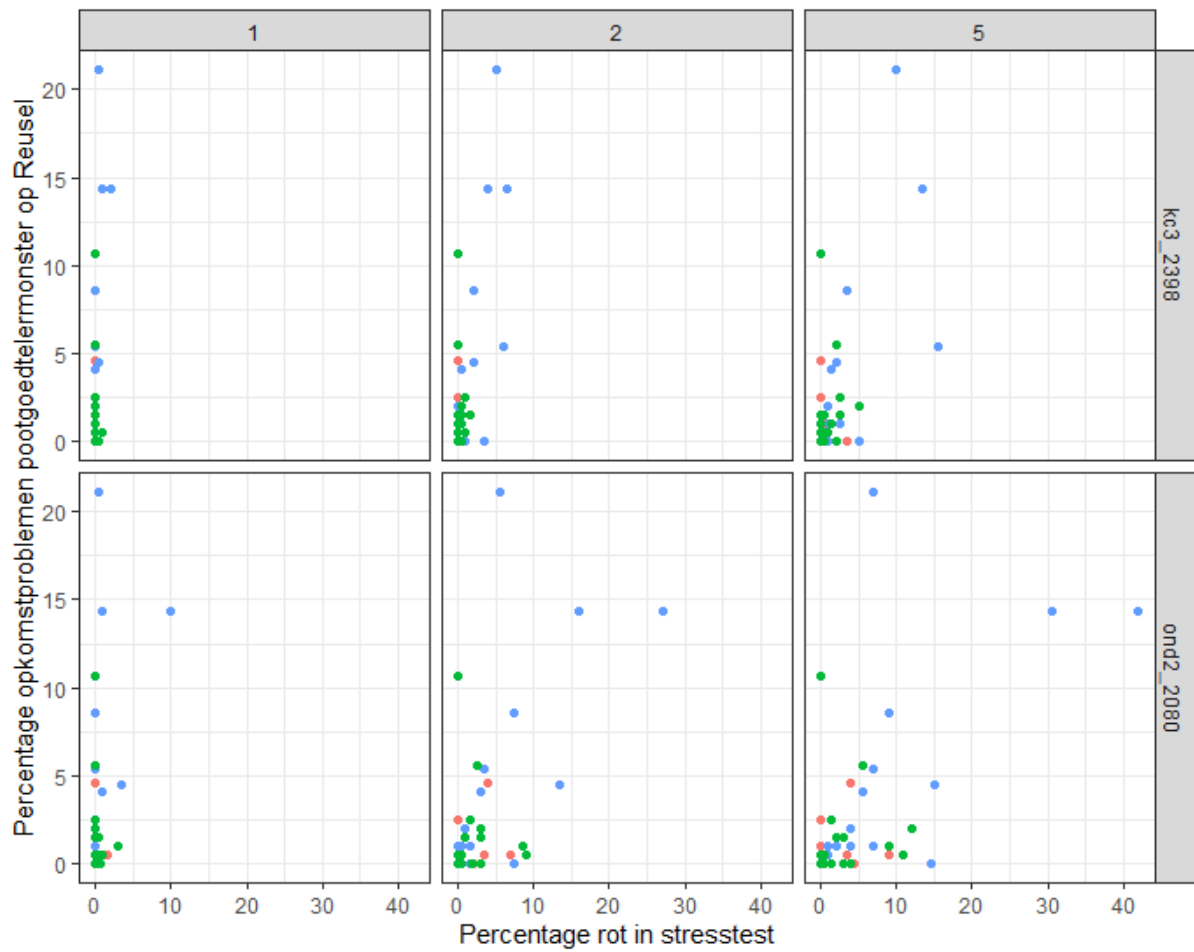
Gelukkig waren er twee stresstestvarianten die een redelijke voorspelling gaven voor opkomstproblemen (hier lege plekken + bacterieplanten) op de proefvelden. Deze twee meest beloftevolle stresstesten zijn:

- een toets met 24 uur onderdompeling gevolgd door incubatie in een klimaatcel op 20C en 80% relatieve luchtvochtigheid
- een toets met incubatie in een klimaatcel op 23C en 95-100% relatieve luchtvochtigheid

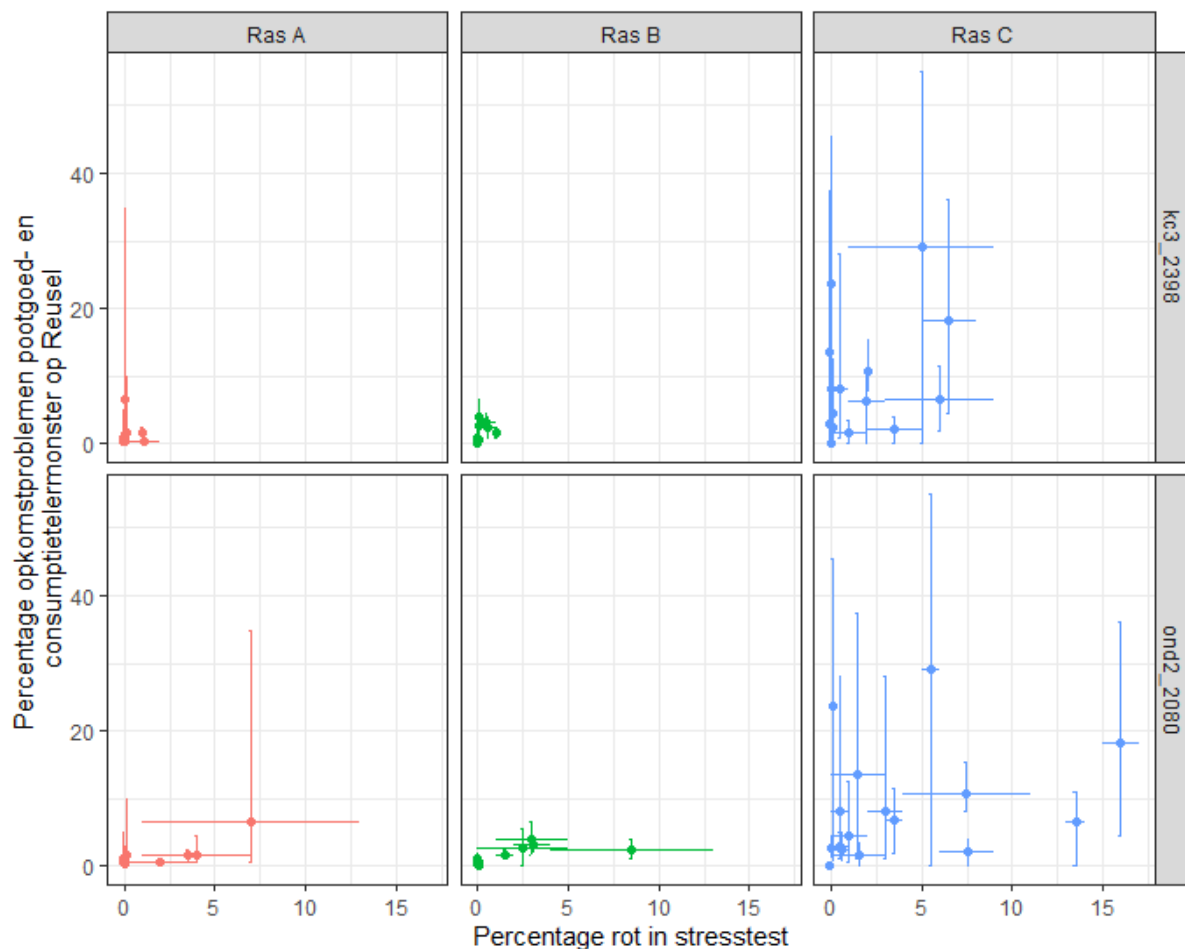
De succesvolste stresstest wijst bijna alle partijen met een opkomstprobleem veroorzaakt door een slechte uitgangskwaliteit aan. De stresstest heeft duidelijk potentie voor het aanwijzen van zwakke partijen (Figuur 24 en Figuur 25). Het verband werd echter wel sterk gedreven door één ras dat verantwoordelijk was voor de meeste opkomstproblemen op proefvelden. Toch zien we dat de stresstest voor de andere rassen redelijk goed aan kan wijzen welk partijen bij het consumptietelermonster een slechtere opkomst hebben.



Figuur 24: Percentage opkomstproblemen op proefveld Reusel (alleen pootgoedtelmonsters) uitgezet tegen het cumulatieve rotpercentage in drie verschillende beoordelingsweken (week 1, week 2 en week 5) van 6 stresstestvarianten. "kc" staat voor incubatie in een klimaatcel zonder onderdompeling en "ond" staat voor een test met 24 uur onderdompeling gevolgd incubatie in een klimaatcel. De cijfers na de "\_" geven eerst de temperatuur van de klimaatcel (20C of 23C) en daarna de relatieve luchtvochtigheid (bij benadering 80% of 98%). Let op er zijn meer partijen getoetst met varianten kc1\_2098 en ond1\_2098 dan met de andere varianten. Kleuren geven verschillende aardappelrassen weer.



Figuur 25: Percentage opkomstproblemen op proefveld Reusel (alleen pootgoedtelersmonsters) uitgezet tegen het cumulatieve rotpercentage in drie verschillende beoordelingsweken (week 1, week 2 en week 5) van de twee meest beloftevolle stresstestvarianten. "kc" staat voor incubatie in een klimaatcel zonder onderdompeling en "ond" staat voor een test met 24 uur onderdompeling gevolgd incubatie in een klimaatcel. De cijfers na de "\_" geven eerst de temperatuur van de klimaatcel (20C of 23C) en daarna de relatieve luchtvochtigheid (bij benadering 80% of 98%). Kleuren geven verschillende aardappelvassen weer.



*Figuur 26: Percentage opkomstproblemen op proefveld Reusel (pootgoed- en consumptietelermonsters uitgezet tegen het cumulatieve rotpercentage in beoordelingsweek 2 van de twee meest beloftevolle stresstestvarianten. Het figuur toont het gemiddelde percentage steeds met een punt en minimum en maximum met de foutbalkjes. Voor de stresstestvarianten: "kc" staat voor incubatie in een klimaatcel zonder onderdompeling en "ond" staat voor een test met 24 uur onderdompeling gevolgd incubatie in een klimaatcel. De cijfers na de "\_" geven eerst de temperatuur van de klimaatcel (20C of 23C) en daarna de relatieve luchtvochtigheid (bij benadering 80% of 98%). Kleuren geven verschillende aardappelrassen weer.*

### Conclusie na het derde jaar

Opkomstproblemen ontstaan door enerzijds te slechte uitgangskwaliteit van het pootgoed (kwaliteit aan het einde van de bewaring bij de pootgoedteler) en anderzijds door de handelingen in de keten na bewaring bij de pootgoedteler. Beide factoren hebben ongeveer evenveel invloed. Verbeteringen zijn gewenst in de hele keten! Een in het najaar uitgevoerde bacterietoets toonde geen verband met lege plekken op de proefvelden maar wel (logischerwijs) met het aantal bacterieplanten. Een stresstest kan helpen om voldoende uitgangskwaliteit te garanderen. Vanaf wanneer in het bewaar seizoen een stresstest toegepast kan worden is nog onbekend. Een in het voorjaar (maart/april) uitgevoerde stresstest lijkt in ieder geval voorspellend vermogen te hebben. Dit is echter te laat om goed bruikbaar te zijn. Ook weten we nog onvoldoende hoe betrouwbaar voorspellingen op basis van stresstesten zijn. Hiervoor is grootschalig onderzoek over meerdere jaren nodig.

## Onderzoek en resultaten bewaarseizoen 2019-2020

### Introductie projectplan ketenproject jaar 2019-2020

In het voorgaande seizoen is aangetoond dat een in het voorjaar uitgevoerde stresstest redelijk goed kan voorspellen of een partij opkomstproblemen gaat geven. Hierbij leken een toets bestaande uit een 24-uurs onderdompeling gevolgd door incubatie in een klimaatcel op 20C en 80-90% relatieve luchtvochtigheid en een toets met incubatie in een klimaatcel op 23C en 95-100% relatieve luchtvochtigheid de meeste potentie te hebben. In het seizoen 2018-2019 zijn deze twee toetsen slechts op ca 60 pootgoedpartijen uitgevoerd. Een van de hoofddoelstellingen van onderzoek in projectjaar 2019-2020 is om de potentie van deze twee meest kansrijke stresstesten verder te verkennen. Ook wilden we uitzoeken of er verschil in voorspellend vermogen zit tussen de resultaten van toetsen uitgevoerd op verschillende tijdstippen in het bewaarseizoen (in januari, in februari en in maart). Hiervoor hebben we op drie verschillende momenten een onderdompelingstoets uitgevoerd.

Tenslotte wilden we ook de invloed van mogelijk negatieve invloeden in de logistieke keten en uitplantomstandigheden bepalen door monsters met en zonder gecontroleerde 'mishandeling' uit te planten op verschillende proefvelden.

#### **Voorspellend vermogen stresstest**

In onderzoeksfase van dit seizoen lag de focus nog grotendeels op het verkennen van het voorspellend vermogen van een stresstest. Om dit voorspellend vermogen zo goed mogelijk in te schatten is het belangrijk dat er zo min mogelijk versturende en ongecontroleerde factoren zijn die, naast uitgangskwaliteit de opkomst beïnvloeden. Daarom wordt elk monsters gesplitst in een deel bestemd voor een stresstest en een deel bestemd voor de uitplant. In december 2019 zijn monsters genomen van 268 pootgoedpartijen van vier rassen. Van elke partij zijn ruim 300 knollen bemonsterd. Van elk monster waren 100 knollen bestemd voor de eerste stresstest in januari 2020. Daarnaast waren 2 x 100 knollen bestemd voor uitplant op twee proefvelden (één op zavel in de Noordoostpolder en één op zand in Noord-Brabant). Deze set zal verder het najaarsmonster genoemd worden.

Op basis van de uitslagen van de eerste stresstest waren ca 120 (uiteindelijk 117) partijen geselecteerd voor intensiever vervolgonderzoek. Van elk deze 120 partijen is in februari 2020 een monster van 1400 knollen genomen. Dit monster is als volgt opgesplitst en gebruikt:

- 200 voor een stresstest met 24 uur onderdompeling in februari
- 200 voor een stresstest zonder onderdompeling in februari (alleen incubatie in klimaatcel)
- 200 voor een stresstest met 24 uur zuurstofarme omstandigheden door vacuümtrekken in februari
- 200 voor een stresstest met 24 uur onderdompeling in maart/april
- 200 voor uitplant op proefveld op zavel, ca 10 dagen na uitplant aanfrezen (gangbaar op deze locatie)
- 200 voor uitplant op proefveld zand, direct aanfrezen (vergelijkbaar met gangbaar all-in-one planten op deze locatie)
- 200 voor uitplant op proefveld leem (vanwege Corona-gerelateerde omstandigheden was dit derde proefveldlocatie uitgevallen, op proefveld zand is uiteindelijk een tweede perceel uitgeplant).

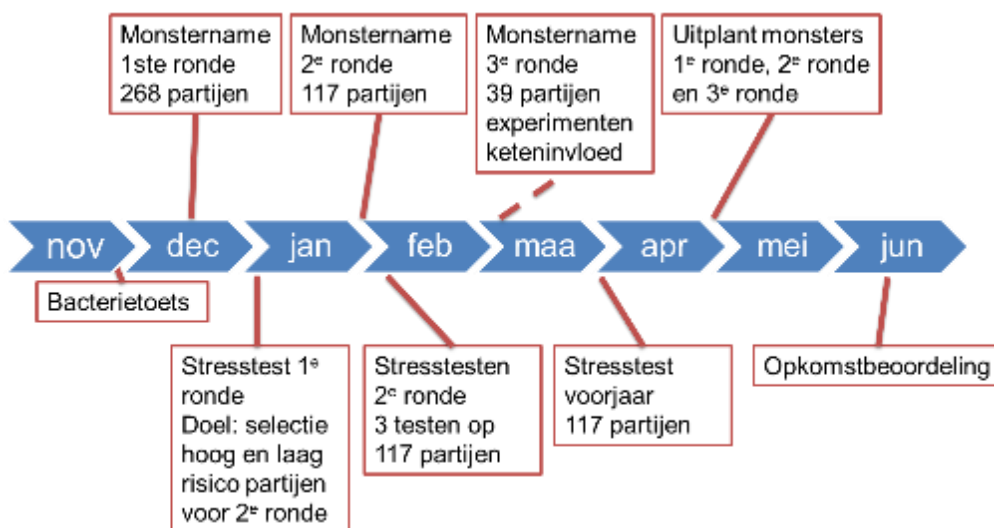
## Keteninvloeden

Uit onderzoek van het seizoen 2018-2019 bleek dat er in het traject tussen ophalen bij de pootgoedteler en uitplant bij de consumptieteler bij sommige partijen een substantieel kwaliteitsverlies is waardoor meer opkomstproblemen ontstaan. Op basis van observationeel onderzoek was het lastig om precieze oorzaken aan te wijzen. In het seizoen 2019-2020 hebben we daarom een derde monstername gedaan in maart 2020 op 39 partijen (10 partijen gepland per ras, één partij niet geleverd). De selectie bevatte relatief veel partijen met een slechte score in de stresstesten omdat we voor die partijen verwachtten dat negatieve keteninvloeden een sterker kwaliteitsverminderend effect hebben. Daarnaast bevatte de selectie ook een deel partijen met goede scores in de stresstesten. We verwachtten dat deze partijen minder gevoelig zijn voor negatieve keteninvloeden. Van elke partij zijn 1200 knollen bemonsterd. Dit monster is als volgt opgesplitst en gebruikt:

- 200 voor uitplant op proefveld op zavel, direct aanfrezen
- 200 voor uitplant op proefveld zand, ca 10 dagen na uitplant aanfrezen
- 200 voor uitplant op proefveld zand na experimentele mishandeling
- 200 voor uitplant op proefveld zavel na experimentele mishandeling
- 400 voor uitplant op proefveld zand met gedeeltelijke mishandeling (100 knollen per mishandelingsstap).

## Pectolytische bacteriën

Opkomstproblemen worden soms geassocieerd met besmettingen met pectolytische bacteriën (vaak 'Erwinia' genoemd) Het gaat hier om *Dickeya spp.* en drie soorten uit het genus *Pectobacterium*: *P. atrosepticum*, *P. parmentieri* en *P. brasiliense*. Voor pre-basis pootgoed heeft de NAK jarenlang een pilot uitgevoerd waarbij routinematig monsters onderzocht zijn op besmetting met pectolytische bacteriën. Hierdoor was een redelijk beeld van de mate van voorkomen van deze soorten aan het begin van de pootgoedkolom. De mate van besmetting bij partijen bestemd voor consumptieteelt was minder bekend. Om deze reden hebben projectpartners gevraagd om een groot aantal pootgoedpartijen met handelsklasse A en E van in het ketenproject gebruikte rassen te toetsen met de gangbare door de NAK uitgevoerde PCR-toets op besmetting met deze bacteriesoorten.

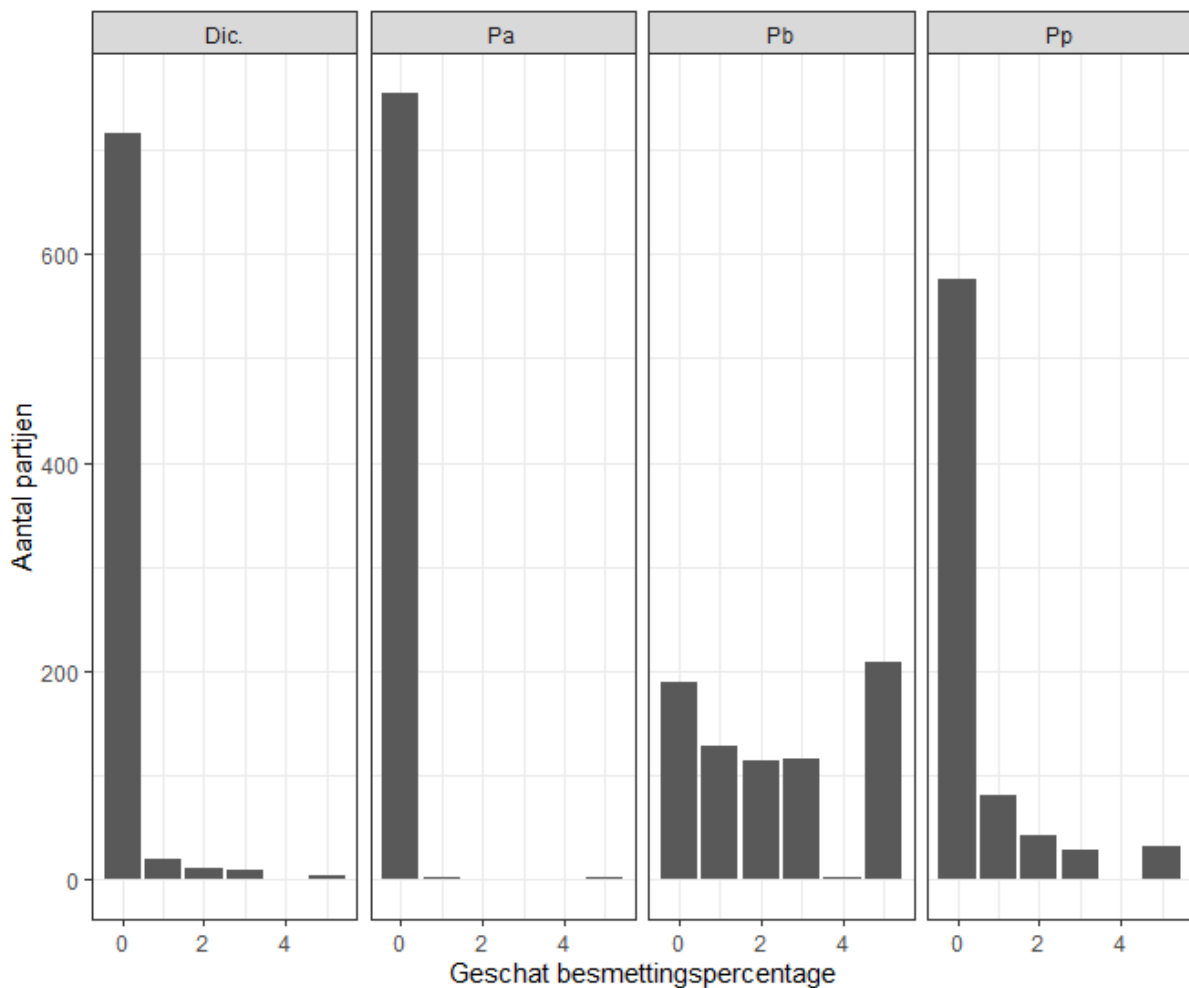


Figuur 27: Schematisch overzicht van het ketenproject in projectjaar 2019-2020.

## Bacterieonderzoek

Uiteindelijk zijn 761 partijen van drie rassen getoetst. Hieronder zijn de resultaten geaggregeerd over alle rassen. In verreweg de meeste gevallen is dit op het nacontrole monster voor virusonderzoek gedaan. Enkele partijen zijn apart bemonsterd voor bacterieonderzoek. In lijn met de verwachting gebaseerd op bekende prevalenties van bacteriebesmetting in pre-basispootgoed kwamen *Dickeya spp.* en *Pectobacterium atrosepticum* nauwelijks voor in de getoetste partijen (Figuur 28).

Besmettingen met *Pectobacterium brasiliense* en *Pectobacterium parmentieri* kwamen wel regelmatig voor. Voor *P. brasiliense* geldt zelfs dat partijen vaker wel dan niet besmet waren. Merk wel op dat de gebruikte PCR-toets besmetting met de soort aantoonde en niet of het een sterk virulent, minder virulent of zelf niet virulent type is. Voor *P. brasiliense* zijn er in andere onderzoeken grote verschillen in virulentie tussen bacteriestammen gevonden.



Figuur 28: Voorkomen van Pectolytische bacteriën *Dickeya spp.*(Dic.) en drie soorten uit het genus *Pectobacterium*: *P. atrosepticum* (Pa), *P. brasiliense* (Pb) en *P. parmentieri* (Pp). Het geschatte besmettingspercentage is berekend op basis van het aantal positief getoetste submonsters (50 knollen per submonster) en het totaal aantal getoetste submonsters (meestal 4) per partij. Uitzondering is wanneer alle submonsters besmet waren, dan is een besmettingspercentage van 5% geschat

## Stresstest: Onderdompelingstoets en omstandigheden klimaatcel

### Eerste stresstestronde (januari 2020)

In januari 2020 zijn door de NAK bij het kwaliteitscentrum van Agrico monsters van 268 partijen pootgoed aan een stresstest met onderdompeling blootgesteld (Tabel 1). De stresstest bestond uit 24 uur onderdompeling in leidingwater gevolgd door ongeveer 5-6 uur drogen in een goed geventileerde loods en daarna incubatie in klimaatcel op 20C en ca 80% relatieve luchtvochtigheid.

Tabel 1: Monsteraantallen in de eerste stresstestronde van seizoen 2020-21.

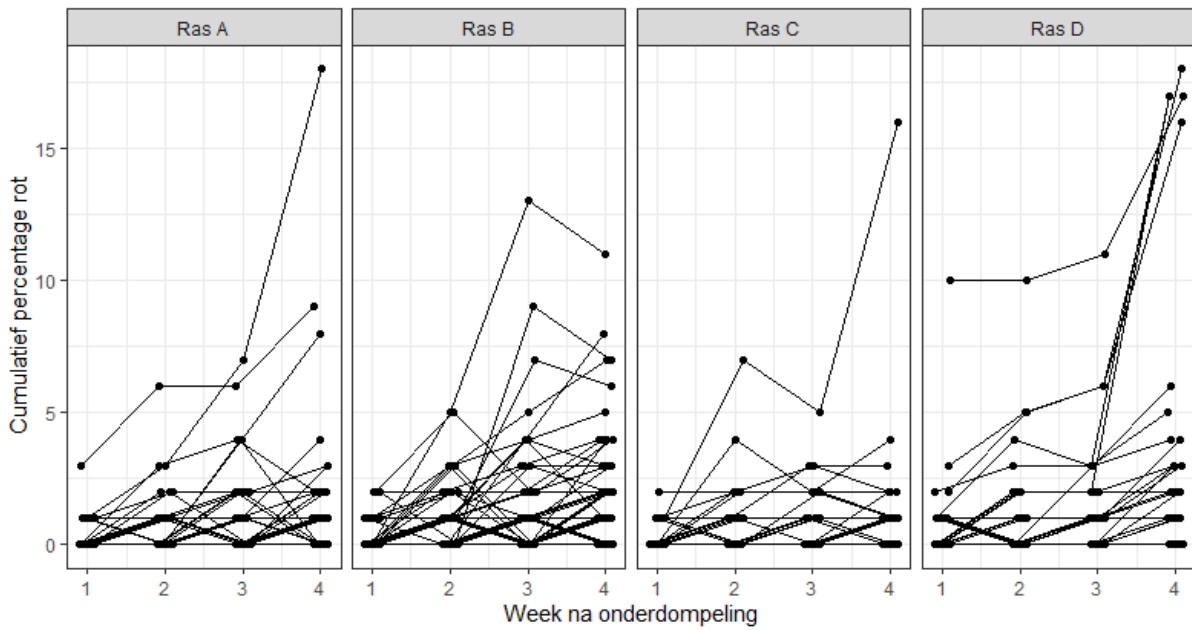
Ras	Aantal partijen getoetst door NAK	Aantal knollen per partij
Ras A	60	100
Ras B	60	100
Ras C	109	100
Ras D	39	100
<b>Totaal</b>	<b>268</b>	

Bij het inzetten van deze testronde waren we er van bewust dat 100 knollen per partij een relatief klein monster is om een goed discriminerend vermogen te hebben. In deze ronde was het echter van groot belang om een zeer groot aantal partijen te toetsen omdat uit voorgaande jaren bleek dat slechts een klein percentage van de pootgoedpartijen een zwakke uitgangskwaliteit heeft. Intensief onderzoek op grote aantallen sterke partijen is niet nodig voor het beantwoorden van de onderzoeksvragen binnen het project. Omdat we vooraf niet goed weten welke partijen zwak zijn, is het onvermijdelijk dat we toch een groot aantal sterke partijen onderzoeken in de eerste ronde. Door een getrapd traject probeerden we het onderzoek efficiënter uit te voeren. Deze eerste testronde is met name gebruikt om in het vervolgtraject relatief meer zwakke partijen te kunnen selecteren. Wij verwachtten door deze eerste ronde een hoger percentage zwakke partijen in de tweede ronde te kunnen krijgen dan bij willekeurige selectie.

Van elk ras waren er partijen met substantiële aantallen knollen die na verloop van tijd gingen rotten (Figuur 29 en Figuur 30). Natrotte knollen zijn steeds verwijderd na beoordeling. Droogrotte knollen zijn blijven liggen en de volgende week weer beoordeeld. De figuren tonen het cumulatieve aantal waargenomen rotte knollen. Het kan zijn dat een droogrotte knol in een latere week is gemist, of toch als beschadiging is geclassificeerd, waardoor het getelde cumulatief percentage rot in een enkel geval afneemt in een latere week.

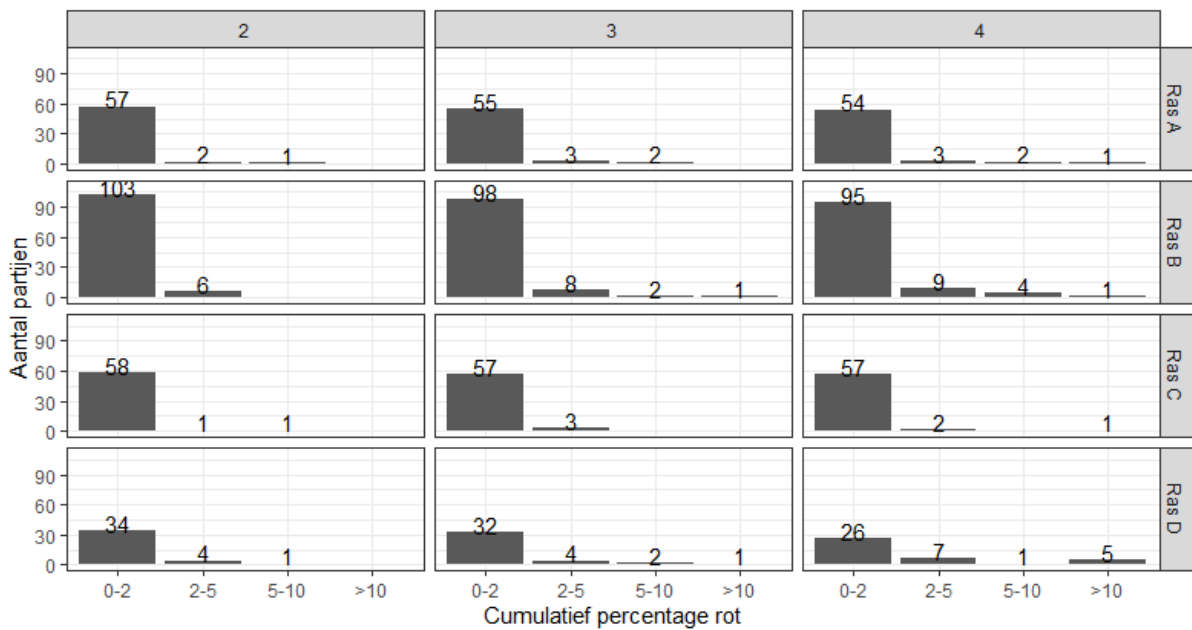


Cumulatief percentage rot per week (van 100 knollen)



Figuur 29: Cumulatief percentage rot per week in de eerste stresstest (onderdompingstoets op 100 knollen per partij)

Januaristresstest: Rot na 2, 3 en 4 weken



Figuur 30: Aantal partijen per 'rotcategorie' per week per ras in de eerste stresstest (onderdompingstoets op 100 knollen per partij).

## Tweede stresstestronde (februari 2020)

Partijen die geselecteerd waren op basis van de eerste stresstest in januari zijn in februari opnieuw bemonsterd en van elke partij is het monster opgesplitst in een deel voor een tweede stresstestronde in februari, een deel voor een derde stresstestronde in maart/april en een deel voor uitplant op proefvelden.

Tabel 2: Monsteraantallen in de tweede stresstestronde van seizoen 2020-21. Zie hoofdtekst voor beschrijving van de toetsen.

Ras	Aantal partijen getoetst door NAK	Aantal knollen dompeltoets	Aantal knollen vacuümtoets	Aantal knollen alleen incubatie
Ras A	26	2x100	2x100	2x100
Ras B	31	2x100	2x100	2x100
Ras C	28	2x100	2x100	2x100
Ras D	32	2x100	2x100	2x100
<b>Totaal</b>	<b>117</b>			

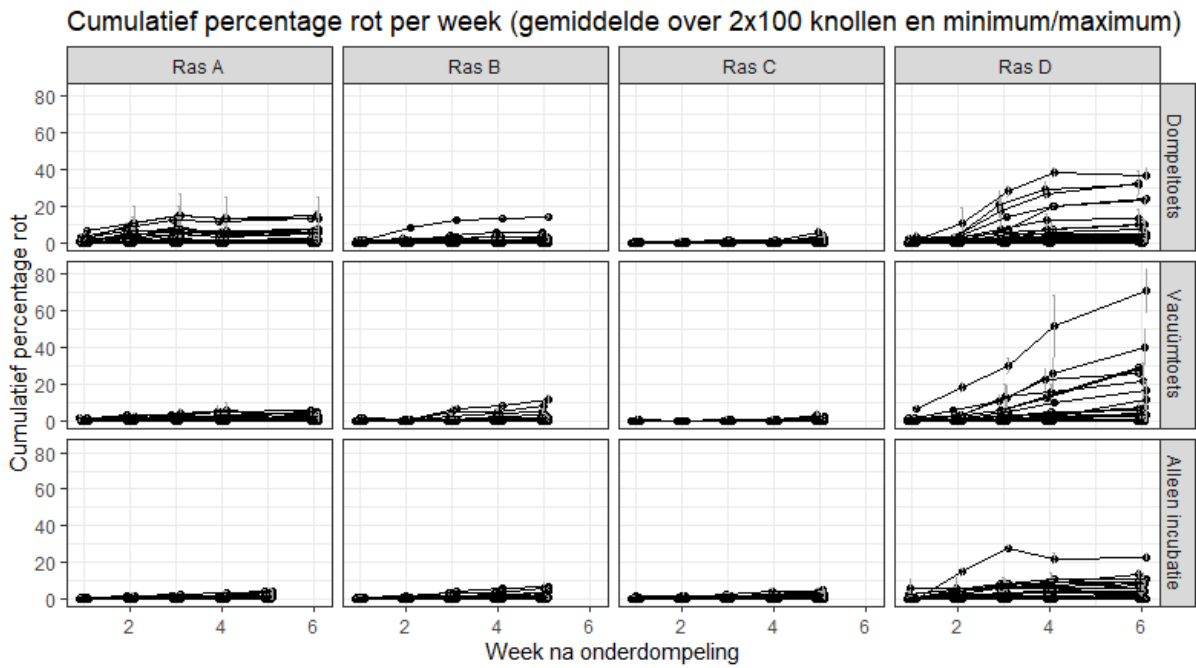
In deze tweede stresstestronde zijn twee testmethodes die in voorgaande jaar het meest beloftevol leken parallel uitgevoerd op 2x 100 knollen per testmethode en een derde experimentele testmethode met vacuümtrekken als alternatief voor onderdompeling. Alle testen zijn op 2x100 knollen uitgevoerd.

De drie testmethodes zijn:

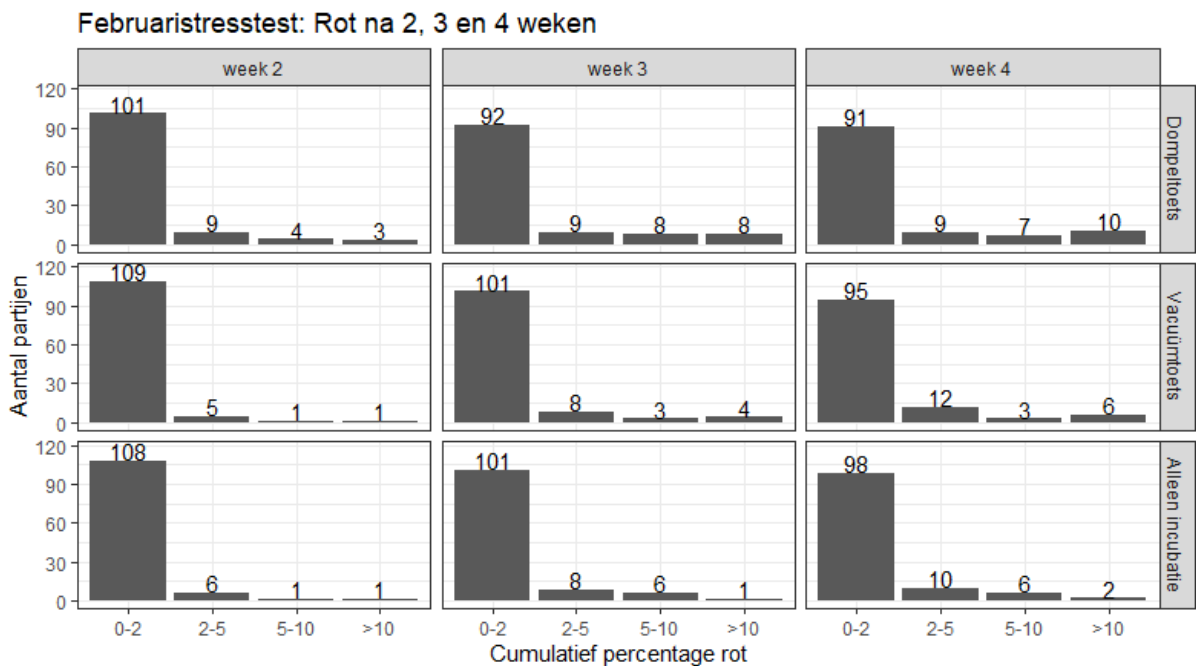
- 1) Dompeltoets: 24 uur onderdompeling in leidingwater gevolgd door ongeveer 5-6 uur drogen in een goed geventileerde loods en daarna incubatie in klimaatcel op 20C en ca 80% relatieve luchtvochtigheid.
- 2) Vacuümtoets: Ter verkenning van een alternatief voor onderdompeling. Knollen in een speciale plastic zak geplaatst, bevochtigd met een beetje water, vacuüm getrokken en luchtdicht afgesloten met een vacuümseal-apparaat. Na 24 uur afsluiting is zijn de knollen in kratjes geplaatst in een klimaatcel op 20C en ca 80% relatieve luchtvochtigheid.
- 3) Alleen incubatie: Incubatie in een klimaatcel op 23C en 95-100% relatieve luchtvochtigheid.

De uitvoering van de vacuümtoets bleek problematisch doordat het vacuümseal-apparaat op een gegeven niet meer functioneerde, waarschijnlijk vanwege oververhitting en doorbranden van elektrische circuit van het vacuümseal-apparaat. Resterende monsters zijn met een eenvoudig sealapparaat afgesloten, maar niet meer vacuümgetrokken. Het vacuüm sealen was beoogd als praktisch alternatief voor onderdompeling. In de uitvoer bleek dit niet efficiënter te zijn.

In de tweede stresstestronde zagen we dat één van de vier rassen nauwelijks rot toonde in alle drie de testmethodes (Figuur 31). Van de andere drie rassen waren er verschillende partijen met kleinere of grotere aantallen rot na enkele weken. Bij de vergelijking van de verschillende testmethodes viel op dat bij de dompeltoets relatief meer partijen een substantieel rotpercentage hadden dan bij de andere testmethodes (Figuur 32). Vooral bij de methode met alleen incubatie bleven de aantallen rotte knollen beperkt.



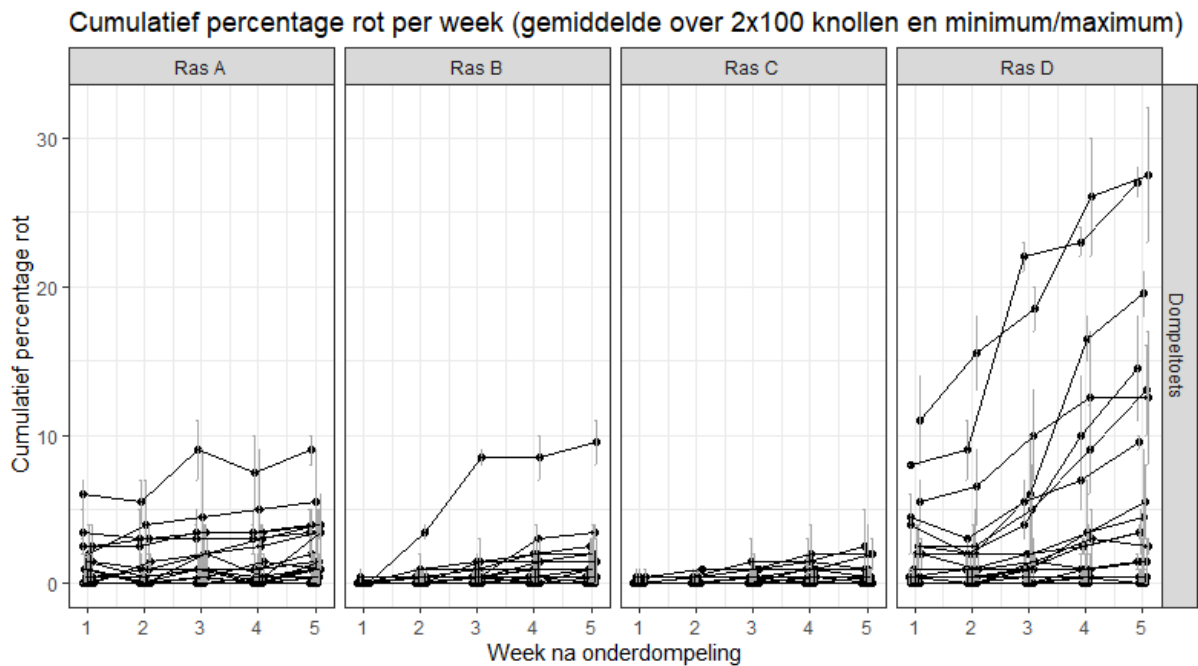
Figuur 31: Cumulatief percentage rot in de tweede stresstestronde voor drie verschillende stresstesten. Zie hoofdstekst voor beschrijving. Na drie á vier weken is er onderscheidend vermogen tussen partijen bij de dompeltoets en bij de vacuümtoets.



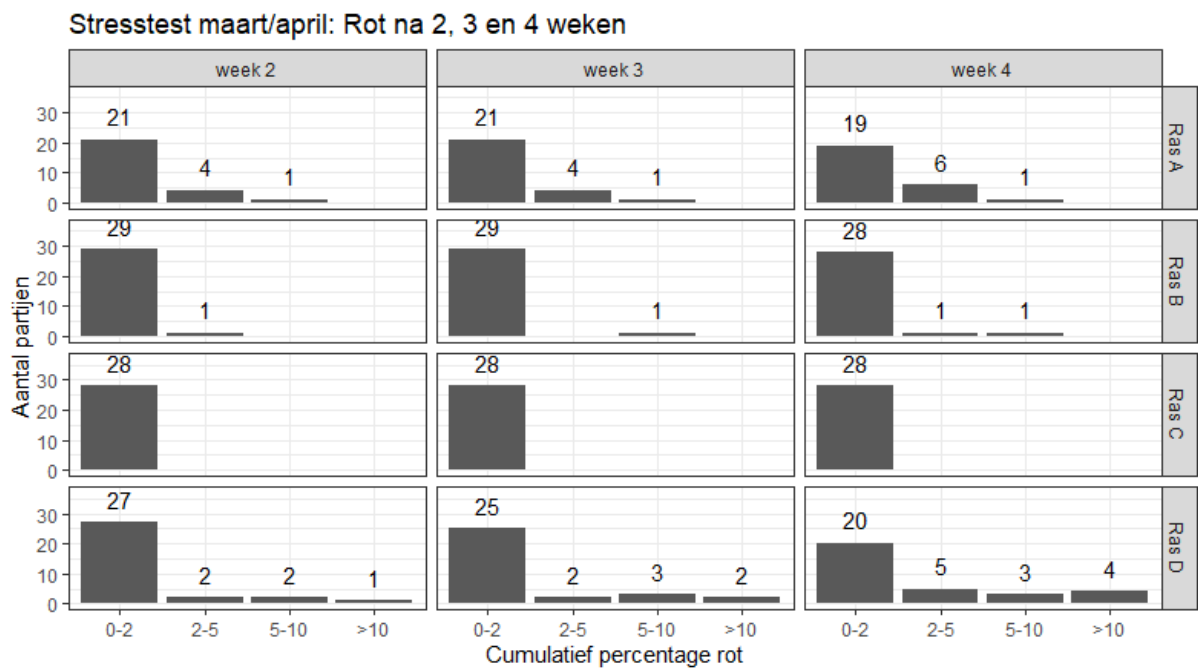
Figuur 32: Aantal partijen per 'rotcategorie' per week per ras in de tweede stresstestronde voor drie verschillende stresstesten (2x100 knollen per testmethode). In de test met alleen incubatie blijven de rotpercentages lager en is er minder onderscheidend vermogen tussen partijen.

Derde stresstestronde (maart/april 2020)

In derde stresstestronde is alleen een dospeltoets uitgevoerd. De resultaten waren vergelijkbaar met de resultaten van de tweede stresstestronde (zie Figuur 33 en Figuur 34 en Figuur 35).



Figuur 33: Cumulatief percentage rot in de derde stresstestronde (alleen een dospeltoets op 2x100 knollen per partij). Na twee á drie weken is er onderscheidend vermogen tussen partijen. De dikke punt geeft het gemiddelde over twee submonsters van 100 knollen. De foutbalkjes onder en boven de punt geven de laagste en hoogste score weer.



Figuur 34: Aantal partijen per 'rotcategorie' per week per ras in de derde stresstestronde (alleen een dospeltoets op 2x100 knollen per partij).

## Samenhang tussen testen

Bij het analyseren van de resultaten van de stresstesten viel op dat er nauwelijks samenhang bestond tussen de resultaten van de eerste stresstest enerzijds en de resultaten van de tweede en derde stresstest anderzijds (Figuur 35). De tweede en derde strestronde hadden wel zeer vergelijkbare resultaten. Pas na vier weken gaf de eerste stresstest een zwakke positieve correlatie met de test van ronde 2 (en in mindere mate met de test van ronde 3). Voor ronde 2 en 3 zagen we dat het patroon vergelijkbaar wordt vanaf 2 weken incubatie. De knollen voor de stresstesten van ronde 2 en 3 zijn tegelijk bemonsterd in februari 2020. De knollen voor de eerste stresstest zijn al in december 2019 bemonsterd (N.B. een deel van dit monster is gebruikt voor de stresstest, een ander deel is bewaard voor uitplant op de proefvelden). Tussen de bemonstering voor ronde 1 en de bemonstering voor ronde 2 en 3 heeft elke partij unieke bewaaromstandigheden bij de teler gehad. Ook de monstergrootte kan een rol spelen bij de gebrekkige correlatie van resultaten van de eerste ronde met de andere twee rondes. Vooral bij kleinere monsters (en de eerste ronde bevatte slechts 100 knollen per partij) kan toeval zorgen dat een correlatie minder duidelijk is. In ieder geval geven deze resultaten aan dat monsters van dezelfde partij genomen op verschillende momenten substantieel van elkaar kunnen verschillen. Bij het maken van een betrouwbare voorspelling vraagt goede bemonstering de aandacht.

	1_1	1_2	1_3	1_4	2_1	2_2	2_3	2_4	2_5	3_1	3_2	3_3	3_4	3_5
1_1	1	0,67	0,22	0,54	0	0,03	0,03	0,02	0,02	0,03	-0,02	-0,01	-0,01	-0,03
1_2	0,67	1	0,29	0,73	0,09	0,06	0,07	0,07	0,08	0,06	0,02	0,02	0,03	0,03
1_3	0,22	0,29	1	0,32	-0,03	-0,03	-0,03	-0,02	-0,02	-0,02	-0,04	-0,04	-0,05	-0,04
1_4	0,54	0,73	0,32	1	0,13	0,14	0,25	0,27	0,27	0,2	0,09	0,11	0,14	0,17
2_1	0	0,09	-0,03	0,13	1	0,72	0,57	0,48	0,49	0,35	0,35	0,33	0,3	0,3
2_2	0,03	0,06	-0,03	0,14	0,72	1	0,83	0,69	0,66	0,53	0,58	0,53	0,51	0,51
2_3	0,03	0,07	-0,03	0,25	0,57	0,83	1	0,95	0,93	0,79	0,81	0,82	0,79	0,79
2_4	0,02	0,07	-0,02	0,27	0,48	0,69	0,95	1	0,99	0,84	0,84	0,86	0,86	0,86
2_5	0,02	0,08	-0,02	0,27	0,49	0,66	0,93	0,99	1	0,82	0,81	0,83	0,84	0,84
3_1	0,03	0,06	-0,02	0,2	0,35	0,53	0,79	0,84	0,82	1	0,94	0,9	0,88	0,87
3_2	-0,02	0,02	-0,04	0,09	0,35	0,58	0,81	0,84	0,81	0,94	1	0,94	0,9	0,87
3_3	-0,01	0,02	-0,04	0,11	0,33	0,53	0,82	0,86	0,83	0,9	0,94	1	0,95	0,93
3_4	-0,01	0,03	-0,05	0,14	0,3	0,51	0,79	0,86	0,84	0,88	0,9	0,95	1	0,99
3_5	-0,03	0,03	-0,04	0,17	0,3	0,51	0,79	0,86	0,84	0,87	0,87	0,93	0,99	1

Figuur 35: Kruiscorrelaties tussen de stresstestresultaten van drie rondes dompeltoetsen (eerste cijfer voor de "\_", 1 = januari, 2 = februari, 3 = maart/april). De tabel geeft correlaties voor de cumulatieve resultaten per week van de betreffende ronde (aantal weken na onderdompeling is cijfer na de "\_"). N.B. week 5 en 6 zijn gecombineerd tot week 5). 2\_3 staat dus voor de score in week 3 van de tweede ronde.

De drie toetsen die parallel zijn uitgevoerd in de tweede stresstronde hadden vanaf de tweede week een sterke correlatie met elkaar en de correlatiecoëfficiënten bleven toenemen tot week 3 á 4 (Figuur 36). Daar leek de samenhang te stabiliseren. Deze samenhang geeft aan dat alle drie de testmethodes ongeveer dezelfde partijen aanwijken.

	1_1	1_2	1_3	1_4	1_5	2_1	2_2	2_3	2_4	2_5	3_1	3_2	3_3	3_4	3_5
1_1	1	0,72	0,57	0,48	0,49	0,26	0,23	0,25	0,26	0,24	0,14	0,31	0,29	0,34	0,38
1_2	0,72	1	0,83	0,69	0,66	0,49	0,53	0,53	0,54	0,49	0,03	0,43	0,48	0,48	0,52
1_3	0,57	0,83	1	0,95	0,93	0,66	0,75	0,77	0,81	0,78	0,1	0,66	0,71	0,73	0,78
1_4	0,48	0,69	0,95	1	0,99	0,66	0,78	0,83	0,88	0,87	0,11	0,74	0,79	0,83	0,85
1_5	0,49	0,66	0,93	0,99	1	0,62	0,73	0,79	0,85	0,85	0,15	0,73	0,77	0,83	0,85
2_1	0,26	0,49	0,66	0,66	0,62	1	0,91	0,8	0,8	0,78	0,06	0,78	0,81	0,72	0,72
2_2	0,23	0,53	0,75	0,78	0,73	0,91	1	0,91	0,92	0,87	0	0,85	0,89	0,82	0,81
2_3	0,25	0,53	0,77	0,83	0,79	0,8	0,91	1	0,98	0,95	0,01	0,84	0,91	0,89	0,87
2_4	0,26	0,54	0,81	0,88	0,85	0,8	0,92	0,98	1	0,97	0,05	0,84	0,91	0,89	0,88
2_5	0,24	0,49	0,78	0,87	0,85	0,78	0,87	0,95	0,97	1	0,09	0,82	0,89	0,89	0,87
3_1	0,14	0,03	0,1	0,11	0,15	0,06	0	0,01	0,05	0,09	1	0,36	0,24	0,25	0,27
3_2	0,31	0,43	0,66	0,74	0,73	0,78	0,85	0,84	0,84	0,82	0,36	1	0,96	0,93	0,89
3_3	0,29	0,48	0,71	0,79	0,77	0,81	0,89	0,91	0,91	0,89	0,24	0,96	1	0,97	0,92
3_4	0,34	0,48	0,73	0,83	0,83	0,72	0,82	0,89	0,89	0,89	0,25	0,93	0,97	1	0,96
3_5	0,38	0,52	0,78	0,85	0,85	0,72	0,81	0,87	0,88	0,87	0,27	0,89	0,92	0,96	1

Figuur 36: Kruiscorrelaties tussen de stresstestresultaten van drie testmethodes in ronde 2 (eerste cijfer voor de “\_”, 1 = dospeltoets, 2 = vacuümtoets, 3 = alleen incubatie klimaatcel 23C 95% rV). De tabel geeft correlaties voor de cumulatieve resultaten per week van de betreffende testmethode (aantal weken na inzetten in klimaatcel is cijfer na de “\_”). N.B. week 5 en 6 zijn gecombineerd tot week 5). 2\_3 staat dus voor de score in week 3 van de vacuümtoets.



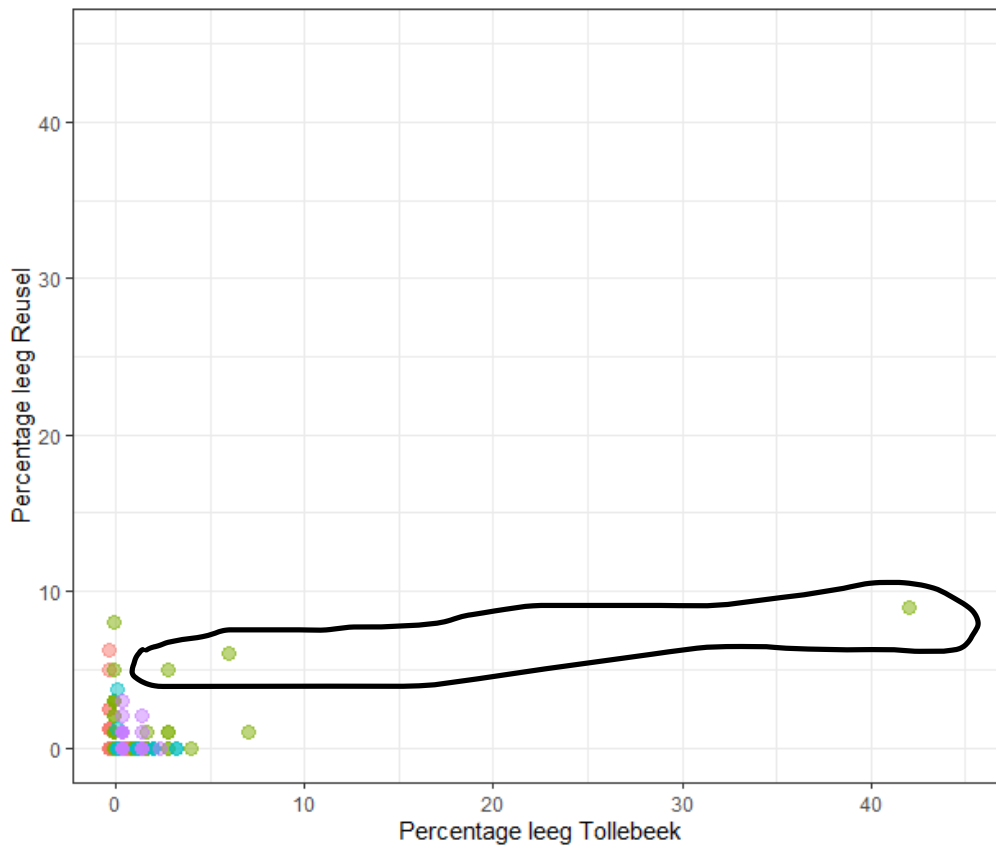
## Opkomstproblemen in het veld

In juni zijn op beide proefvelden handmatige tellingen uitgevoerd om van elke partij het percentage niet opgekomen planten, bacteriezieke planten en het aantal kleine (achterblijvende) planten te bepalen. Steekproefsgewijs is op lege plantplaatsen gegraven en de knoltoestand (geen knol, rottende knol, gezonde kiem etc.) genoteerd. Naast handmatige telling is er ook een telling op basis van dronebeelden uitgevoerd. Op een groot deel van de velden op het tweede perceel op zandgrond is de opkomst alleen op basis van dronebeelden bepaald. Dit vanwege zeer slechte begaanbaarheid na regenval in juni.

Verreweg de meeste pootgoedmonsters gaven een goede of acceptabele opkomst op de proefvelden. Op de proefvelden van het ketenproject zijn dit jaar alleen serieuze (>10% lege plekken) opkomstproblemen geweest op experimenteel mishandelde monsters en op monsters van een partij met glyfosaatverontreiniging. Deze glyfosaatverontreiniging werd bij de opkomstbeoordeling vermoed op basis van het kiembeeld en is later bevestigd door het handelshuis. Bij de stresstesten was echter geen enkele aanwijzing voor glyfosaatverontreiniging. Alle partijen toonden bij incubatie een acceptabel kiembeeld.



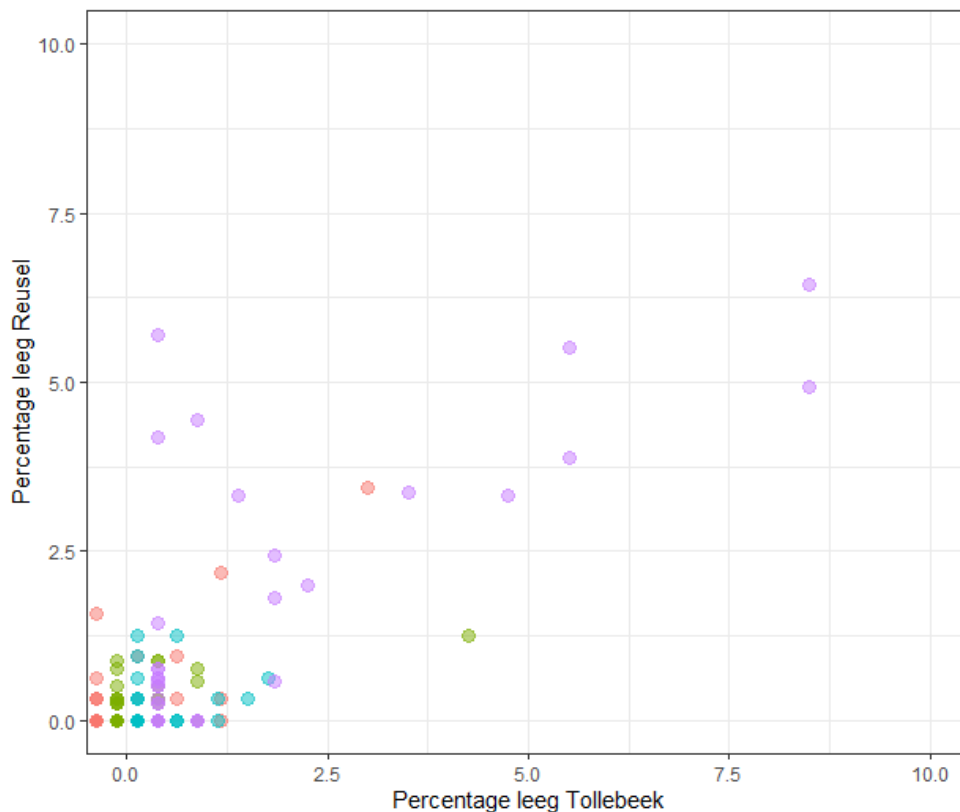
*Figuur 37: Opkomstbeeld en kiembeeld van niet bovengekomen kiemen bij monster van een partij waar moederplanten blootgesteld waren aan glyfosaatverontreiniging.*



*Figuur 38: Percentage opkomstproblemen bij de monsters van de eerste bemonsteringsronde (100 knollen per partij per proefveld). Kleuren geven verschillende rassen weer. De omcirkelde drie monsters kwamen van een teler waarbij in ieder geval op één perceel glyfosaatverontreiniging is geweest. Alle overige partijen tonen geen samenhang tussen de opkomst op de twee proefvelden.*

De opkomst van de monsters die in februari gehaald zijn was in alle gevallen boven de 90%. Hier was wel een duidelijke samenhang tussen de opkomst op het zandperceel en de opkomst op het zavelperceel (Figuur 39). De partijen met een iets groter percentage lege plekken (ca. 5%) kwamen bijna allemaal van één ras. Opvallend was hierbij dat sommige partijen het iets slechter deden op het zandperceel (ca. 5% lege plekken) terwijl de opkomst op het zavelperceel niet afweek van de opkomst van de meeste andere partijen (ca. 1% lege plekken).





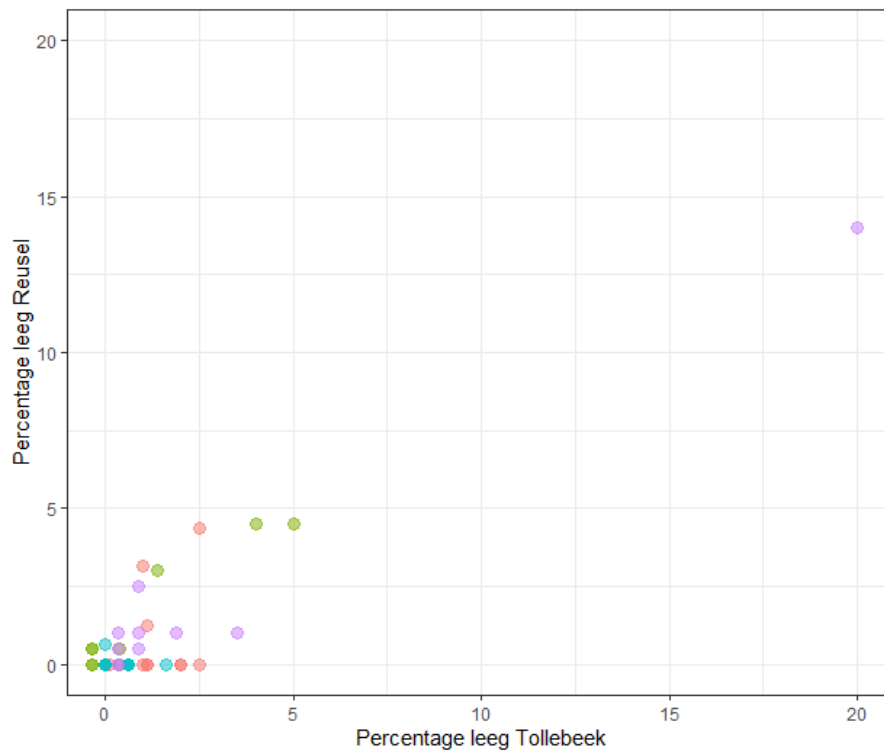
Figuur 39: Percentage opkomstproblemen bij de monsters van de tweede bemonsteringsronde (200 knollen per partij op proefveld Tollebeek en 400 knollen op proefveld Reusel). Kleuren geven verschillende rassen weer. Er is een redelijke samenhang tussen de opkomst op de twee locaties. De percentages lege plekken bleven beperkt tot maximaal ca. 8%.

Alle voorgaande monsters zijn op beide proefveldlocaties met een vergelijkbare proefveldplantmachine uitgeplant. Daarna was het moment van rugopbouw volgens de gebruikelijke handelswijze van de proefveldeigenaar, dezelfde dag als planten op het zandperceel en ca 10 dagen na het planten op het zavelperceel. Van 39 pootgoedpartijen is ook nog een derde monster genomen in maart 2020. Deze monsters zijn gebruikt om de invloed van keteninvloeden te bepalen. Eén van deze keteninvloeden was het moment van aanfreezen van de ruggen. Op elke proefveld zijn 2x100 knollen van deze 39 partijen uitgeplant en heeft de rugopbouw andersom plaatsgevonden, Ca 10 dagen later op het zandperceel en vlak na het planten op het zavelperceel.

#### *Effect van vroege en late rugopbouw*

Onze insteek was dat het uitgeplante monsters van de tweede bemonsteringsronde als controle zouden dienen om het effect van aanfreesmement te bepalen. Hierbij waren we ervan uitgegaan dat de uitgangskwaliteit van een partij niet of nauwelijks zou veranderen tussen begin februari en half maart. Of in ieder geval dat de kwaliteitsverandering vergelijkbaar zou zijn voor de bij de pootgoedteler bewaarde knollen en voor het ketenproject bij het Agrico Quality Centre bewaarde knollen. Dit bleek niet het geval te zijn. Eén partij deed het duidelijk slechter uit de derde bemonsteringsronde dan uit eerdere bemonsteringsronden. Deze partij deed het slechter op zowel het zand- als het zavelperceel en de verslechtering kan daardoor niet aan het aanfreesmement liggen. Analyse van de data gaf verder geen aanwijzing voor een groot effect van tijdstip van rugopbouw. Zoals aangegeven is het experiment niet helemaal geschikt voor deze analyse door afwezigheid van een controlemonster uit dezelfde bemonsteringsronde. Overigens zou een verschil tussen vroege en late rugopbouw ook veel minder verwacht worden in een warm en droog voorjaar

zoals in 2020. Het kan goed zijn dat er in een koud en nat voorjaar wel een groot verschil zou zijn geweest.



*Figuur 40: Percentage opkomstproblemen bij de monsters van de derde bemonsteringsronde (200 knollen per partij per proefveld). Kleuren geven verschillende rassen weer. Er is een redelijke samenhang tussen de opkomst op de twee locaties. Na uitplant heeft de rugopbouw op een afwijkend moment plaatsgevonden: Vlak na planten op Tollebeek (zavel) en ca. 10 dagen na planten op Reusel (zand). Een effect van aanfreesmoment kon niet goed geanalyseerd worden omdat er bij sommige partijen duidelijk verslechtering van de uitgangskwaliteit is geweest tussen de tweede en derde bemonsteringsronde.*

### *Experimentele mishandeling*

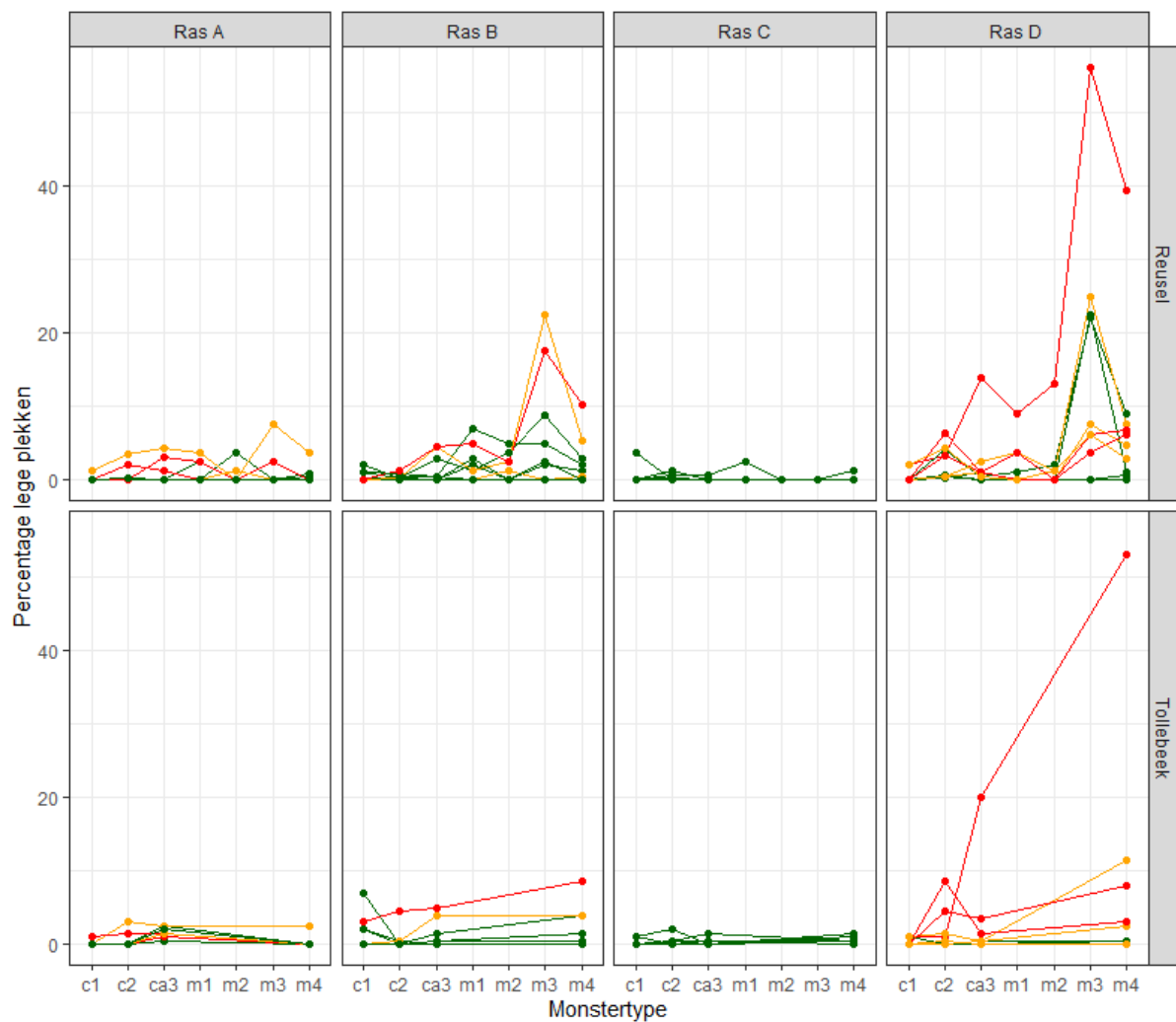
Uit de derde bemonsteringsronde zijn naast de submonsters met een afwijkend moment van rugopbouw ook submonsters genomen die blootgesteld zijn aan een experimentele mishandeling voor uitplant. Deze experimentele behandeling bestond uit de volgende stappen:

1. **Opwarmen-terugkoelen.** Vanuit de bewaarcel (5C) naar 9C cel. Na een paar dagen weer terug naar 5C
2. **Transportnabootsing.** Vanuit koude cel ca. 5 uur in warme vochtige cel (23C 95% rV)
3. **Vallen.** Vallen tijdens transportnabootsing vanaf ca 130 cm op een betonnen vloer bedekt met een polyprop zak
4. **Suboptimale bewaring.** 2,5 weken bewaard in polyprop zak in bewaarcel met temperatuurwisseling (dag 17C, nacht 5C en weekend 9C)

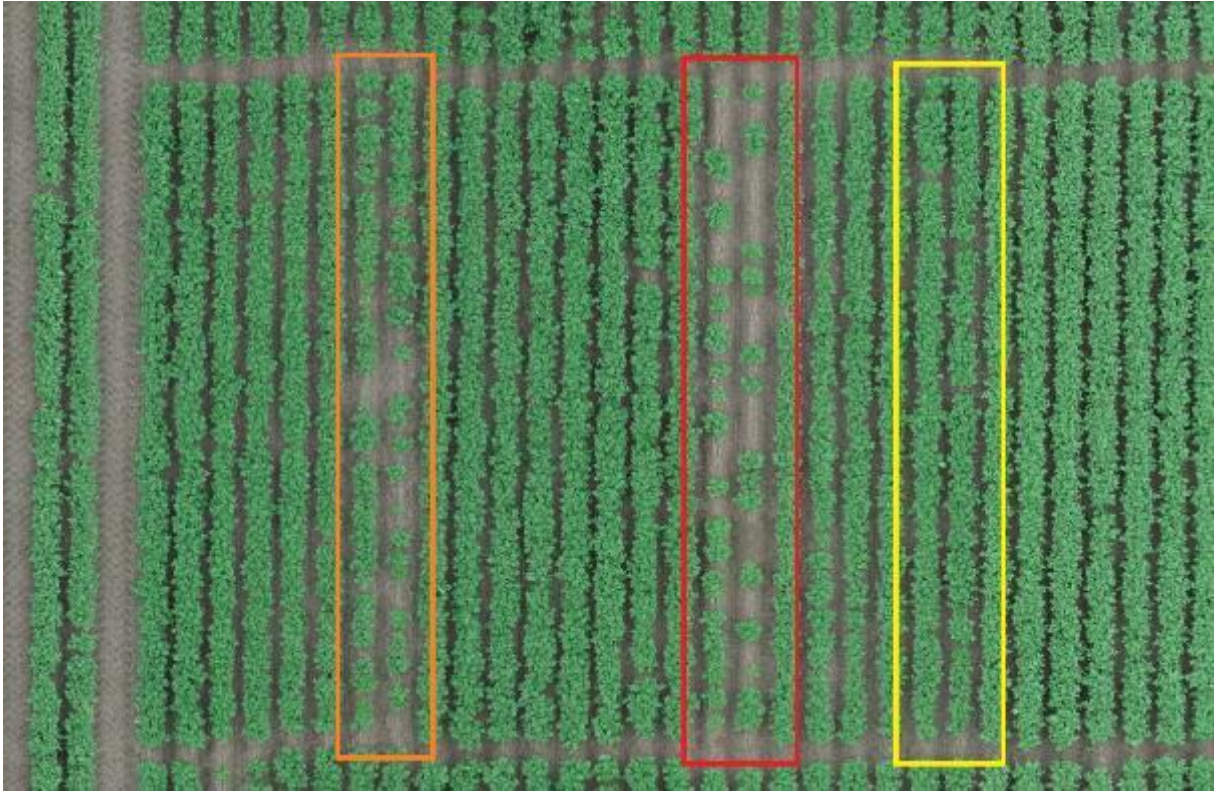
Omdat het proefveld op leem uit was gevallen waren er extra submonsters over. Deze vier extra submonsters van 100 knollen per partij hebben een gedeeltelijk mishandelingstraject ondergaan (alleen stap 1, stap 1-2, stap 1-3 en stap 1-4) en zijn op proefveld Reusel (zand) uitgeplant.

De meeste partijen geven zelfs na mishandeling een goede opkomst, maar enkele partijen lieten na mishandeling een groter percentage lege plekken zien dan zonder mishandeling. Zoals in voorgaande sectie beschreven miste er een goed controlemonster uit dezelfde bemonsteringsronde omdat er een voor sommige partijen sowieso een kwaliteitsverschil was tussen de monsters uit bemonsteringsronde 1 en bemonsteringsronde 2. Onder aanname dat aanfreemoment dit jaar geen invloed had, zou het monster met een ander moment van aanfreezen uit de derde bemonsteringsronde als controle kunnen dienen. In zekere mate geldt hetzelfde voor de monsters die slechts een gedeeltelijke mishandeling hebben ondergaan. Figuur 41 toont van de 39 partijen in de derde bemonsteringsronde de opkomstproblemen (percentages lege plekken) van alle uitgeplante monsters uit alle bemonsteringsrondes. Voor proefveld Reusel zijn ook opkomstproblemen van submonsters met een gedeeltelijk mishandelingstraject zichtbaar. Hierin is te zien dat de eerste stap van het mishandelingstraject en het afwijkend moment van rugopbouw geen duidelijk effect op de opkomst hebben (alle mishandelde monsters hebben een voor de locatie gangbaar moment van rugopbouw). Wel lijken er voor sommige partijen meer opkomstproblemen te zijn wanneer het monster later is geraapt. De monsters die langer bij het Agrico Quality Centre bewaard zijn, hebben meestal een betere opkomst dan de knollen die langer bij de pootgoedteler gelegen hebben. Dit is niet uniform het geval. Er zijn ook partijen waarvan het maartmonster een betere opkomst gaf dan het januarimonster.

Uit de opkomstcijfers van de submonsters met gedeeltelijke mishandeling blijkt dat vooral het valgedeelte van het mishandelingstraject de opkomst kan verslechteren. Opvallend was dat monsters die na het vallen 2,5 weken zogenaamd 'suboptimaal' bewaard werden (wisselende temperatuur in polypropzak, code m4 in Figuur 41) vaak een betere opkomst gaven dan de monsters die na de valbehandeling terug waren gezet in de koelcel werden (5C, bewaring in netzak, code m3 in Figuur 41). Blijkbaar was het 'suboptimale' bewaarregime gunstiger voor de wondheling dan bewaring in de koelcel. Achteraf gezien lijkt dit logisch. Wondheling gaat beter bij hogere temperatuur en hogere relatieve luchtvochtigheid. Naast de hogere temperatuur zorgt bewaring in een polypropzak waarschijnlijk voor een hogere relatieve luchtvochtigheid rondom de knollen dan de bewaring in een netzak.



Figuur 41: Opkomstproblemen van alle monsters uit alle bemonsteringsrondes van partijen die in de derde ronde bemonsterd zijn. c1: decembermonster; c2: januarimonster; ca3-m4: maartmonster; ca3: ander moment van rugopbouw; m1-4: cumulatieve mishandelingen. Lijnen verbinden datapunten van monsters van dezelfde partij. De kleur van de lijn is indicatief voor de score in week 4 van de in februari ingezette dospeltoets met groen voor goede scores, rood voor slechte scores en oranje voor tussenliggende scores.



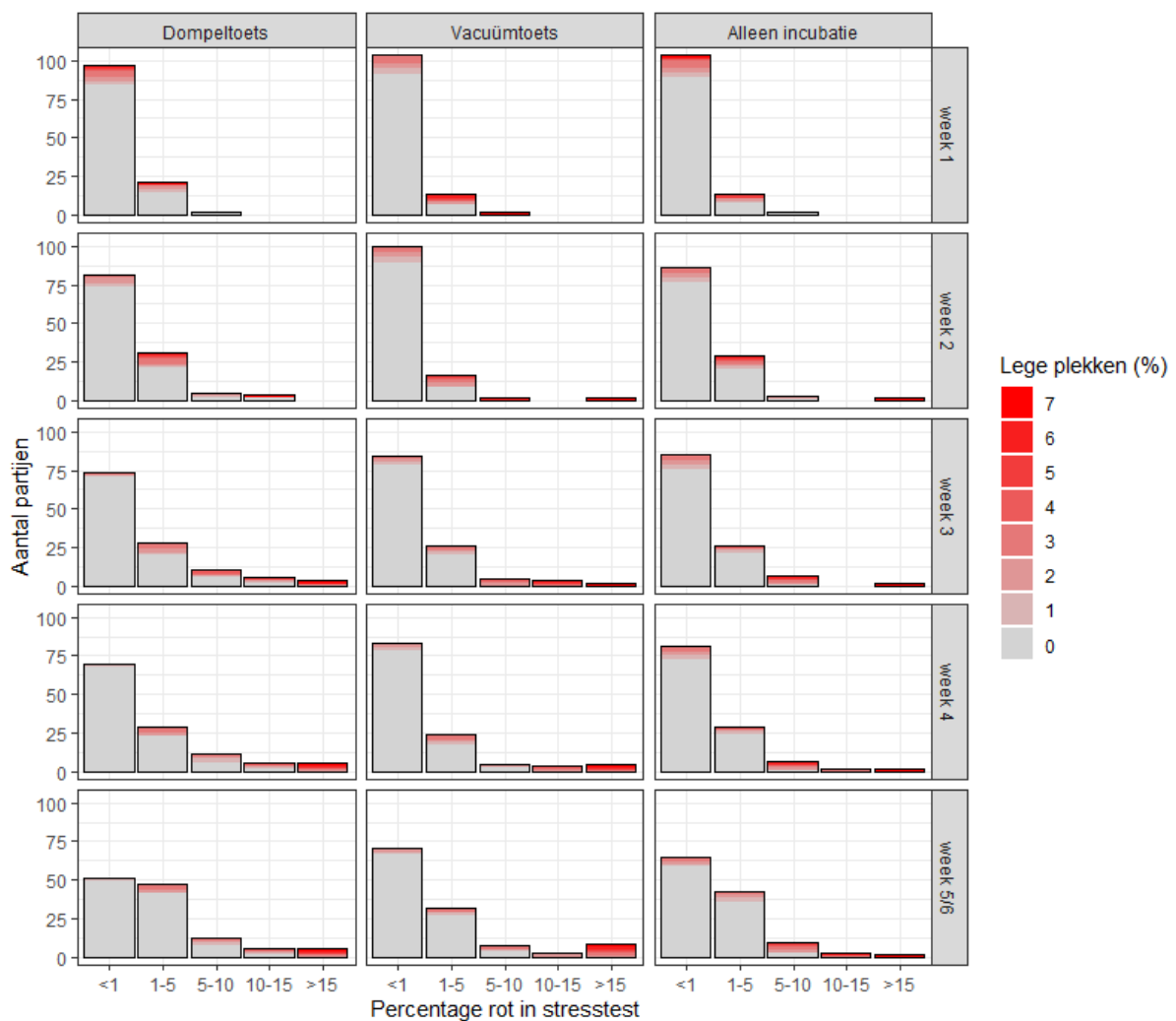
*Figuur 42: Drie monsters van dezelfde partij uitgeplant op proefveld Tollebeek in 2020. Geel is een monster in december genomen en daarna gecontroleerd optimaal bewaard. Oranje is een monster genomen in maart. Rood is een monster genomen in maart en daarna blootgesteld aan experimentele mishandeling waarbij het pootgoed een val van ca 130 cm maakte. Merk op dat de meeste monsters ook na experimentele mishandeling een goede opkomst hadden.*

De conclusies van het experiment met experimentele mishandeling zijn:

- De meeste partijen tolereren negatieve keteninvloeden, maar soms verslechtert de opkomst dramatisch.
- In deze gevallen is vooral het vallen (mogelijk in combinatie met condens!) verantwoordelijk voor de verslechterde opkomst.
- Warme bewaring na vallen beperkt mogelijk de verslechtering van kwaliteit door valschade. Waarschijnlijk komt dit door een betere wondheling.
- Een slechte stresstestscore is een aanwijzing dat een partij ook slechter tegen experimentele mishandeling kan.

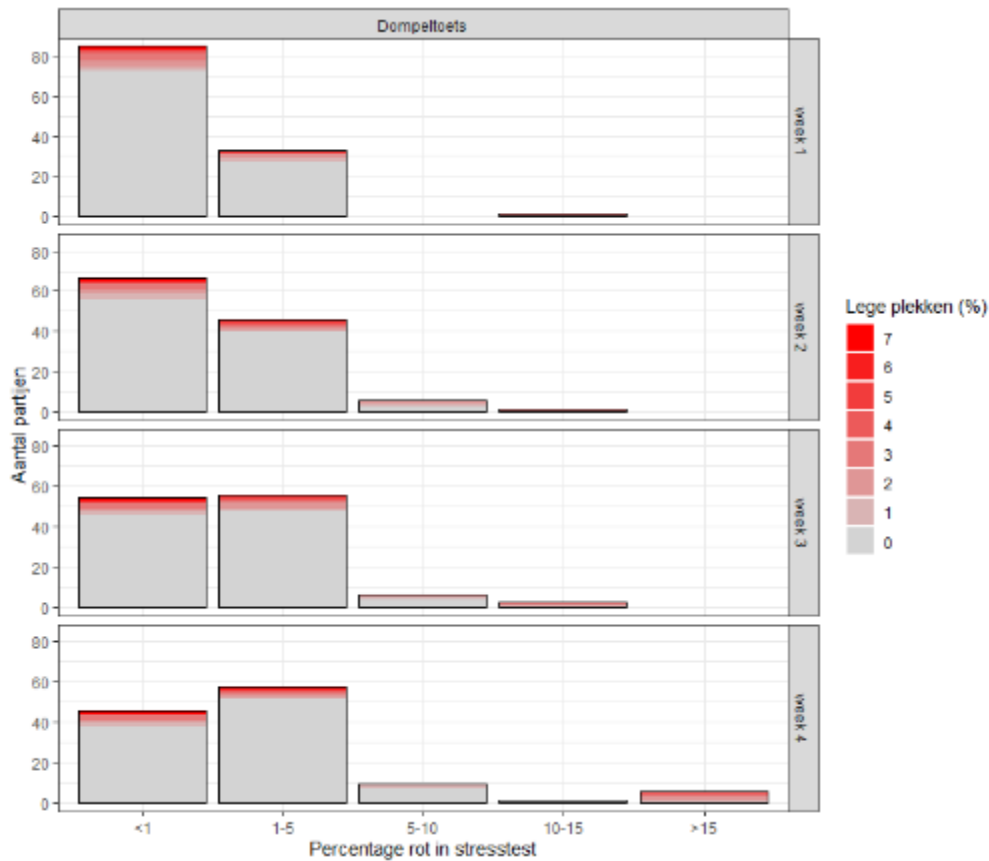
Voorspellend vermogen van de stresstest voor opkomstproblemen op de proefvelden

De beste dataset voor het beoordelen van het voorspellend vermogen van de stresstest komt uit de tweede bemonsteringsronde. Hiervan waren 3x200 knollen gebruikt voor drie verschillende stresstesten in februari en waren 3x200 knollen gebruikt voor uitplant op proefvelden. In onderstaande figuren is steeds gewerkt met de gemiddelde opkomst op alle proefvelden. In de analyse zien we voor alle testmethodes een zeker voorspellend vermogen voor de opkomst op proefvelden vanaf ca. twee weken (Figuur 43). Dit voorspellend vermogen lijkt toe te nemen tot ca. 4 weken en blijft dan stabiel. De dospeltoets lijkt het duidelijkst een onderscheid te maken tussen sterkere en zwakkere partijen. Partijen met <1% rot in de stresstest na drie weken vertonen praktisch geen opkomstproblemen op de proefvelden. Voor de toets met alleen incubatie bleken enkele partijen geen of nauwelijks rot te tonen in de stresstest maar wel (beperkte) opkomstproblemen op de proefvelden.



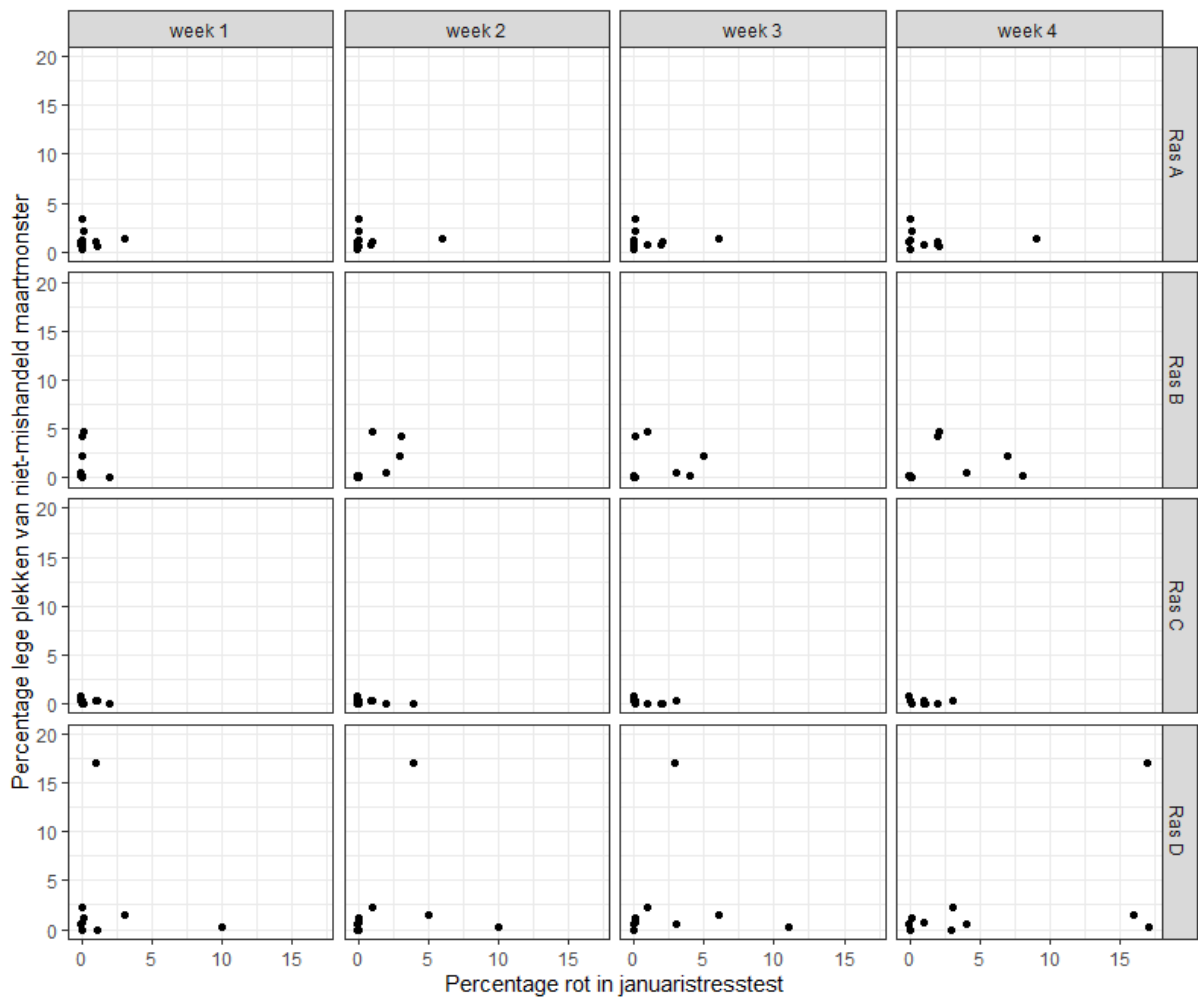
Figuur 43: Relatie tussen het aantal rot in de stresstesten van de tweede ronde (februari 2020, 200 knollen per stresstest) en het gemiddelde percentage lege plekken op de proefvelden voor 117 pootgoedpartijen van vier rassen (in totaal 600 knollen per partij geplant). Het gaat hier om monsters die in februari zijn genomen en toen uitgesplitst zijn in een deel bestemd voor de stresstest en een deel bestemd voor uitplant op proefvelden. In de stresstestbeoordeling zijn sommige rassen de laatste keer beoordeeld na vijf weken, andere rassen na zes weken. Deze laatste beoordelingsronde is in de analyse gecombineerd.

Het voorspellend vermogen van de in maart/april 2020 uitgevoerde dompeltoets was vergelijkbaar met het voorspellend vermogen van de in februari uitgevoerde toets. De resultaten van de januaristresstest hadden echter nauwelijks voorspellend vermogen voor de opkomst op de proefvelden (Figuur 44). Dit kan te maken hebben met de kleine monstergrootte in de januaristresstest (100 knollen), maar ook met een kwaliteitsverandering van de partij tussen december 2019 en eind januari 2022.



Figuur 44: Voorspellend vermogen van de januaristresstest (op decembermonster, 100 knollen per partij) voor de opkomst van het later genomen januarimonster (uitplant 600 knollen per partij)..

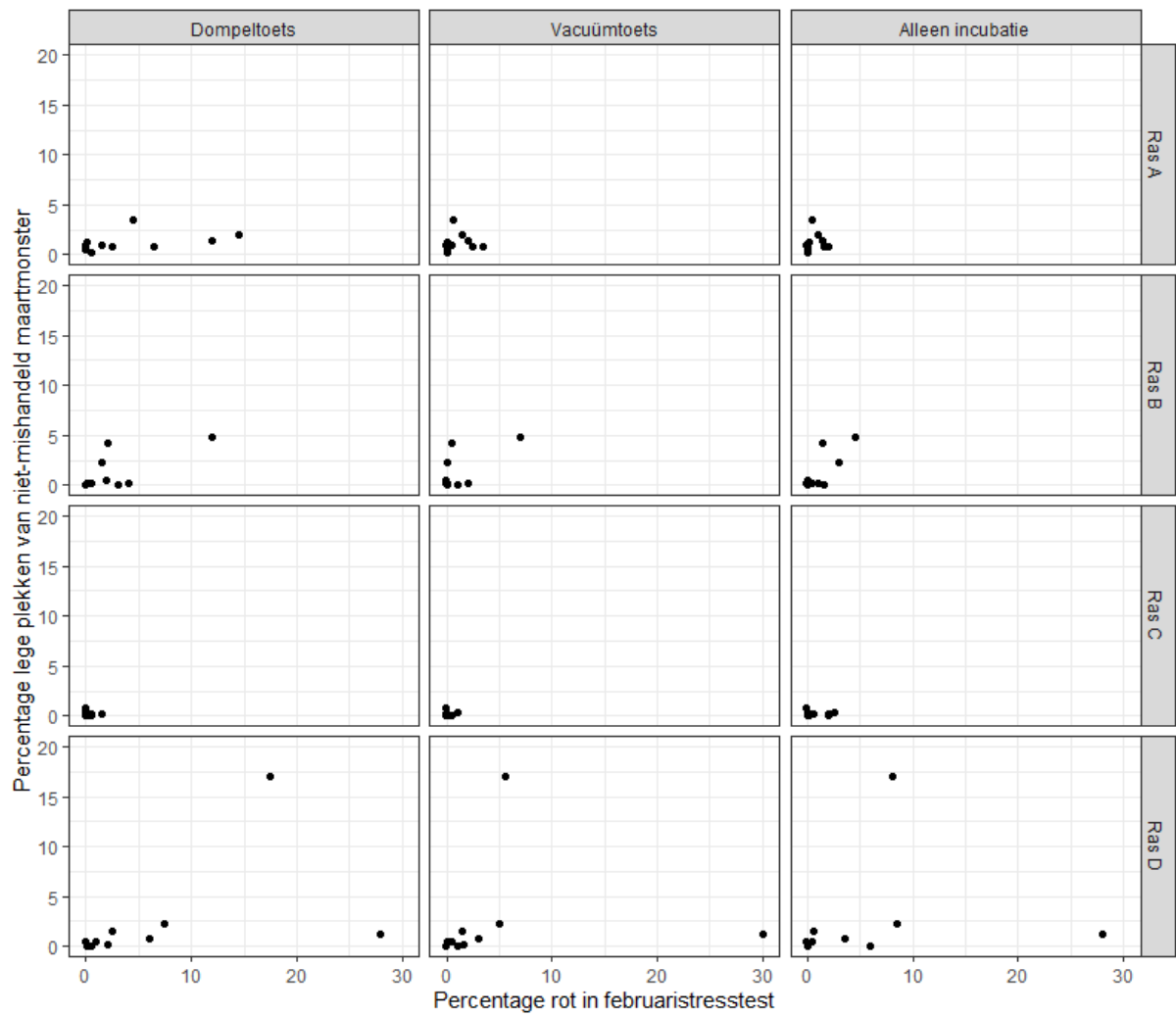
Uiteindelijk zijn we geïnteresseerd in hoe goed een stresstest de uitgangskwaliteit rond het moment van uitplanten voorspelt, inclusief eventuele kwaliteitsverandering die tussen januari en april heeft plaatsgevonden. Van de 39 partijen die half maart zijn bemonsterd, had één partij een opvallend slechte opkomst (ook zonder experimentele mishandeling). Deze partij viel wél negatief op in de januaristresstest na 4 weken incubatie, ook al was die test op het decembermonster uitgevoerd.



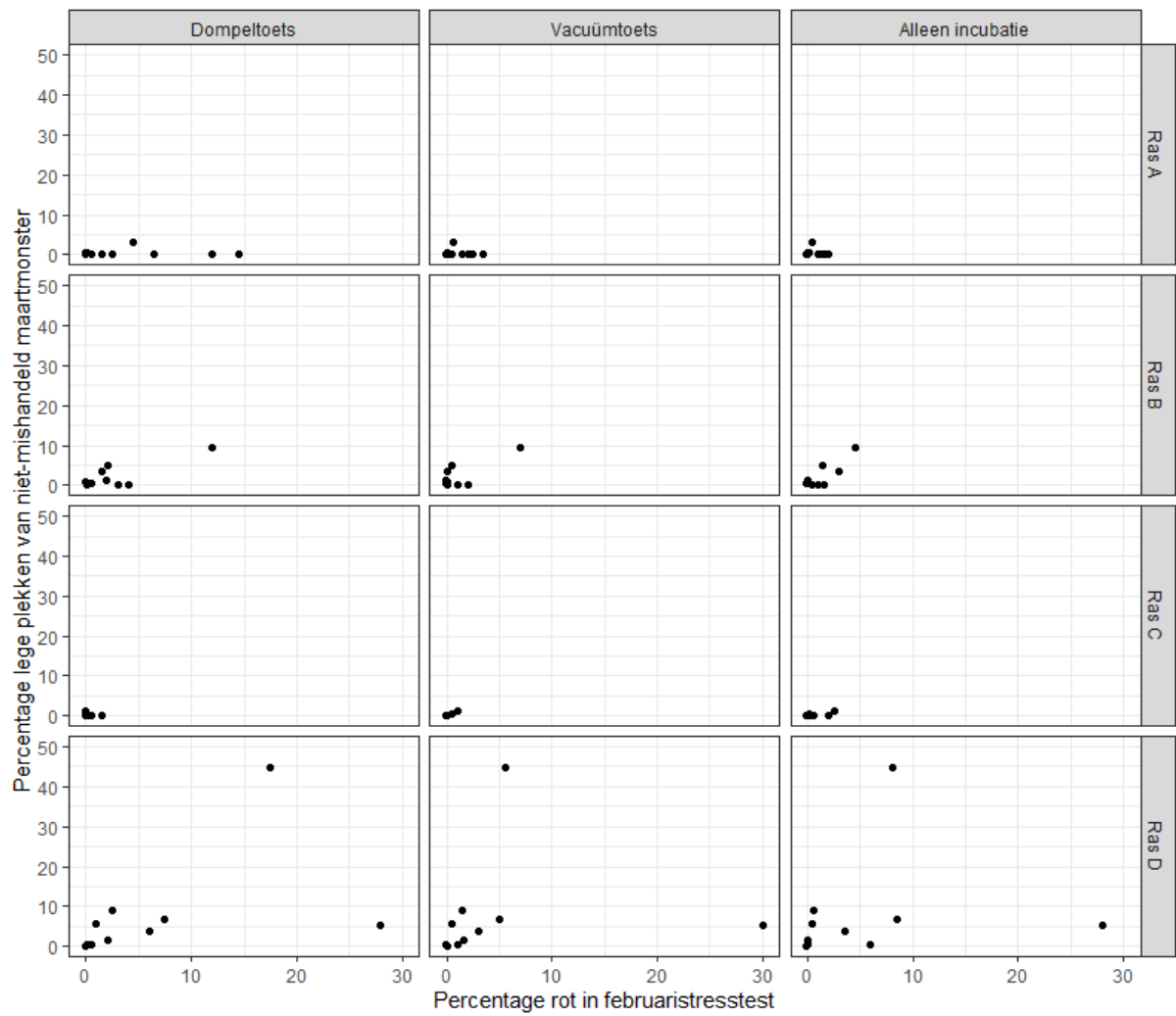
Figuur 45: Voorspellend vermogen van de januaristresstest (op 100 knollen) voor de opkomst op de proefvelden van een in maart genomen monster. Het figuur toont de opkomst van niet-mishandelde maartmonsters. De partij met een slechte opkomst heeft een relatief slecht score in de stresstest. Er zijn echter ook een aantal partijen met een slechte score die nauwelijks problemen geven op de proefvelden.

De zwakkere partij van de in maart bemonsterde partijen had ook in de februaristresstest relatieve slechte scores in de stresstesten (Figuur 46). Wanneer we kijken naar de mishandelde monsters uit laatste bemonsteringsronde, zien we ook een redelijk voorspellend vermogen van de februaristresstesten (Figuur 47 en Figuur 41). Opvallend is dat voor Ras A extreme uitslagen in de dospeltoets niet of nauwelijks gerelateerd zijn aan opkomstproblemen in het veld. Voor de andere drie rassen lijkt de dospeltoets wel een redelijk voorspellend vermogen te hebben.





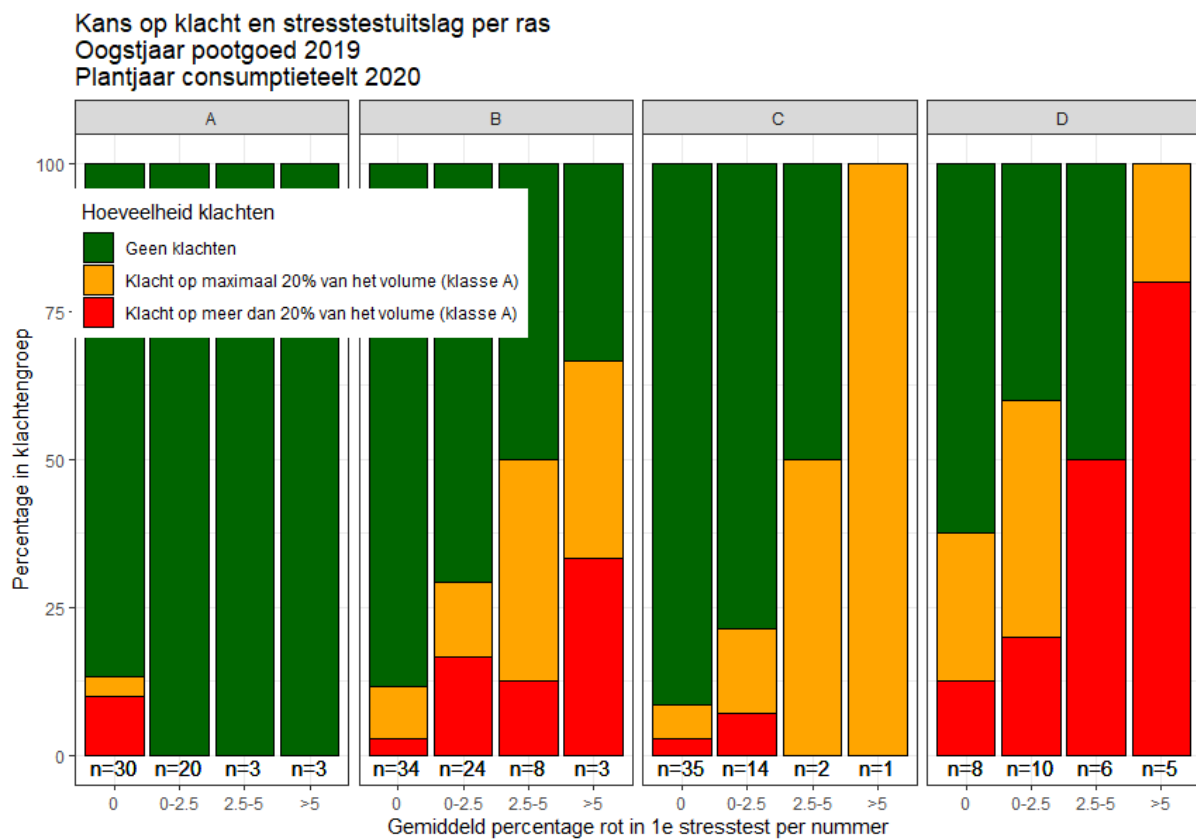
Figuur 46: Relatie tussen de scores in de februaristresstesten (na 3 weken, 200 knollen per toets) en de opkomstproblemen van de niet-mishandelde monsters uit bemonsteringsronde van maart (gemiddeld over alle proefvelden).



Figuur 47: Relatie tussen de scores in de februaristresstesten (na 3 weken, 200 knollen per toets) en de opkomstproblemen van de mishandelde monsters uit bemonsteringsronde van maart (gemiddeld over alle proefvelden).

## Voorspellend vermogen van de stresstest voor opkomstproblemen in de praktijk

Klachten zijn meestal niet herleidbaar tot specifieke partijen, alleen tot een NAK-telernummer en een ras en klasse. Hierdoor is de koppeling tussen praktijkklachten en stresstestresultaten minder goed dan tussen de stresstestresultaten en de opkomst op de proefvelden. Toch kwamen de uitslagen van de stresstest op het decembermonster voor drie van de vier rassen redelijk overeen met de NAK-telernummers waar later klachten over zijn teruggemeld door pootgoedafnemers en/of geconstateerd zijn door handelshuizen (Figuur 48). Voor het ras met de meeste stresstestuitslagen met meer dan 5% rot in de januaristresstest werd op 100% van de nummers met deze slechte uitslagen in de stresstest 1 of meer klachten gemeld. Voor twee andere rassen op meer dan de helft van de nummers met gemiddeld meer dan 5% rot in de getoetste monsters met het betreffende telernummer. Op een vierde ras waren dit jaar nauwelijks klachten gemeld, en zelfs helemaal niet op de nummers met slechte stresstestuitslagen. Merk hier bij op dat de droge en warme weersomstandigheden in het voorjaar van 2020 zeer gunstig zijn geweest voor een goede opkomst. Zwakkere partijen die nu een goede opkomst hadden, zouden mogelijk in een kouder en natter voorjaar wel problemen kunnen geven.

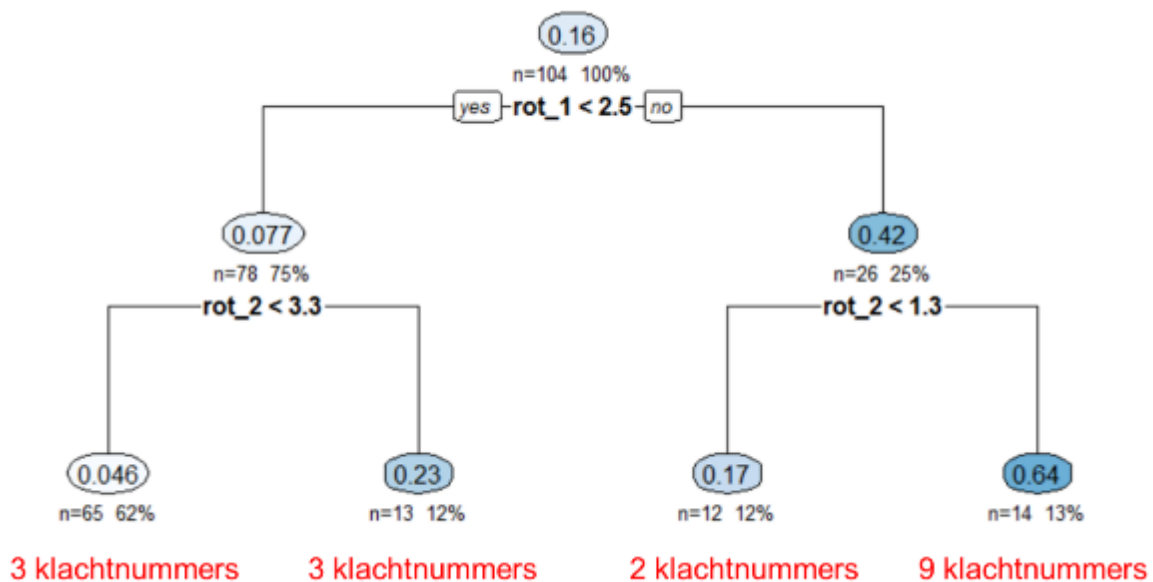


Figuur 48: Relatie tussen de kans op teruggemelding van een opkomstklacht op NAK-nummers en het gemiddelde percentage rot na 4 weken in de eerste stresstest op de getoetste partijen van een NAK-telernummer. Merk op dat de koppeling tussen klacht en partij niet zeker is. Het kan zijn dat gemelde klachten betrekking hadden op andere dan getoetste partijen. Elk paneel beschrijft één van de vier rassen uit het project (A, B, C of D).

Wanneer we op basis van de eerste en tweede stresstest een zo goed mogelijke risicoclassificatie maken (o.a. met behulp van een CART analyse) komen we uit op klachtenpercentages per risicocategorie als weergegeven in Tabel 3. Hier zijn de 15% partijen in de hoogste risicoklasse verantwoordelijk voor 50% van de klachten. Toch waren er ook partijen met een hoge risicoklasse waar geen klachten op werden gemeld. De dompeltoets en de vacuümtoets hadden een vergelijkbare toegevoegde waarde voor het voorspellend vermogen voor het risico op praktijkklachten. De februaritest met alleen incubatie voegde echter bijna niets toe aan een risicoclassificatie gebaseerd op de januaristresstest. Omdat we geen zekerheid hebben over de koppeling tussen praktijkklachten (op NAK-telernummers) en stresstestuitslagen (op specifieke pootgoedpartijen) moeten we voorzichtig zijn met conclusies op basis van relaties tussen praktijkklachten en stresstestuitslagen.

Tabel 3: Risico inschatting op basis van 1<sup>ste</sup> en 2<sup>e</sup> stresstest en bijbehorende incidentie van klachtenmeldingen in plantjaar 2020. Klachten en risicocategorisering is per ras-telernummer combinatie (klachten zijn niet tot perceel getraceerd). Data op basis van 104 NAK-nummers en twee onderdompelingstoetsen. Een toets op 100 knollen in januari en een toets op 200 knollen in februari. Gebruik van vacuüm-toets als 2<sup>e</sup> stresstest geeft vergelijkbare resultaten. Percentages allemaal afgerond op vijftallen.

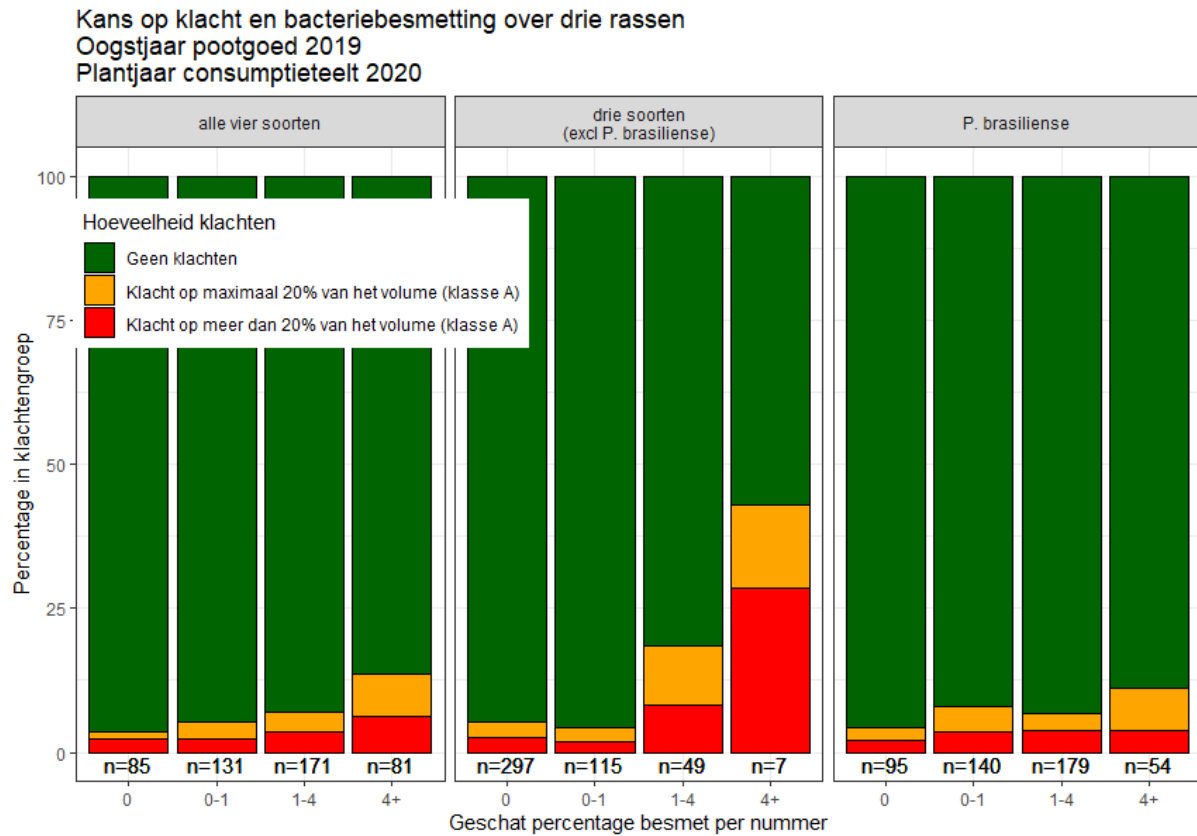
Risicocategorie	Percentage partijen in categorie	Percentage met klacht	Percentage van totaal aantal klachten
Laag	60	5	20
Midden	25	20	30
Hoog	15	65	50



Figuur 49: Classification and Regression Tree (CART-analyse) waarbij met behulp van twee stresstesten partijen verschillende risicoklassen zijn toegekend. rot\_1 staat voor het percentage rot in de januaristresstest (na 4 weken) en rot\_2 staat voor het percentage rot in de februaristresstest (na 4 weken). In beide gevallen gaat het om stresstesten met onderdompeling.

Er is ook gekeken naar relaties tussen uitslagen van bacterieonderzoeken en praktijkklachten. Hier is ook een verband tussen gevonden. Dit verband is minder sterk dan het verband tussen de stresstesten en praktijkklachten. De meeste voorkomende soort *Pectobacterium brasiliense* lijkt verschillende types te omvatten die sterk verschillen in virulentie. De in 2019 toegepaste

bacterietoets kon hier geen onderscheid tussen maken. Een zware besmetting met de drie andere bacteriesoorten was dan ook sterker gerelateerd aan opkomstklachten dan een zware besmetting met *P. brasiliense*. Omdat het aantal partijen per ras varieerde, kan het gevonden verband sterk gedreven zijn door het ras dat de meeste partijen leverde en door rassen die relatief meer klachten geven. De resultaten zijn geaggregeerd gepresenteerd om de rassen anoniem te houden.



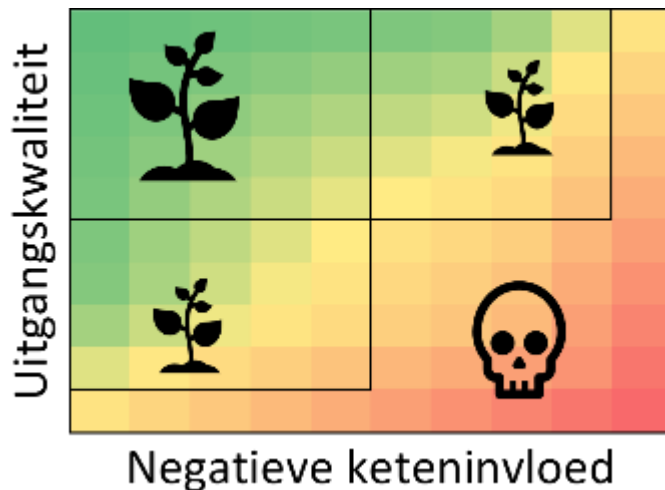
Figuur 50: Relatie tussen opkomstklachten in de praktijk en geschatte besmettingspercentages met pectolytische bacteriesoorten ('Erwinia'). Merk op dat de koppeling tussen klacht en partij niet zeker is. Het kan zijn dat gemelde klachten betrekking hadden op andere dan getoetste partijen. Alleen nummers waarvan minstens 20% van de partijen is klasse A en E getoetst zijn, zijn meegenomen. De getoetste bacteriesoorten betreffen *Dickeya* spp., *P. atrosepticum*, *P. parmentieri* en *P. brasiliense*. Het middelste paneel geeft de geschatte besmettingspercentages exclusief *P. brasiliense*. Data zijn geaggregeerd over drie soorten.

## Conclusie na het vierde jaar

De uitslagen van de stresstest op het decembermonster kwamen redelijk goed overeen met de NAK-nummers waar later klachten over zijn teruggemeld door pootgoedafnemers. Op de proefvelden van het ketenproject zijn afgelopen jaar alleen serieuze (>10% lege plekken) opkomstproblemen geweest op experimenteel mishandelde monsters en op monsters van een partij met glyfosaatverontreiniging.

De kwaliteit van pootgoedpartijen lijkt tijdens de bewaring te veranderen. Een vroege stresstest heeft een beperkt voorspellend vermogen voor de opkomst van later genomen monsters. Toch had de vroege stresstest wel een redelijk voorspellend vermogen voor het risico op praktijkklachten. Het is daarom nog niet helemaal duidelijk vanaf welk moment stresstesten een acceptabel voorspellend vermogen hebben. In ieder geval lijkt het mogelijk om vanaf februari, en mogelijk ook vanaf januari, een toets te doen die een indicatie geeft van het risico op opkomstproblemen. Van de drie in februari uitgevoerde stresstesten (dompeltoets, vacuümtoets en alleen incubatie) lijkt de dompeltoets het meeste onderscheid te kunnen maken tussen partijen doordat er relatief meer rot ontstaat in de test. De vacuümtoets bleek lastiger uitvoerbaar te zijn dan verwacht. De toets met alleen incubatie lijkt de zwakste partijen aan te kunnen wijzen maar afwezigheid van rot in deze toets geeft minder zekerheid dat de partij geen problemen geeft na uitplant. De dompeltoets lijkt hier gevoeliger, maar classificeert mogelijk ook sneller een partij onterecht als hoog risico. Kieming is ook beoordeeld bij de stresstesten. Dit had geen voorspellende waarde en gaf ook geen aanwijzing voor de verontreiniging met glyfosaat van de betreffende partij. In het vervolg kan bij stresstesten de focus op het beoordelen van rot liggen. In onze ervaring vertonen praktisch alle partijen een goede kieming in de klimaatcel. Het is uiteraard wel verstandig om eventuele waargenomen afwijkingen alsnog te noteren.

Voor één van de vier rassen had de dompeltoets echter geen voorspellend vermogen. Er is geen garantie dat de toets voor alle rassen voorspellend vermogen heeft. Let op: Een slechte uitslag geeft geen 100% zekerheid dat een partij problemen gaat geven. Onder optimale omstandigheden, zoals bij de controlemonsters op de proefvelden, hoeft een zwakkere partij geen grote problemen te geven. In de meeste gevallen zullen de problemen pas ontstaan wanneer de omstandigheden minder optimaal zijn. Dat laatste zal in de praktijk vaak in meer of mindere mate het geval zijn. Het was opvallend dat de stresstestresultaten van de januaritoets een betere voorspelling gaven voor praktijkproblemen dan voor opkomstproblemen op de proefvelden. De meeste partijen waren robuust en hadden ook na experimentele mishandeling een goede opkomst. We zagen echter dat de experimentele mishandeling bij enkele partijen tot een grote toename van het aantal lege plekken kon leiden. Dit speelt vooral bij partijen die iets slechter scoorden in de stresstesten. Dit onderstreept het belang van zowel uitgangskwaliteit als negatieve keteninvloeden voor de uiteindelijke opkomst van pootgoedpartijen.



*Figuur 51: Conceptueel kader voor het ontstaan van opkomstproblemen. Een slechte opkomst kan in enkele gevallen alleen door een slechte uitgangskwaliteit of alleen door negatieve keteninvloeden ontstaan. In de meeste gevallen zal een interactie van iets mindere uitgangskwaliteit met negatieve keteninvloeden (bijvoorbeeld rondom transport en uitplant) verantwoordelijk voor de problemen zijn.*

Hoe er met zogenaamde ‘verhoogd risico partijen’ om moet worden gegaan, is nog onvoldoende duidelijk. In extreme gevallen zal het verstandig zijn om ze uit de handel te halen. Bij het uit de handel halen van een partij is er altijd een risico dat de partij in de nateelt geen problemen zou geven en dus onterecht uit de handel is gehaald. Dit risico zal verschillen per ras en per jaar en is uiteindelijk afhankelijk van de omstandigheden aan het einde van de keten. Om goed in te schatten hoe je het beste met deze risico’s om kunt gaan, is het verstandig om enkele jaren een groot aantal partijen te toetsen, in risicocategorieën te plaatsen en vervolgens bij te houden hoe goed de risicocategorieën samenvallen met gemelde klachten in de praktijk. Tenslotte kan men per risicocategorie bepalen wat de gevolgen van een verwijderingsbeslissing zijn in termen van aantallen vermeden klachten en aantallen onterecht verwijderde partijen.





## Onderzoek en resultaten bewaarseizoen 2020-2021

### Introductie projectplan ketenproject jaar 2020-2021

Op basis van voorgaande jaren lijkt het mogelijk om met een stresstest te voorspellen of een partij pootgoed een hoog risico op opkomstproblemen heeft. Handelshuizen hebben deze risicoschatting graag zo vroeg mogelijk om dit mee te kunnen nemen in de planning.

Een van de doelstellingen van onderzoek in projectjaar 2020-2021 is om het potentieel van een in het najaar uitgevoerde stresstest te onderzoeken. Hiervoor zijn ca. 250 pootgoedpartijen geselecteerd. Volgens plan zouden in november 2020 per partij 660 knollen geleverd worden. Hiervan waren per partij 100 knollen bestemd voor een najaarsstresstest (onderdompelingstoets in november/december), 200 knollen voor een onderdompelingstoets in januari, 100 knollen voor een vacuümtoets in januari, 100 knollen voor uitplant op proefveld Reusel en 100 knollen voor uitplant op proefveld Tollebeek.

Op basis van de stresstesten werden de partijen in risico-categorieën geplaatst en werd in februari 2021 voor de, op basis van de eerste stresstest als hoog-risico ingeschatte, partijen (en een deel van de laag risico partijen) een groot tweede monster (3200 knollen) genomen voor een stresstest in maart en voor uitplant op proefvelden. Dit grote tweede monster werd gebruikt voor de volgende onderzoeksvragen:

- 1) Wat is de variatie tussen monsters van de dezelfde partij?
- 2) Geven de testfaciliteiten in Emmeloord, Stiens en Rilland vergelijkbare resultaten?
- 3) Wat is het effect van vallen op de opkomst van een pootgoedmonster?

Uiteindelijk waren 18 partijen van drie rassen geselecteerd voor deze extra bemonstering. Per partij werden 12x100 knollen getoetst met een onderdompelingstoets in Emmeloord, 6x100 knollen getoetst in Rilland of Stiens (afhankelijk van het ras), 2x200 knollen uitgeplant op Reusel, 2x200 uitgeplant op Tollebeek en tot slot uitplant op beide proefvelden van 2x200 knollen die voor transport een valbehandeling kregen. Naast uitplant van bovenstaande monsters met een proefveldplantmachine zijn op proefveld Reusel grote monsters (ca 2000 knollen) van vier partijen uitgeplant met een reguliere plantmachine over de hele lengte van het perceel (vier rijen per partij). We vermoedden dat uitplant met een proefveldplantmachine zachtzinniger is dan uitplant met een reguliere plantmachine. Met deze extra uitplant wilden we verkennen of partijen een betere opkomst hebben bij uitplant met een proefveldplantmachine dan bij uitplant met een reguliere plantmachine.

## Stresstest: Onderdompelingstoets en omstandigheden klimaatcel

Eerste stresstestronde (november 2021)

In November 2020 zijn door de NAK bij het kwaliteitscentrum van Agrico monsters van 205 partijen pootgoed aan een stresstest met onderdompeling blootgesteld (Tabel 1). De stresstest bestond uit 24 uur onderdompeling in leidingwater gevolgd door ongeveer 5-6 uur drogen in een goed geventileerde loods en daarna incubatie in klimaatcel op 20C en ca 80% relatieve luchtvochtigheid. Zie het protocol van de stresstest voor details.

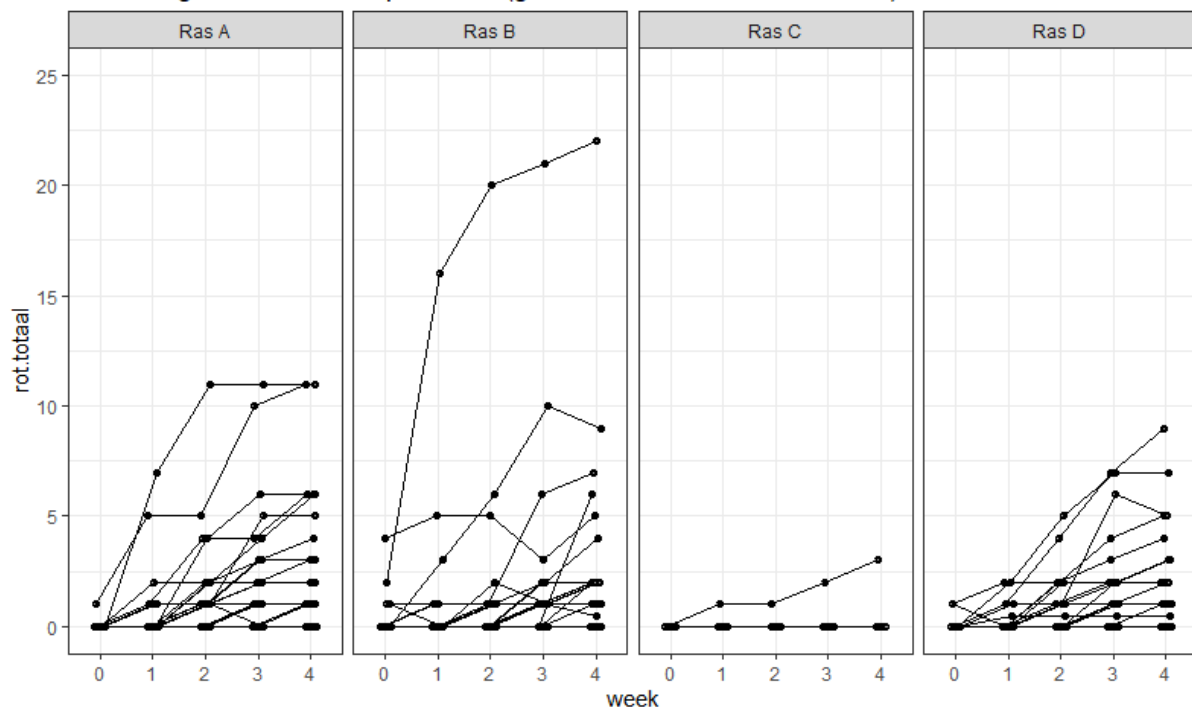
Tabel 4: Monsteraantallen in de eerste stresstestronde van seizoen 2020-21. Stresstest bestaat uit 24 uur onderdompeling gevolgd door incubatie in klimaatcel op 20C en ca. 80% rV)

Ras	Aantal partijen getoetst door NAK	Aantal knollen per partij
Ras A	57	100
Ras B	100	100
Ras C	11	100
Ras D	37	100
<b>Totaal</b>	<b>205</b>	

Van elk ras waren er partijen met substantiële aantallen knollen die na verloop van tijd gingen rotten (Figuur 52). Voor alle rassen geldt dat de meeste partijen weinig rot tonen (Figuur 53).

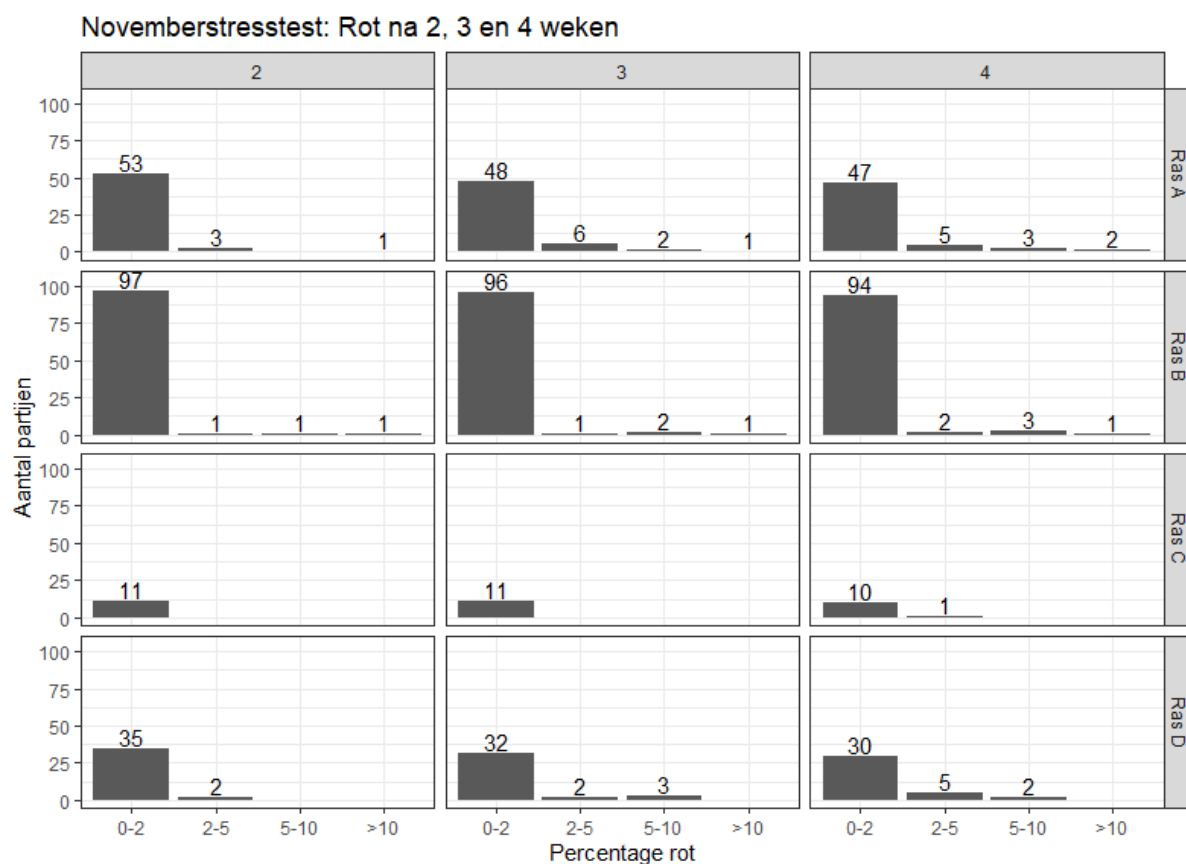
Één van de rassen deed voor de eerste keer mee in het project en de test. Dit is een ras met relatief weinig opkomstproblemen in de praktijk. Dit jaar is dit ras in het onderzoek meegenomen om na te gaan of stresstestresultaten in lijn zijn met de geringe gevoeligheid voor opkomstproblemen in de praktijk. Dit ras scoorde inderdaad relatief goed in de stresstest van november 2020.

Percentage cumulatief rot per week (gemiddelde over 1x100 knollen)



Figuur 52: Cumulatieve percentages knollen met aantasting door rot (natrot en/of droogrot) in de november/december stresstest op een monster van 100 knollen. Omdat droogrotte knollen niet tussentijds verwijderd zijn en steeds opnieuw

geteld zijn, kunnen de percentages ook dalen (meestal doordat kleine aantastingsplekjes en beschadigingen soms op rot lijken). Stresstest bestaat uit 24 uur onderdompeling gevolgd door incubatie in klimaatcel op 20C en ca. 80% rV)



Figuur 53: Aantal partijen met rotpercentages boven specifieke drempelwaardes na 2, 3 en 4 weken incubatie. Stresstest bestaat uit 24 uur onderdompeling gevolgd door incubatie in klimaatcel op 20C en ca. 80% rV)

#### Tweede stresstestronde (januari 2021)

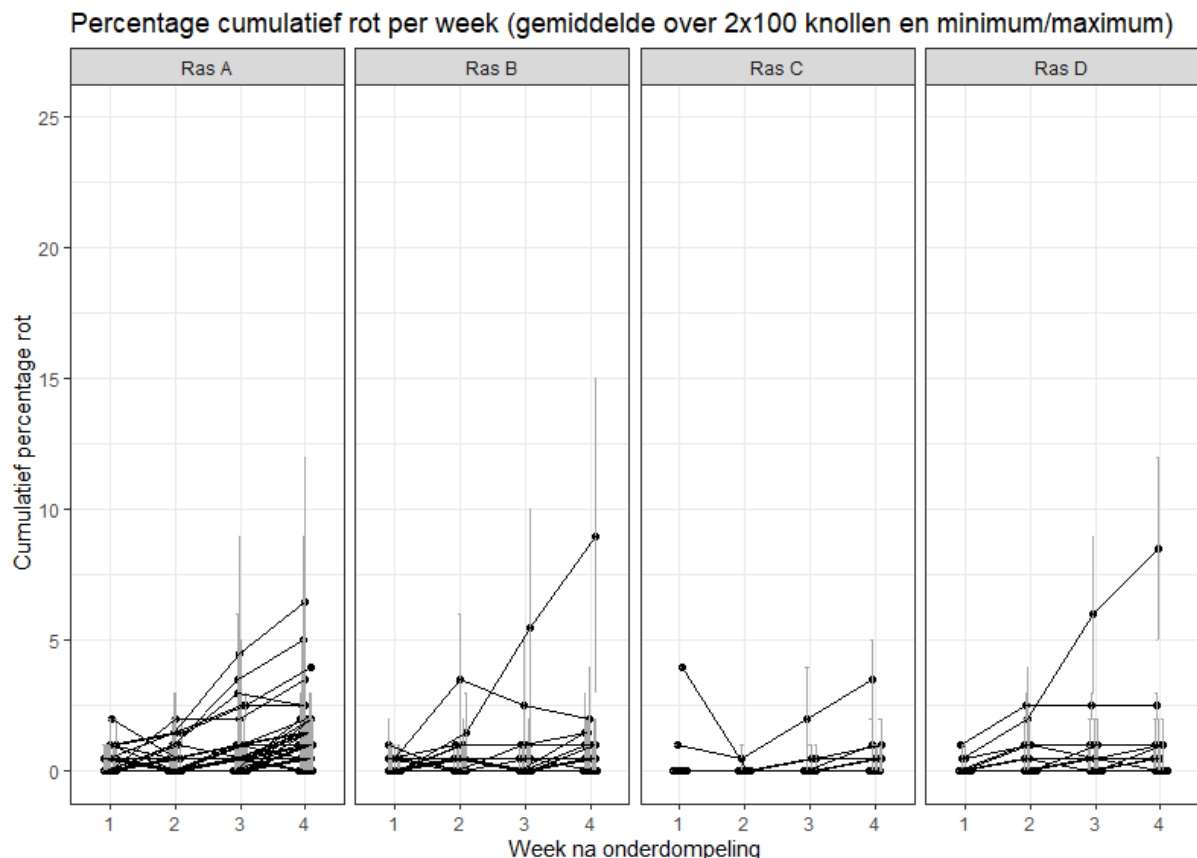
Vrijwel alle in november bemonsterde partijen zijn in januari 2021 een tweede keer getoetst in een onderdompelingstoets. Ditmaal op een monster van 200 knollen. Deze monsters zijn voorafgaand aan de stresstest enkele weken in een bewaarcel opgeslagen. Een aantal partijen was te laat bemonsterd om deel te nemen aan de eerste stresstestronde. Monsters voor deze partijen zijn in sommige vallen enkele dagen voor de tweede stresstestronde binnengekomen. Van één partij was het betreffende submonster verkeerd verwerkt en deze partij is niet met een onderdompelingstoets getest. Deze partij was wel met de vacuümtoets getest en toonde daar geen rot. De vacuümtoets kon (net als in vorig seizoen) niet volledig uitgevoerd worden omdat het vacuümseal-apparaat gedurende de werkzaamheden defect raakte. De precieze oorzaak is niet bekend. Mogelijk overbelasting, oververhitting door het intensieve gebruik. In ieder geval is het gebruikte apparaat niet geschikt voor intensief gebruik voor het vacuümtrekken van aardappelmonsters. Hieronder worden verder alleen de resultaten van de stresstest met onderdompeling beschreven.

Tabel 5: Monsteraantallen in de tweede stresstestronde van seizoen 2021-22. Deelnemende handelshuizen hebben ook een toets met de eigen faciliteiten uitgevoerd).

Ras	Aantal partijen getoetst door NAK	Aantal knollen per partij	Test bij handelshuis
Ras A	97	200	Onderdompelingstoets

Ras B	100	200	Onderdempelingstoets
Ras C	16	200	Onderdempelingstoets
Ras D	36	200	Onderdempelingstoets
<b>Totaal</b>	<b>249</b>		

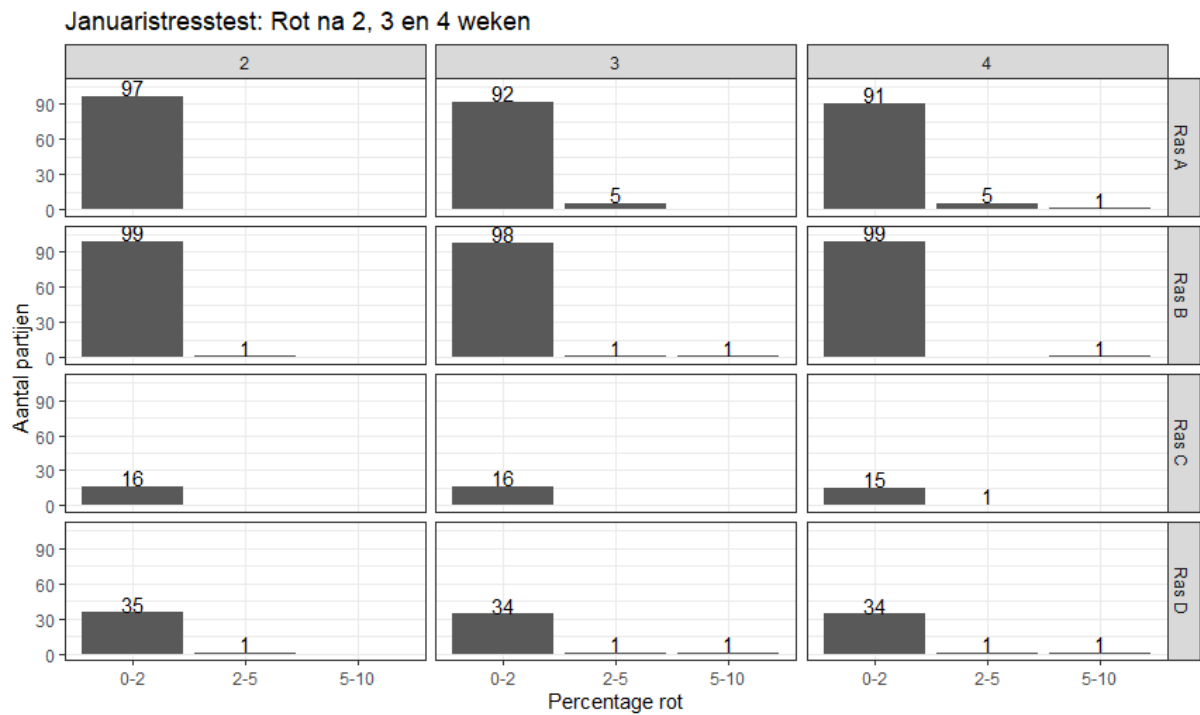
In Tabel 5 is te zien hoeveel partijen getoetst zijn in de tweede ronde. Na ca. drie weken was er een onderscheid te maken tussen partijen met nauwelijks rot en partijen met enkele procenten rot. Ook in de tweede ronde had slechts een klein aantal partijen meer dan 2% rot (Figuur 54 en Figuur 55). Uiteindelijk waren er negen partijen die na drie weken meer dan 2% rot laten zien. Vijf van deze negen partijen waren niet in de eerste stresstest getoetst vanwege late bemonstering en late levering. Dit waren partijen die relatief laat zijn bemonsterd en vermoedelijk ook relatief laat zijn gerooid. Dit gaf aanleiding om te kijken naar een mogelijk effect van rooidatum op de score in de stresstest. Laat gerooiden partijen zijn in november/december wellicht nog onvoldoende afgehard om goed getoetst te worden. Analyse wees inderdaad op een verband tussen een latere rooimeldingdatum en een hoger rotpercentage in de stresstest. Dit verband was sterker voor de novemberstresstest dan voor de januaristresstest waar het nagenoeg verdwenen was (zie Figuur 56 en Figuur 57).



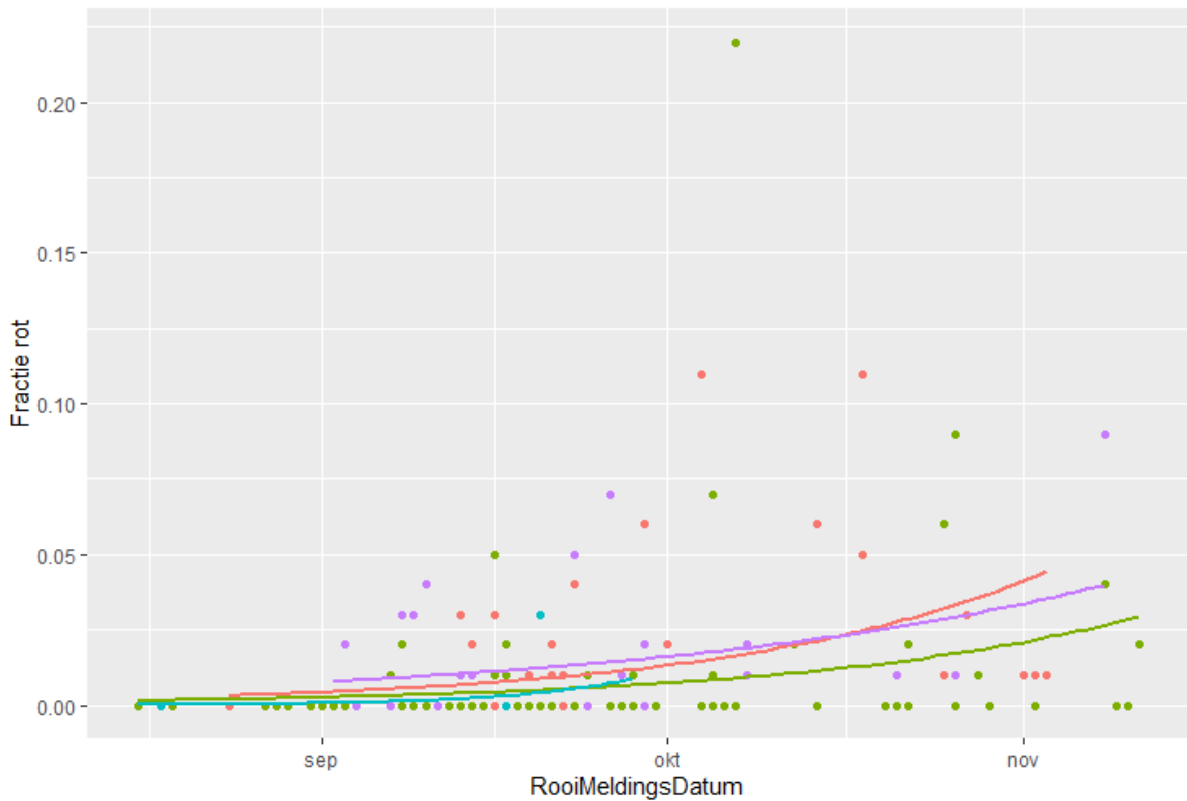
*Figuur 54: Resultaten van de januaristresstest (onderdempelingstoets gevolgd door incubatie in klimaatcel op 20C en ca. 80% rV) in Emmeloord.*

Verder viel op dat de correlatie tussen de uitslagen van beide stresstesten beperkt was, met een correlatiecoëfficiënt van 0,37. Dit geldt ook voor de correlatie tussen de twee submonsters in de tweede stresstestronde (correlatiecoëfficiënt van 0,36). Kleine monsters en afwezigheid van zeer

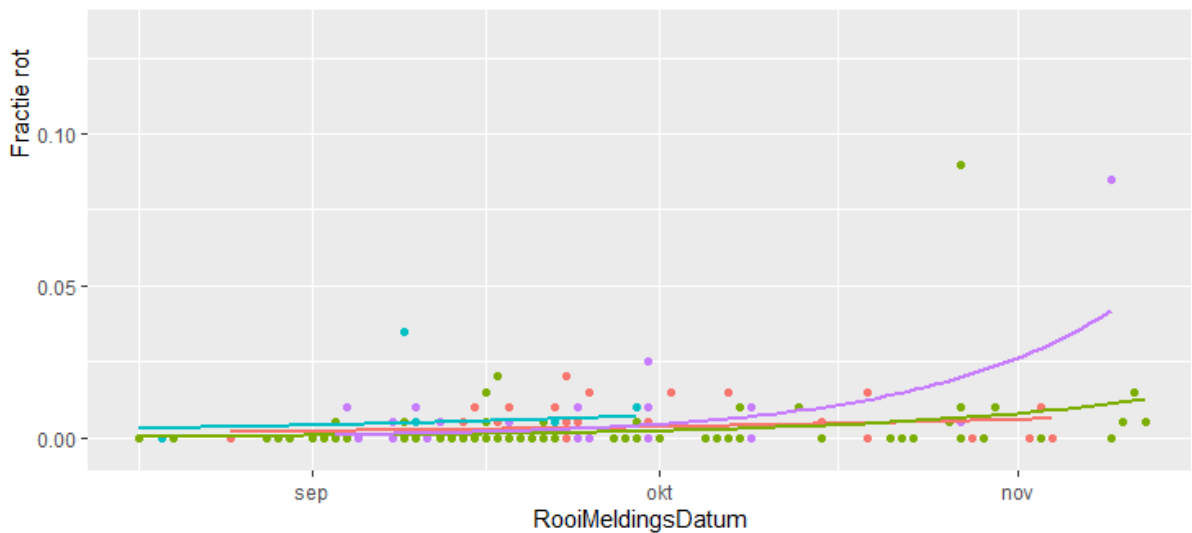
slechte scores zorgen ervoor dat verschil in uitslagen voor een relatief groter deel door toeval bepaald worden. Dit onderstreept het belang van grote monsters voor betrouwbare scores. Met de onderzoeken op het voorjaarsmonster is hier in meer detail naar gekeken.



Figuur 55: Aantal partijen met rotpercentages boven specifieke drempelwaardes na 2 en 3 weken incubatie. Merk op dat van ras A alle partijen met een score van meer dan 2% rot laat bemonsterd en een paar dagen voor het inzetten van de tweede stresstest geleverd zijn.



Figuur 56: Verband tussen Rooimeldingsdatum en fractie rot na 4 weken in de novemberstresstest. Monstergrootte was 100 knollen per partij. De kleuren geven verschillende rassen wren en de lijnen tonen voor elk ras de voorspelling van een logistisch regressiemodel met fractie rot als afhankelijke en rooimeldingsdatum als onafhankelijke variabele. Merk op dat rooimeldingsdatum een opgegeven datum is die gebruikt wordt voor het plannen van bemonstering. De echte rooidatum kan afwijken.

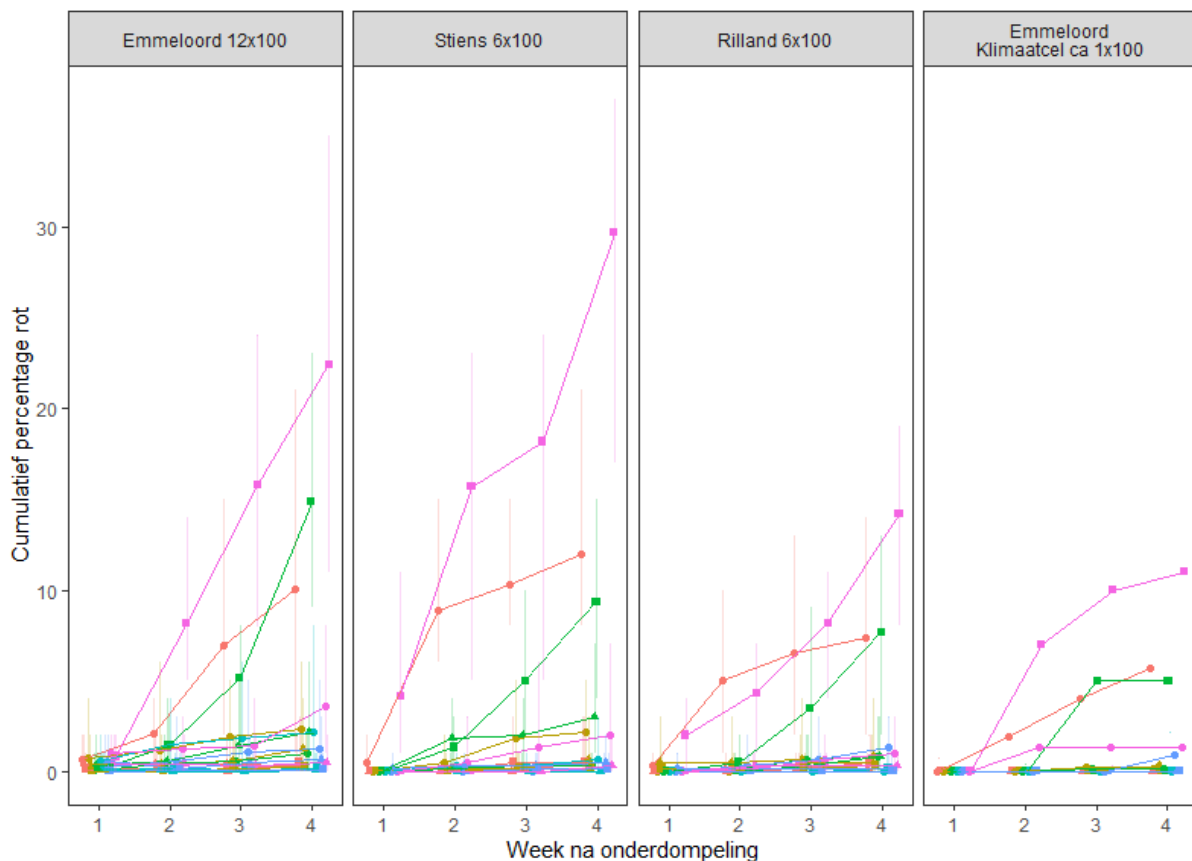


Figuur 57: Verband tussen Rooimeldingsdatum en fractie rot na 4 weken in de januaristresstest. Monstergrootte was 200 knollen per partij. De kleuren geven verschillende rassen wren en de lijnen tonen voor elk ras de voorspelling van een logistisch regressiemodel met fractie rot als afhankelijke en rooimeldingsdatum als onafhankelijke variabele. De curve van de paarse lijn werd door een enkel datapunt in november omhoog gebogen. Merk op dat rooimeldingsdatum een opgegeven datum is die gebruikt wordt voor het plannen van bemonstering. De echte rooidatum kan afwijken.

### Derde stresstestronde (ringtest)

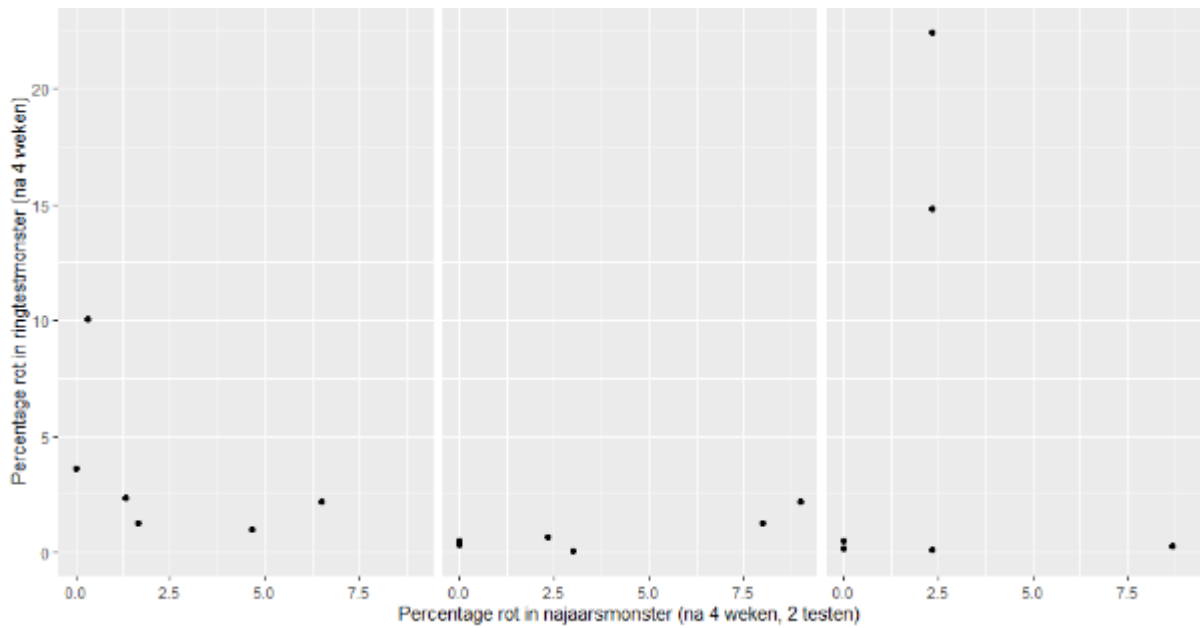
#### *Ringtest: Vergelijking testresultaten Emmeloord, Stiens en Rilland*

De ringtest van voorjaar 2021 laat zien dat drie verschillende stresstestlocaties dezelfde partijen als zwak aanwijzen zolang het monster groot genoeg is (600 knollen) en op vergelijkbare manier uit meerdere kisten van een partij wordt genomen. Zie Figuur 58 en Figuur 60 voor de resultaten. Stresstestlocatie Rilland gaf minder extreme uitslagen dan de andere twee locaties. Dit komt vermoedelijk doordat er in Rilland een langere droogtijd was tussen onderdompeling en plaatsing in klimaatcel. Naast de onderdompelingstoets op drie locaties is met een restant van de monsters (ca 100 knollen per partij) ook een test uitgevoerd zonder onderdompeling (Figuur 58 rechterpaneel). Ook deze toets wijst dezelfde partijen aan, alleen iets minder duidelijk dan met de toets met onderdompeling. Al met al lijkt de stresstest redelijk robuust voor kleine verschillen in uitvoering en soort klimaatcel. Zie het overzicht verderop voor een beschrijving van de faciliteiten op de drie verschillende stresstestlocaties. Het is noodzakelijk om een voldoende groot monster te nemen. Bij kleine monsters is de invloed van toeval te groot om een betrouwbare risicoschatting te maken. Zie volgende sectie over variatie binnen een partij voor toelichting en uitwerking van de monstergroottes.



*Figuur 58: Cumulatieve rotpercentages in de ringtest voor drie locaties met onderdompeling. De foutbalkjes tonen minimum en maximum van alle submonsters op de betreffende locatie. Het rechterpaneel toont het percentage rot bij incubatie van ca 100 knollen per partij in een klimaatcel op ca 95% relatieve luchtvochtigheid zonder voorafgaande onderdompeling (de toetsprocedure van Agrico). Alle uitvoeringen wijzen na drie weken drie dezelfde partijen aan met hogere rotpercentages.*

De uitslag in de voorjaarsstresstest verschilde soms behoorlijk van de uitslagen in eerdere stresstestrondes. Dit kan deels een gevolg zijn van toevallige selectie bij de monsternamen, deels een gevolg van verandering van de rotgevoeligheid van de partij.



Figuur 59: Uitslag van de voorjaarsstresstest uitgezet tegen het gewogen gemiddelde van de twee testen op het najaarsmonster. Panelen tonen drie verschillende rassen. Opvallend is dat enkele partijen die eerst zwak leken, nu goed scoren. Anderzijds is er ook één partij die eerst goed scoorde en nu zwak (linker paneel). Deze laatste partij toonde wel een voldoende opvallend percentage rot bij de onderdompelingstoets uitgevoerd door het handelshuis in januari. Die partij was daarom wel in de voorjaarstoets meegenomen.



## Beschrijving stresstestlocaties 2020-2021

### Rilland

- Na onderdompeling ca 20 uur ongestapeld drogen
- Kratjes 3 hoog gestapeld
- Klimaatcel met rV rond de 90%, maximaal 93%. De rV daalt snel na openen deuren bij beoordeling
- Temperatuur in klimaatcel 20C
- Klimaatcel is omgebouwde koelcel met bevochtigingselement
- Redelijke sterke luchtcirculatie in de cel
- Luchtverversing alleen bij openen deuren (niet via een apart systeem)
- Beoordelen van kratjes gebeurt buiten klimaatcel (veel luchtverversing)

### Emmeloord

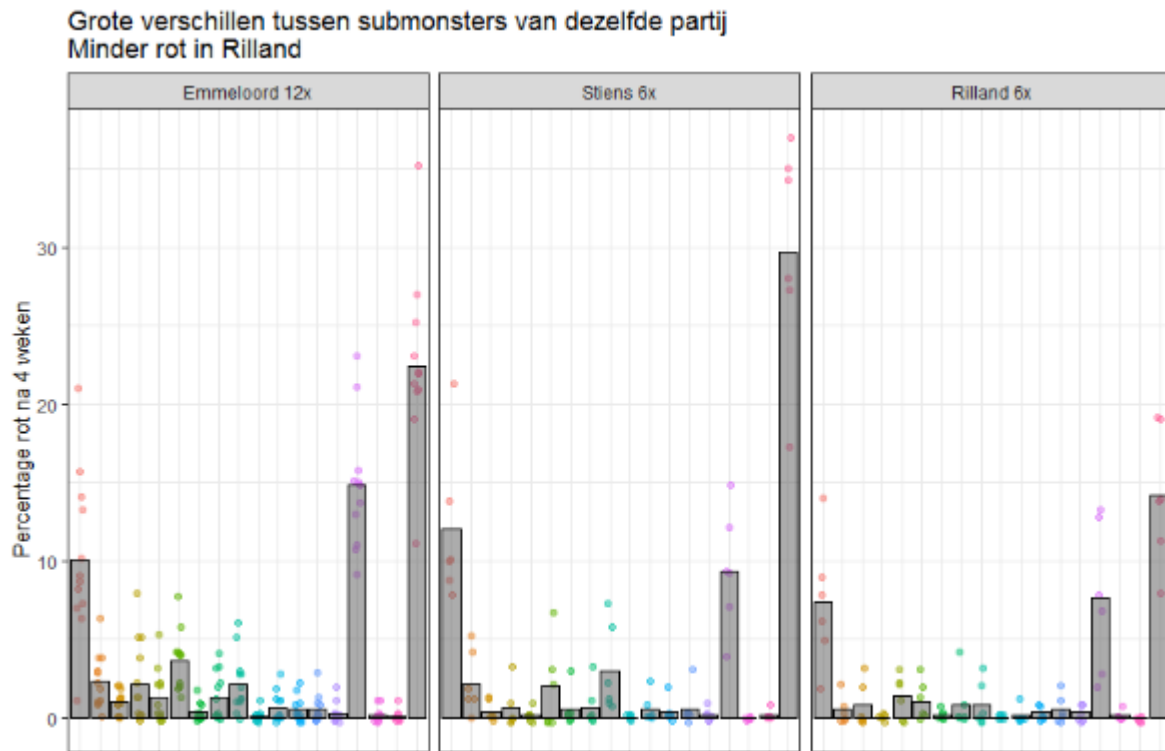
- Na onderdompeling ca 5-6 uur drogen, waarvan de laatste 5 uur gestapeld
- Kratjes 6 hoog gestapeld (met leeg kratje als afdekking op het bovenste monster)
- Klimaatcel met rV van 80-85%, wordt gereguleerd door open houden van de deuren. Van de knollen komt al voldoende vocht waardoor het bevochtigingselement niet aangaat. rV wordt dus niet hygrostatisch stabiel gehouden. De rV in de middelste en onderste kratjes ligt ca 4% hoger dan in bovenste kratjes (bij 80-85% rV in de klimaatcel is de rV in de meeste kratjes 85-90%)
- Temperatuur in klimaatcel stabiel 20C
- Geringe luchtcirculatie rondom de kratjes door de stapeling op pallets, wel goede circulatie in cel door ventilatoren
- Luchtverversing via deur op kier en kleine opening bovenin
- Beoordelen van kratjes gebeurt buiten klimaatcel (veel luchtverversing)

### Stiens

- Na onderdompeling ca 5-6 uur drogen (drogen in stellingkast in de wind tussen 2 open deuren)
- Kratjes in stellingkast, elk kratje goed geventileerd aan alle zijden
- Klimaatcel met rV van 90-97%. Eerste 5 dagen 97%. Daarna 7 dagen daling tot 90%, daarna 11 dagen ca 90%rV, tenslotte 4 dagen stijging naar 96%
- Temperatuur in klimaatcel eerste 4 dagen ca 21C, daarna gedurende 7 dagen afnemend tot ca 16C. Daarna stabiel 16C
- Luchtverversing met lucht vanuit de loods d.m.v. 'badkamerventilator'
- Beoordelen van kratjes gebeurt binnen de klimaatcel

### Variatie binnen partij

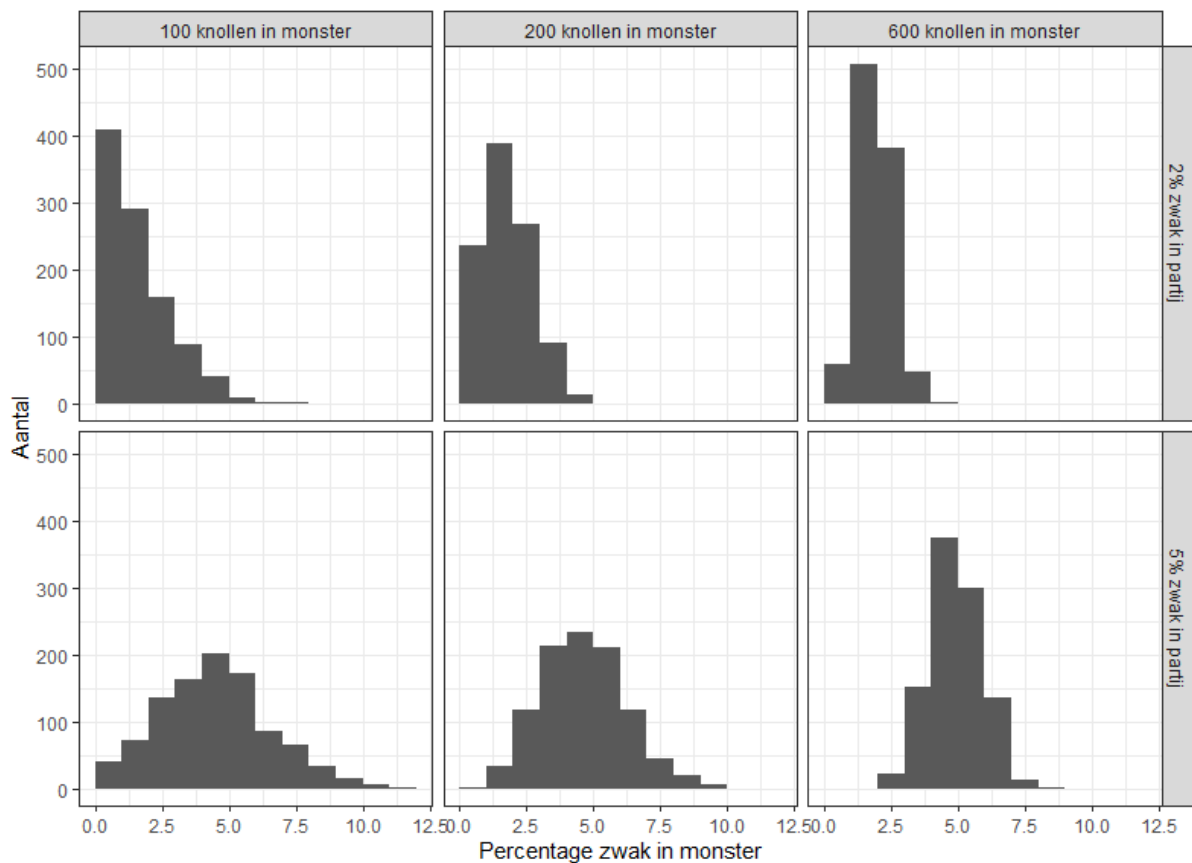
Er kunnen flinke verschillen tussen in stresstestuitlagen op submonsters van dezelfde partij zijn (Figuur 60). Dit komt door toeval bij het rapen en waarschijnlijk ook doordat sommige kisten meer 'zwakke' knollen bevatten dan andere kisten. Dit onderstreept het belang van het nemen van een voldoende groot en verspreid over de partij genomen monster. Een perceel kan gedeeltes hebben met lagere kwaliteit. Wanneer een monster onvoldoende verspreid over de partij wordt genomen, kan zo'n gedeelte gemist worden of juist onevenredig de beoordeling beïnvloeden.



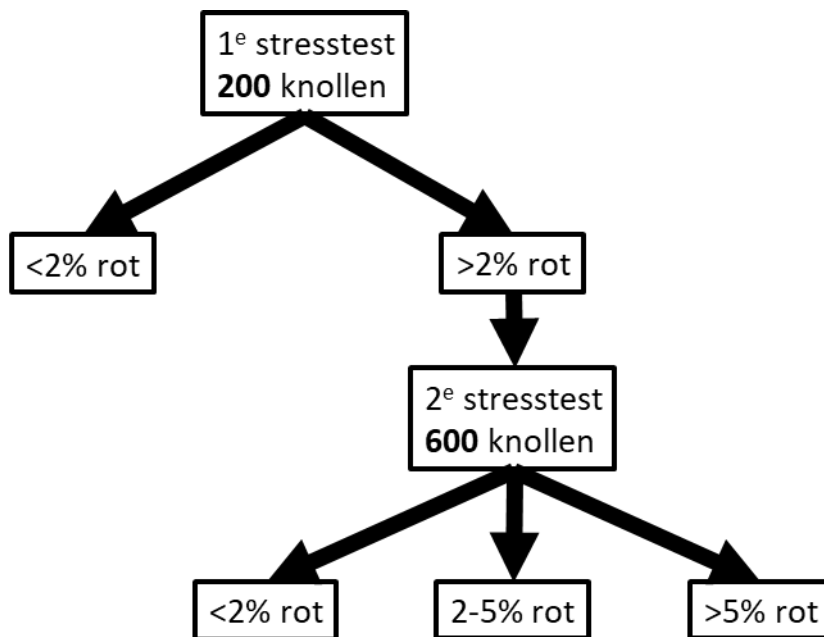
*Figuur 60: De grijze balken geven het gemiddelde percentage rot 4 weken na onderdompeling per partij en per locatie. De scores van individuele submonsters (100 knollen) zijn met gekleurde punten aangegeven. In Emmeloord zijn 12x100 knollen getest, in Stiens en Rilland 6x100 knollen. In totaal zijn 12 kisten per partij bemonsterd. Uit elke kist zijn 100 knollen naar Emmeloord gegaan en 100 knollen naar Stiens of Rilland. De verschillen tussen submonsters van dezelfde partij komen deels doordat sommige kisten meer zwakke knollen hebben dan andere kisten. Een ander deel van het verschil tussen submonsters is inherent aan het toeval bij het nemen van een monster. Raap je bijvoorbeeld willekeurig 1000 monsters van 100 knollen uit een partij met 10% zwakke knollen, dan zullen ca 50 monsters meer dan 16 of minder dan 5 zwakke knollen bevatten. Een laatste bijdrage aan het verschil tussen submonsters van dezelfde partij kan mogelijk geleverd worden door de positie in de klimaatcel of beschadigingen bij verwerking.*

Wanneer we aannemen zwakke knollen willekeurig verspreid zijn in een partij en/of dat een knollen willekeurig geraapt worden bij monsternamen, kunnen we met behulp van statistische formules en simulaties uitwerken wat de spreiding is in het percentage zwakke knollen tussen monsters genomen van dezelfde partij (Figuur 61). Ook kunnen we de kans uitrekenen dat een monster van een partij een percentage zwakke knollen bevat boven een drempelwaarde. Ook kunnen we voor een bepaalde bemonsterings- en testprocedure berekenen wat de kans is op een bepaalde risicoclassificatie. Een voorbeeldprocedure en classificatie is gegeven in Figuur 62. Hier wordt eerst onderzoek gedaan op

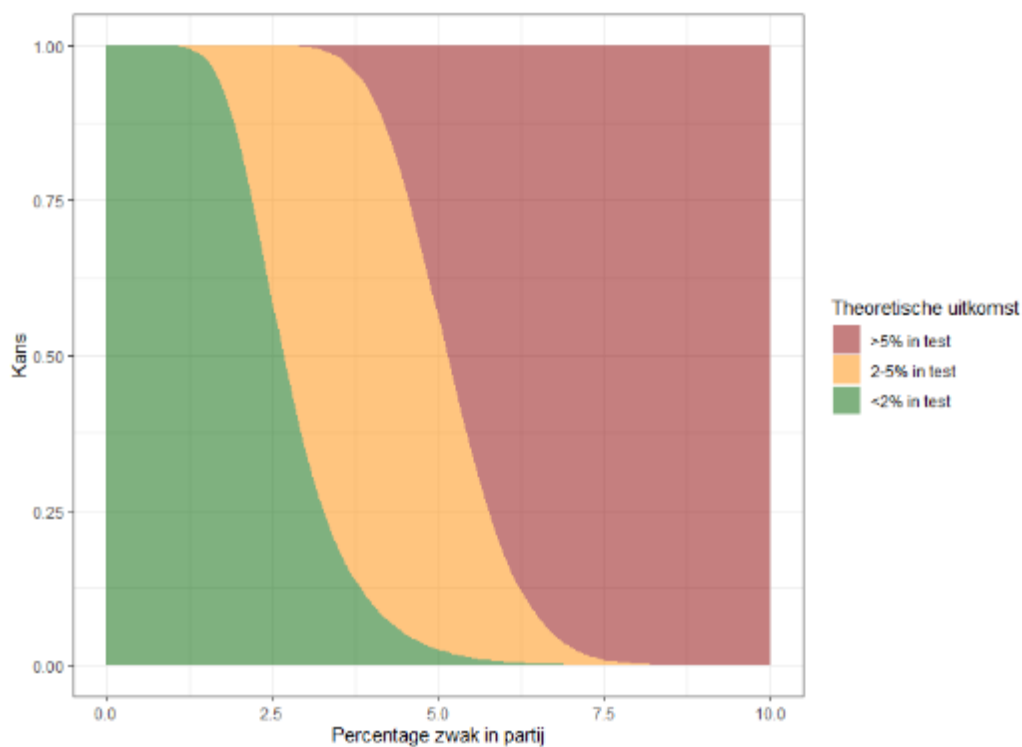
200 knollen en daarna, bij >2% zwak in het eerste onderzoek, een tweede onderzoek op 600 knollen. Figuur 63 geeft vervolgens de kans op een bepaalde risicoclassificatie afhankelijk van het percentage zwakke knollen in de partij. Partijen krijgen niet altijd de juiste risicoclassificatie omdat monsters soms toevallig meer of minder zwakke knollen bevatten dan de partij. Desalniettemin geeft deze theoretische verkenning aan dat er een redelijk onderscheidend vermogen is bij een procedure met 200 knollen in de eerste ronde gevolgd door 600 knollen in de tweede stresstest (alleen bij >2% rot in eerste test). Merk op dat in de praktijk de meeste partijen goed scoren in de stresstest, slechts een klein deel van de partijen toont >5% zwakke knollen in de stresstesten (Figuur 64).



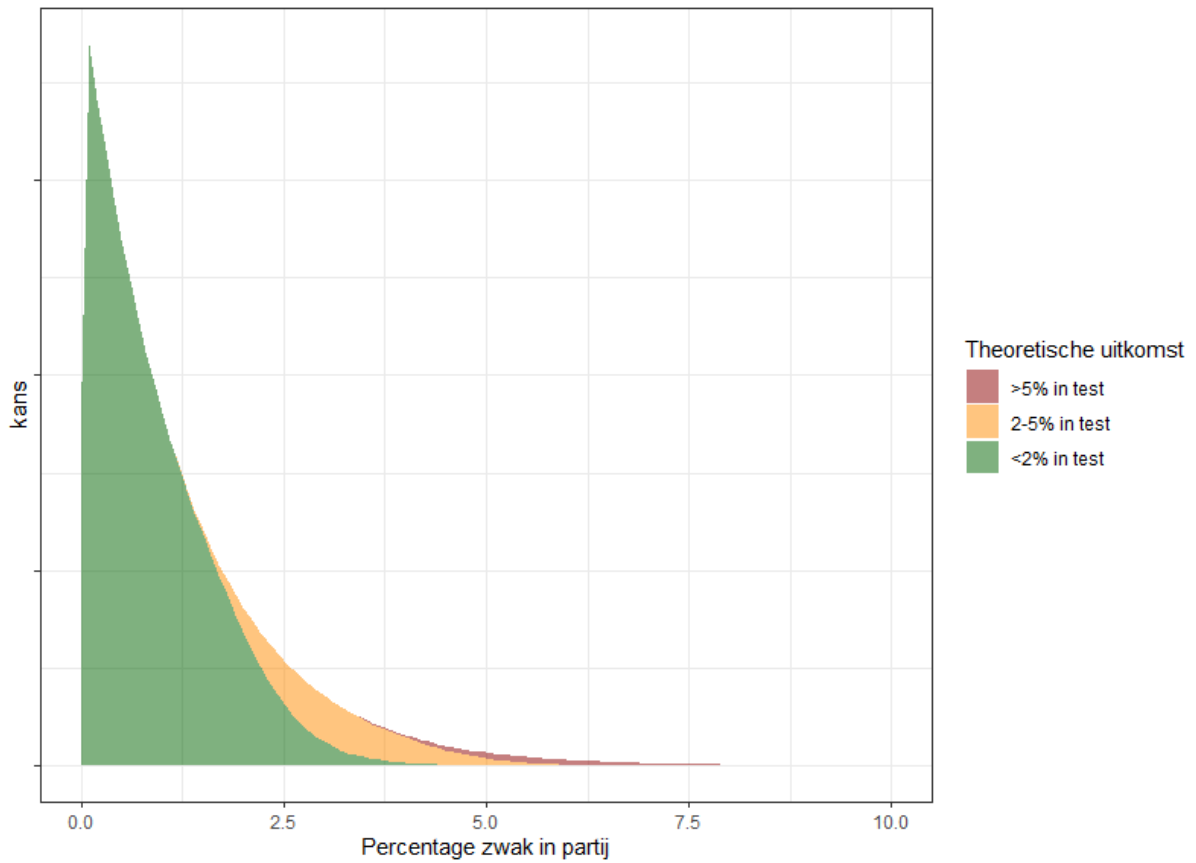
Figuur 61: Spreiding in percentage zwakke knollen in een monster van 100, 200 en 600. Data op basis van 1000 gesimuleerde willekeurige monsternames uit partijen met 2% en met 5% zwakke knollen. Bij een monster van 600 knollen geeft een monster uit een partij met 5% zwakke knollen zelden minder dan 3% zwakke knollen en een monster uit een partij met 2% zwakke knollen zelden meer dan 3,5% zwakke knollen. Bij kleinere monstergroottes is er nog grotere spreiding en een zwakker onderscheidend vermogen.



Figuur 62: Schema van een getrapte stresstestprocedure waarbij een tweede ronde wordt uitgevoerd na een slecht resultaat in de eerste stresstest.



Figuur 63: Theoretische uitkomst bij een stresstestprocedure met 200 knollen in de eerste ronde en 600 knollen in de tweede ronde (alleen bij >2% rot in eerste ronde). Het figuur geeft de kans weer op bepaalde stresstestuitslagen (<2% zwakke knollen in eerste óf tweede testronde, 2-5% zwakke knollen in tweede testronde of >5% zwakke knollen in tweede testronde) afhankelijk van het percentage zwakke knollen in de partij. Partijen met <1% zwakke knollen zullen vrijwel altijd een resultaat in de <2% categorie krijgen (laag risico). Partijen met >8% zwakke knollen krijgen vrijwel altijd een resultaat in de >5% categorie (hoog risico). Partijen met tussenliggende percentages zouden door toeval iets te gunstig of te ongunstig geclassificeerd kunnen worden. De berekening is op basis van willekeurige bemonstering, constante kwaliteit en het 100% effectief aanwijzen van zwakke knollen door de stresstest.



*Figuur 64: Theoretische uitkomsten wanneer de meeste partijen weinig zwakke knollen bevatten. De relatieve oppervlaktes van de kleuren geven proporties in elke risicoklasse weer. In dit voorbeeld zijn er ca 87% partijen met <2% zwakke knollen, 11% partijen met 2-5% zwakke knollen en 2% partijen met >5% zwakke knollen. Dit is ongeveer wat we schatten op basis van de ervaringen in het ketenproject. Dezelfde voorwaarden als in Figuur 63 zijn van toepassing.*

## Opkomstproblemen in het veld

### Uitplant met proefveldplanter

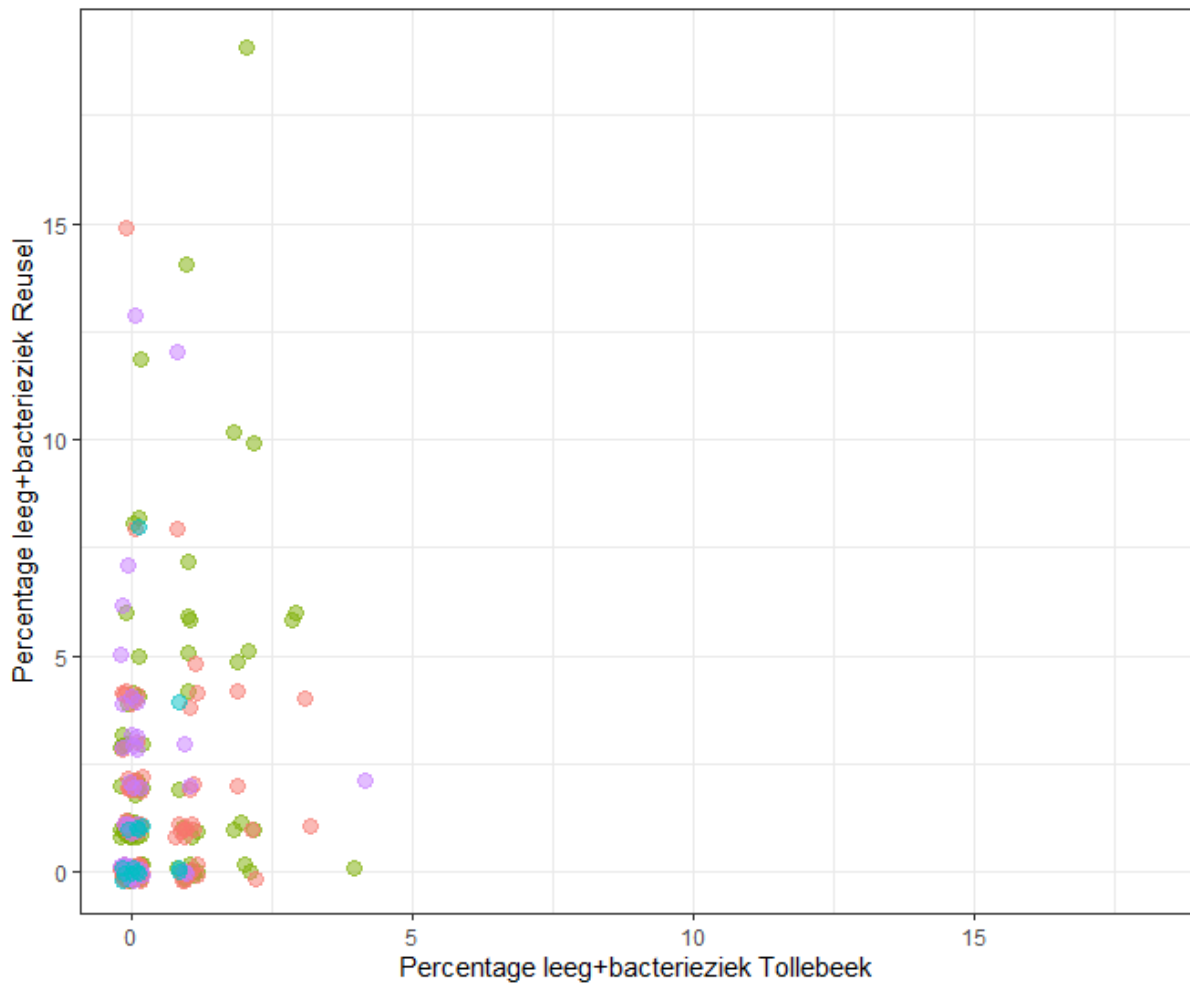
Voor 249 partijen zijn er op twee proefvelden 100 knollen uit het najaarsmonster uitgeplant. Daarnaast zijn op elk proefveld van 18 partijen 400 knollen uit het voorjaarsmonster (ringtestmonster) uitgeplant. 200 van de 400 knollen zijn experimenteel mishandeld met een valbehandeling vlak voor transport naar de proefvelden. Vanwege slechte weersomstandigheden eind april heeft het planten ca. twee weken later dan oorspronkelijk beoogd plaatsgevonden. Hierdoor was er na de valbehandeling een ruime periode voor wondheling. We zagen geen effect van de valbehandeling.

Tabel 6: Kenmerken van de twee proefvelden in 2022

	<b>Proefveld Tollebeek</b>	<b>Proefveld Reusel</b>
Grondsoort	Zavel	Zand
Uitplant najaarsmonster	249 x 100 knollen	249 x 100 knollen
Uitplant voorjaarsmonster	18 x 4 x 100 knollen	18 x 4 x 100 knollen
Reguliere uitplant		4 x ca. 2400 knollen
Plantdatum	Ca 10 mei 2021	Ca 5 mei 2021
Beoordelingsdatum	29 juni 2021	24 juni 2021
Opmerking		Lastig planten vanwege gewasresten; opkomstbeoordeling deels beïnvloed door lokale aaltjesaantasting

Op proefveld Reusel waren relatief veel gewasresten en opslagknollen aanwezig die het planten lastiger maakten. Hierdoor was er een grotere kans op plantplaatsen zonder knol. Bij de beoordeling bleek er ook lokaal ernstige aaltjesaantasting te zijn die verstorend werkte voor het beoordelen van de uitgangskwaliteit van het pootgoed. Op proefveld Tollebeek waren, op de late uitplant na, geen onregelmatigheden. Op basis van bovenstaande was de verwachting dat proefveld Tollebeek betrouwbare data zou geven en dat de data van proefveld Reusel beperkt bruikbaar zou zijn. De uitgeplante najaarsmonsters gaven op proefveld Tollebeek nauwelijks problemen, ook de partijen met een relatief slechte stresstestscore. De verschillen waren dermate klein (0-4% probleem op 100 knollen) dat statistisch onderscheid niet goed mogelijk is.

## Reusel vs. Tollebeek



*Figuur 65: Najaarsmonsters Reusel vs. Tollebeek*

Op proefveld Reusel waren er wel veldjes met opkomstproblemen van meer dan 10%. Dit leek echter vooral door aaltjesschade te zijn ontstaan. Zowel de groeivorm van de kiemen van slecht opkomende planten, het patroon van opkomstproblemen (scherpe grens met opkomstproblemen halverwege een veldje) en aaltjesonderzoek op enkele grondmonsters wezen hierop. Zie ook Figuur 66 voor een dronebeeld van een probleemlocatie. De waarde van statistische analyse is hier twijfelachtig, zeker voor de relatief kleine monsters van 100 knollen per partij.



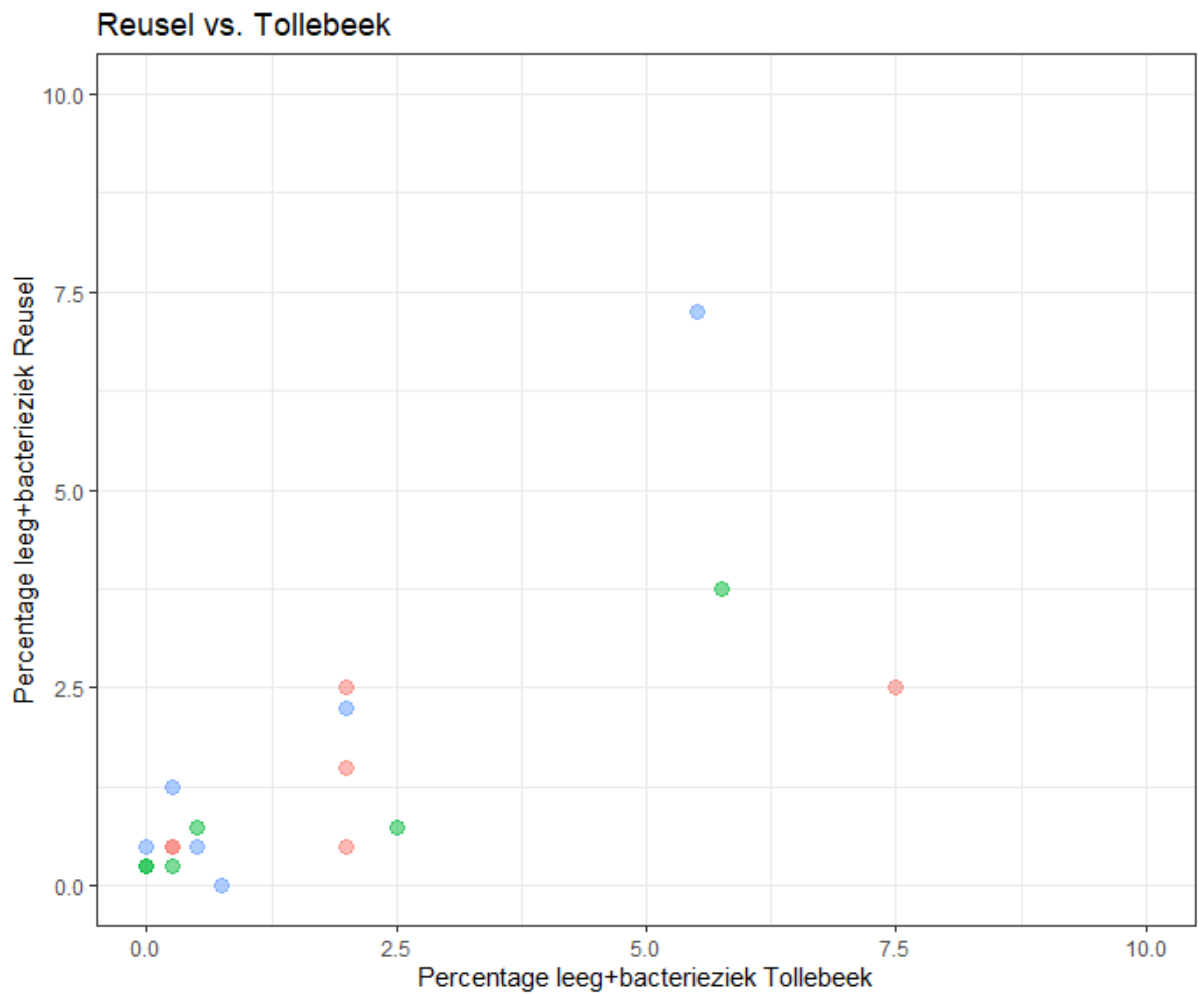
*Figuur 66: Opkomstproblemen op proefveld Reusel. Vermoedelijk door aaltjesschade, niet door de pootgoedkwaliteit. Rode lijnen markeren (een deel van) de grenzen van de veldjes (een veldje is 2x50 plantplaatsen). Het valt op de opkomstproblemen plaatselijk voorkomen en bijvoorbeeld halverwege een veldje beginnen.*

De uitgeplante monsters van het voorjaarsmonster (2 x 200 zonder mishandeling en 2 x 200 met mishandeling op beide proefvelden) bieden wel geschikte data voor analyse. Uiteindelijk was er geen statistisch aantoonbaar verschil tussen de opkomst van het mishandelde monster en het niet-mishandelde monster. De opkomstcijfers zijn daarom gemiddeld over 400 knollen per partij.

Vanwege de versturende problemen tijdens het planten, aanwezigheid van aardappelopslag en aaltjesschade was de verwachting dat de opkomst op proefveld Reusel weinig waarde zou hebben. Toch liet een analyse van de opkomst van de voorjaarsmonsters hetzelfde patroon op proefveld Reusel als op proefveld Tollebeek zien. Drie partijen vielen negatief op op beide proefvelden (Figuur 67). De opkomstproblemen bleven beperkt tot maximaal ca 5%. Wanneer ook kleine (laat opgekomen of achterblijvende) planten als probleem geteld worden, verslechtert de opkomst op Reusel aanzienlijk (Figuur 68). Op proefveld Tollebeek waren nauwelijks achterblijvende planten en maakt het wel of niet meetellen van kleine planten bij het probleempercentage praktisch geen verschil.

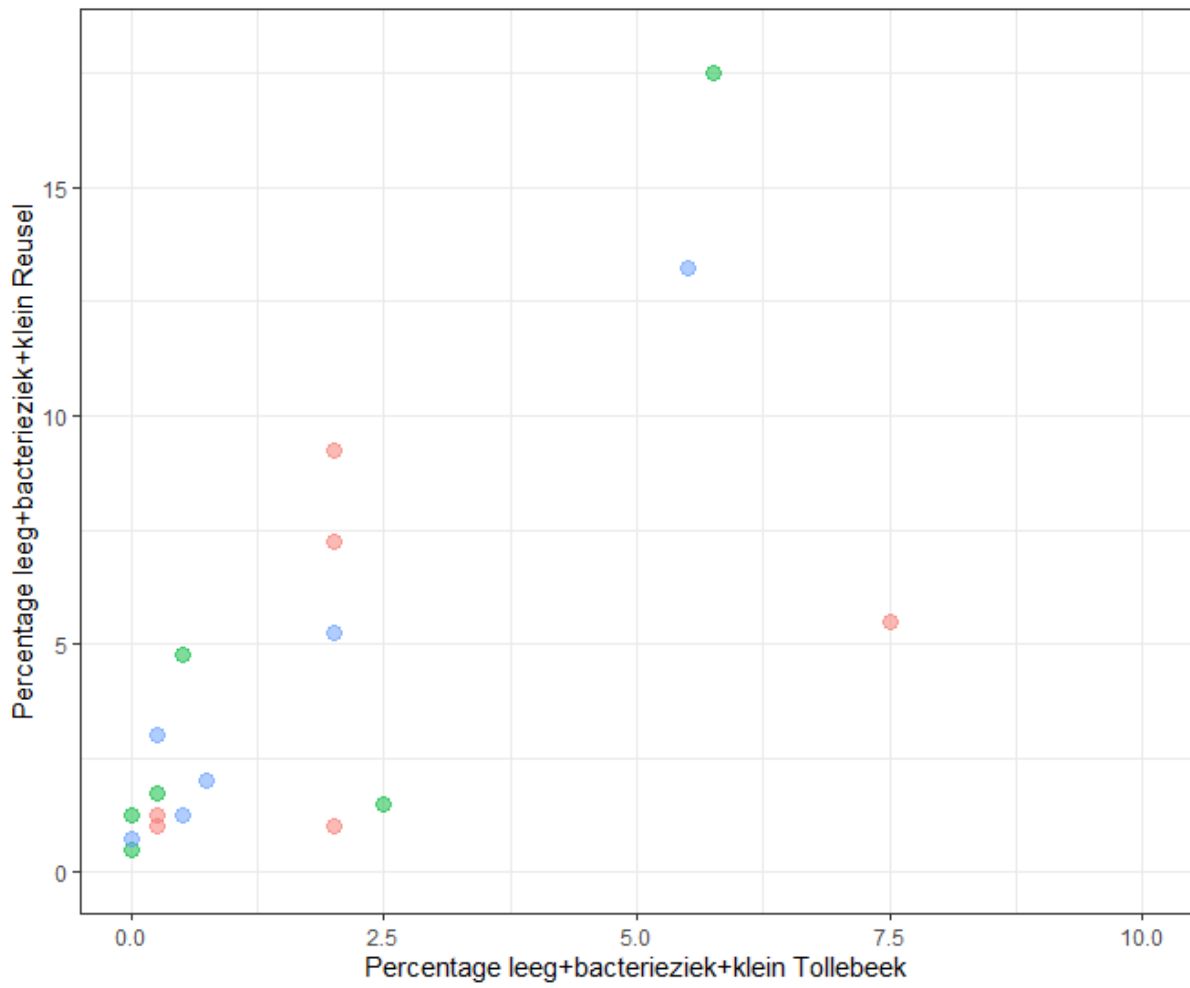
Vanwege de proefveldomstandigheden op Reusel met vermoedelijke aaltjesschade is het lastig om vertraagde opkomst volledig te wijten aan de pootgoedkwaliteit. Bij verdere analyse is gerekend met opkomstproblemen gedefinieerd als bacterieplanten en lege plekken.





Figuur 67: Opkomstproblemen op de proefvelden tegen elkaar uitgezet voor de 18 partijen met een voorjaarsmonster (400 knollen per partij per proefveld). Drie partijen vallen negatief op, ook al zijn de problemen beperkt. Kleuren geven drie verschillende rassen weer. Alleen lege plekken en bacterieplanten zijn als probleem geteld

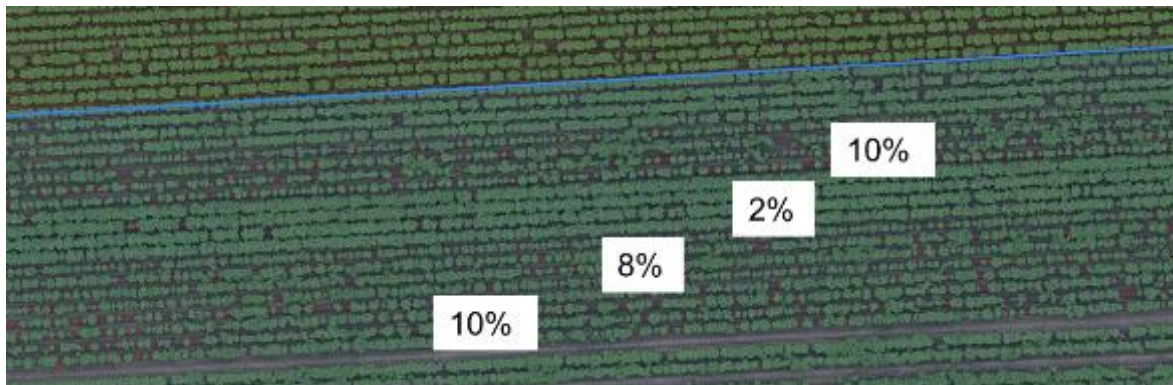
## Reusel vs. Tollebeek



Figuur 68: Opkomstproblemen op de proefvelden tegen elkaar uitgezet voor de 18 partijen met een voorjaarsmonster (400 knollen per partij per proefveld). Drie partijen vallen negatief op, ook al zijn de problemen beperkt. Kleuren geven drie verschillende rassen weer. Lege plekken, kleine planten en bacterieplanten zijn als probleem geteld

## Uitplant met reguliere plantmachine

De vier partijen die met de reguliere plantmachine uitgeplant waren, hadden allemaal een groter percentage lege plekken dan in het monster dat met de proefveldplantmachine was uitgeplant. Drie van de vier partijen hadden rond de 10% lege plekken (Figuur 69)



Figuur 69: Dronebeeld van de vier met de reguliere plantmachine uitgeplante partij. Per partij zijn er vier rijen over de hele lengte van het perceel uitgeplant. De percentages lege plekken zijn op basis van de dronebeelden bepaald (rode punten geven lege plantplaatsen aan).

Een deel van de lege plekken bij uitplant met de reguliere plantmachine zou door mechanische missers kunnen komen (geen knol geplant). Steekproefsgewijs is gegraven op lege plantplaatsen. Soms kon een (klein) restant van een weggerotte knol gevonden worden, vaak ook niet. Omdat één van de vier partijen slechts 2% lege plekken had, vermoeden we dat het grootste deel van de lege plekken niet door mechanische missers maar door weggerotte knollen komt. Bij deze partijen lijken opkomstproblemen beperkt te blijven zo lang de uitplant zeer zachtzinnig is (bijvoorbeeld met de proefveldplanter).

Tabel 7: Verschillen tussen het percentage lege plantplaatsen bij uitplant met proefveldplantmachine en bij uitplant met reguliere plantmachine

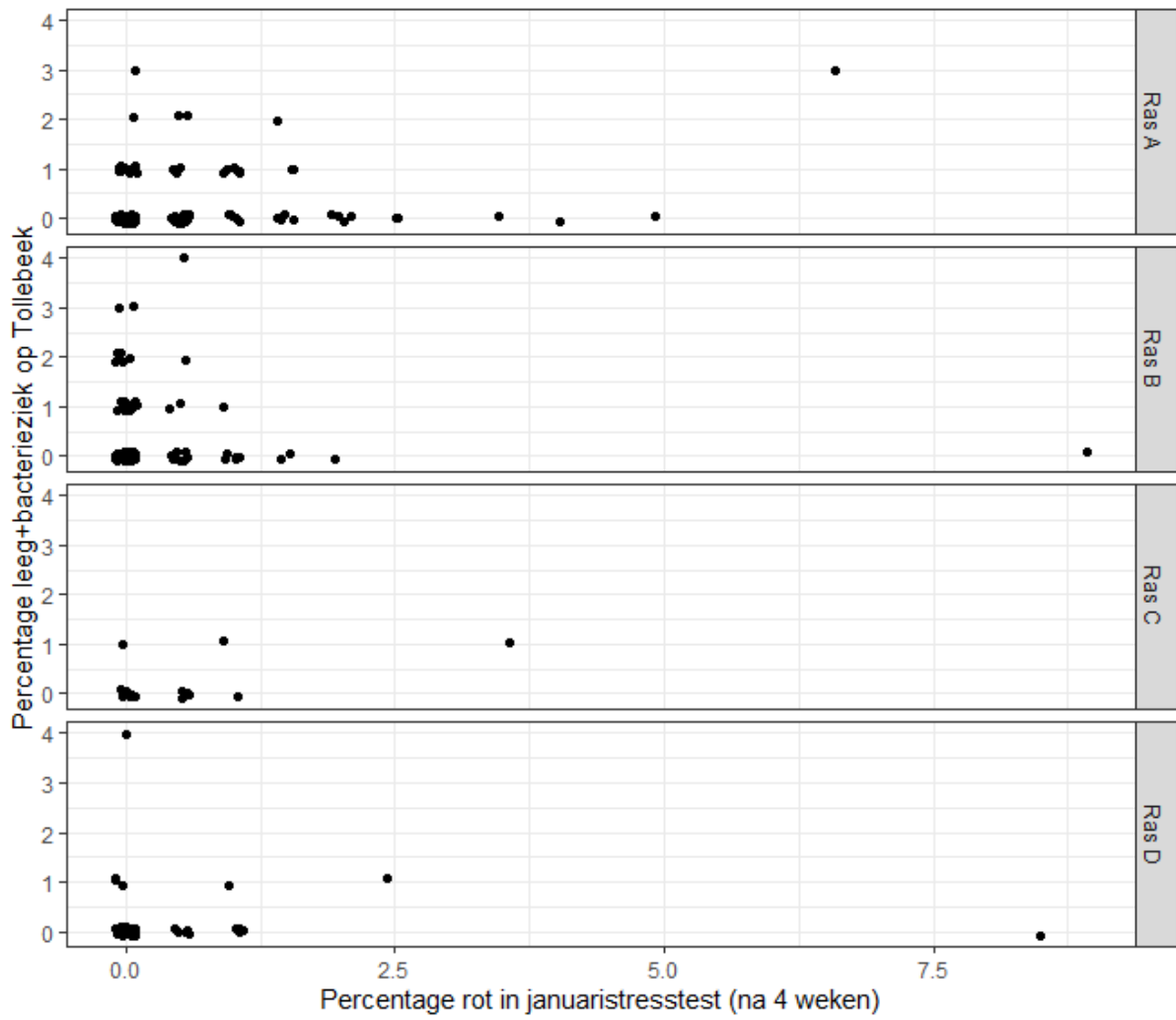
Partij	Percentage leeg bij uitplant met proefveldplantmachine (voorjaarsmonster, 400 knollen)	Percentage leeg bij uitplant met reguliere plantmachine (voorjaarsmonster, ca 2000 knollen)
1	1,25%	10%
2	0,75%	2%
3	1,25%	8%
4	2,25%	10%

## Voorspellend vermogen van de stresstest

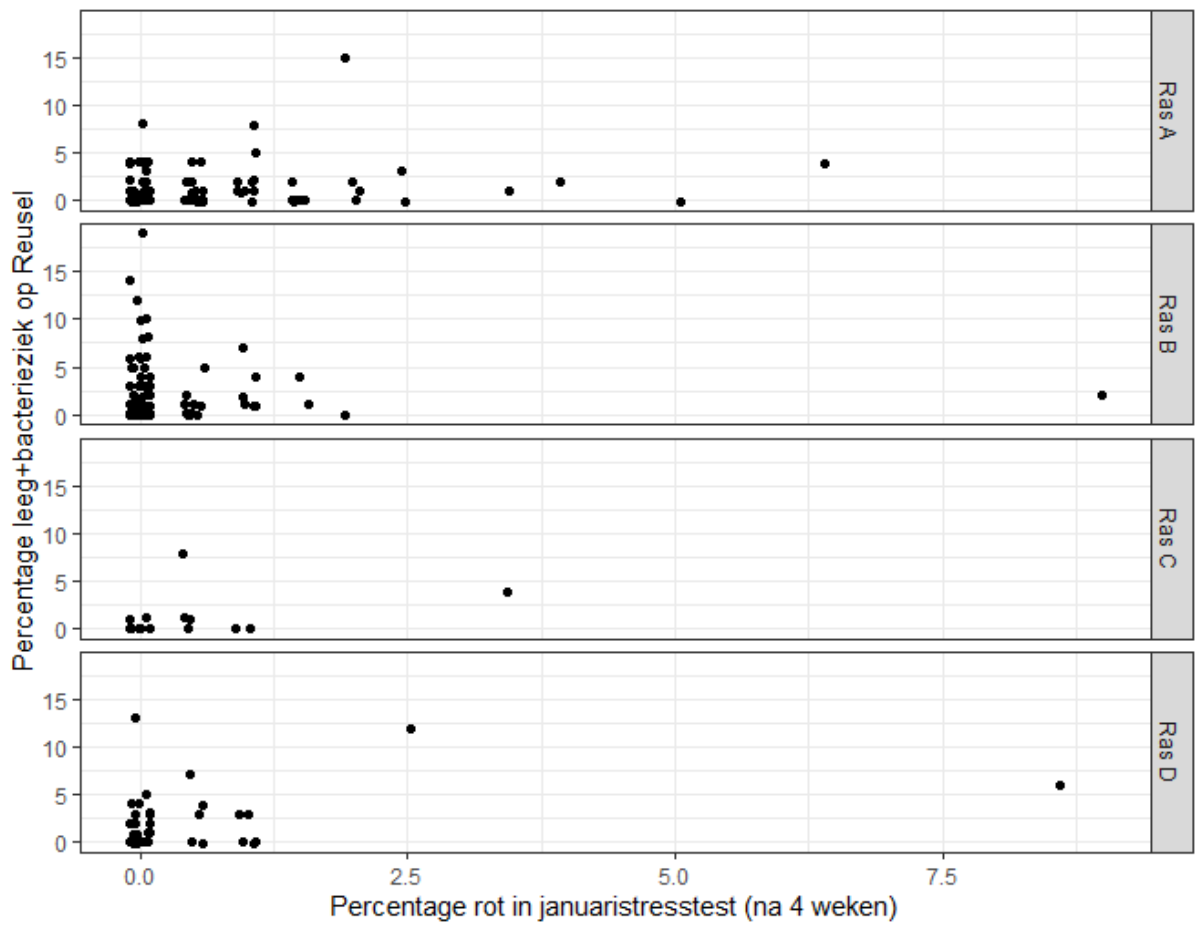
Er was geen duidelijke relatie tussen de uitslag van de januaristresstest en opkomstproblemen in de najaarsmonsters (Figuur 70 en Figuur 71). Uitplant betrof kleine monsters van 100 knollen per partij die vrijwel de gehele bewaarperiode goed geventileerd in kratjes waren bewaard. Op proefveld Tollebeek waren nauwelijks problemen en op proefveld Reusel leken de problemen niet gerelateerd aan de pootgoedkwaliteit (zie vorige sectie). De gegevens van de najaarsmonsters geven weinig inzicht in een verband tussen de stresstest en risico op opkomstproblemen.

De gegevens van het voorjaarsmonster tonen wel een duidelijk verband tussen de stresstestuitslag en de mate van opkomstproblemen. De drie partijen die in de voorjaarsstresstest negatief opvielen, vielen ook negatief op op proefveld Tollebeek (Figuur 72). De opkomstproblemen bleven beperkt tot maximaal rond de 5%. Er was ook een partij die niet bijzonder negatief opviel in de stresstest (rotpercentage ca 2%) maar wel ruim 5% opkomstprobleem gaf op Proefveld Tollebeek (Figuur 72 ras B). Toch was dit een partij met de slechtste score van dat ras in de voorjaarsstresstest en met een slechte score in de testen op het najaarsmonster (Figuur 59 middelste paneel).

Ook op proefveld Reusel was er een duidelijke relatie tussen opkomstproblemen in het veld en de uitslag van de voorjaarsstresstest. En wel op een vergelijkbare wijze als op proefveld Tollebeek met ook naast de drie duidelijk door de stresstest aangewezen partijen ook voor ras B een slechtere opkomst voor de partij die het zwakste was in de testen (Figuur 73). Het percentage rotte knollen twee á drie weken na onderdompeling kan de partijen met relatief meer opkomstproblemen aanwijzen. Een percentage rot van ca. twee procent of meer in een voorjaarsstresstest lijkt een goede aanwijzing voor verhoogd risico op opkomstproblemen.

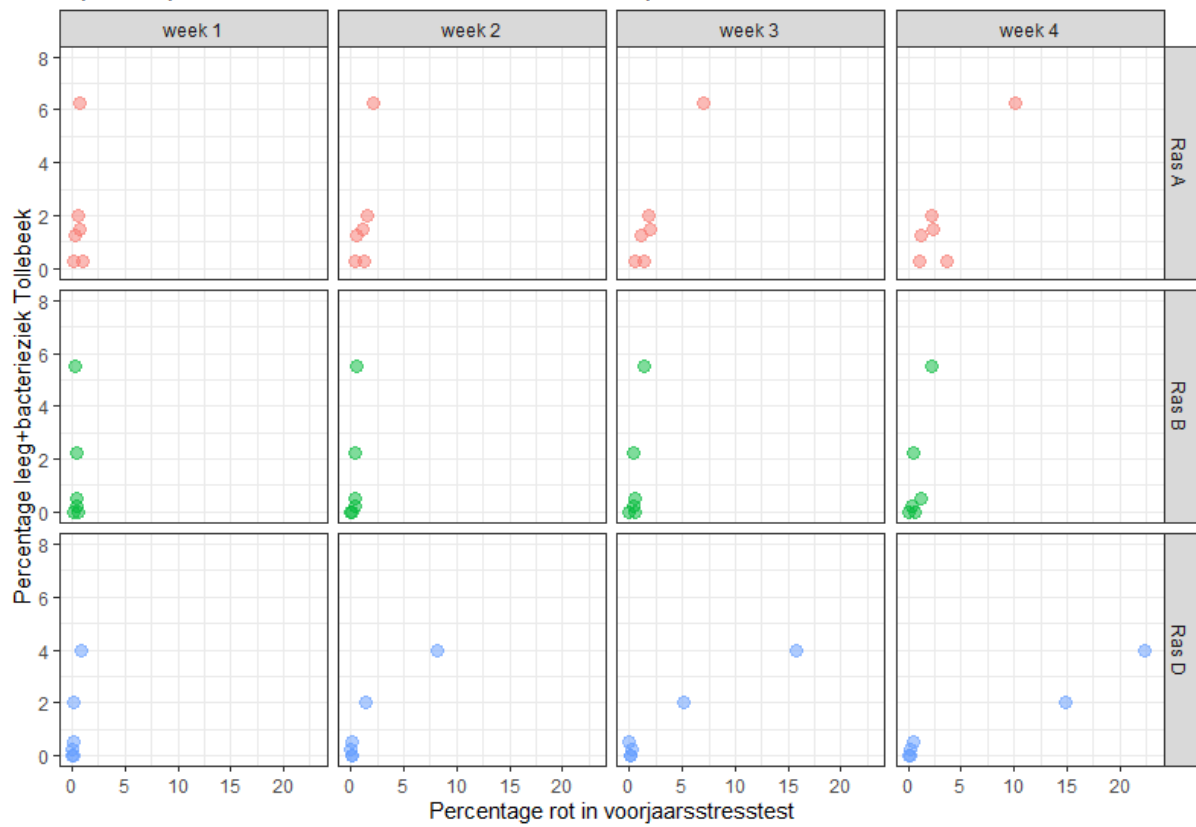


Figuur 70: Opkomstproblemen najaarsmonster op proefveld Tollebeek (100 knollen per partij) vs. uitslag van de januaristresstest (200 knollen). Er is geen duidelijke samenhang.



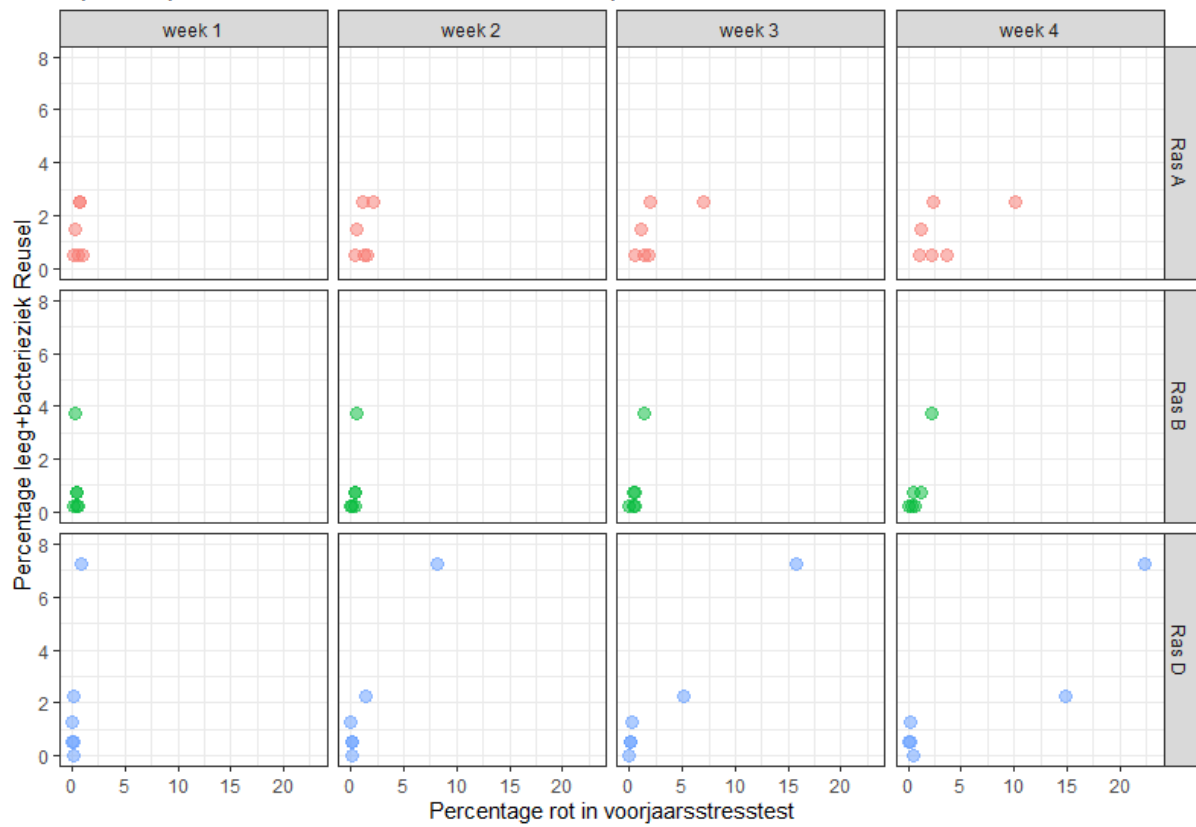
Figuur 71: Opkomstproblemen najaarsmonster op proefveld Reusel (100 knollen per partij) vs. uitslag van de januaristresstest (200 knollen). Er is geen duidelijke samenhang.

### Opkomstprobleem Tollebeek en stresstestscore per week



Figuur 72: Relatie tussen opkomstproblemen op proefveld Tollebeek voor de 18 partijen met een voorjaarsmonster. Percentage opkomstprobleem is gemiddeld over 400 knollen. Percentage rot in de voorjaarsstresstest (ringtest) is gemiddeld over 1200 knollen. Na twee á drie weken zijn zwakkere partijen te onderscheiden.

### Opkomstprobleem Reusel en stresstestscore per week



Figuur 73: Relatie tussen opkomstproblemen op proefveld Reusel voor de 18 partijen met een voorjaarsmonster. Percentage opkomstprobleem is gemiddeld over 400 knollen. Percentage rot in de voorjaarsstresstest (ringtest) is gemiddeld over 1200 knollen. Na twee á drie weken zijn zwakkere partijen te onderscheiden.



## Conclusie na het vijfde jaar

### **De meeste partijen geven weinig opkomstproblemen**

Slechts een klein deel van alle onderzochte partijen heeft een slechte score in de stresstest. De meeste partijen geven een goede opkomst op de proefvelden. Hierbij komt wel de opmerking dat het voorjaar van 2021 warm en droog was. Dit is gunstig is voor de opkomst en zorgt er voor dat we dit jaar minder goed kunnen beoordelen hoe pootgoedpartijen presteren bij ongunstigere (natte en koude) omstandigheden.

### **Stresstesten vereisen een voldoende groot monster**

Om een goed onderscheid te kunnen maken tussen partijen met nauwelijks (<2%) zwakke knollen en partijen met substantiële aantallen zwakke knollen (>5%) is een monstergrootte van ca. 600 knollen nodig. Bij kleinere monstergrootte (bijvoorbeeld 100 knollen) is er een grote kans dat het monster een veel groter of veel kleiner percentage zwakke knollen bevat dan de partij.

### **Een definitief oordeel geven over een partij kan pas laat in het bewaarseizoen**

Uitslagen van een stresstest uitgevoerd in het najaar kunnen heel anders zijn dan uitslagen van stresstesten aan het einde van het bewaarseizoen. De kwaliteit van het pootgoed kan tijdens de bewaring veranderen en latere stresstesten hebben een beter voorspellend vermogen voor opkomstproblemen dan vroege stresstesten. Het uitvoeren van een stresstest voor eind december lijkt weinig zin te hebben omdat knollen dan nog onvoldoende afgehard zijn.

### **Zwakkere partijen gedetecteerd in voorjaarsstresstest**

Uiteindelijk hadden drie van de 18 partijen met een voorjaarsbemonstering een relatieve zwakke opkomst. Deze partijen hadden ca 5% opkomstproblemen (lege plekken of bacterieplanten). Deze drie partijen kwamen van drie verschillende rassen en hadden binnen dat ras de slechtste score. Twee van de drie hadden duidelijk een slechte score in de stresstest met een rotpercentage van vijf procent of meer na 3 weken. Bij de derde zwakke partij bleef het rotpercentage beperkt tot ca. twee procent. Naast deze drie partijen was er nog een partij die opviel in de stresstest met een rotpercentage van ca. 5% na 3 weken. Deze partij had ook een relatief slechtere opkomst op de proefvelden met een probleemperscentage van ca. 2% op beide locaties.

### **Praktijkomstandigheden kunnen voor extra problemen zorgen**

Op proefveld Reusel zagen we extra opkomstproblemen die meer gerelateerd waren aan lokale perceelsomstandigheden (aaltjes) dan aan de pootgoedkwaliteit. Daarnaast zagen we dat een reguliere wijze van uitplanten ook voor meer problemen zorgt dan uitplant met een proefveldplanter. Hier is het aannemelijk dat 'zwakkere' partijen gevoeliger zullen zijn dan sterke partijen (een interactie tussen uitgangskwaliteit en negatieve keteninvloeden). Voor vervolgonderzoek is het wenselijk om na te gaan hoe goed stresstesten de opkomst bij reguliere uitplant kunnen voorspellen.



## Onderzoek en resultaten bewaarseizoen 2021-2022

### Introductie projectplan ketenproject jaar 2021-2022

In het zesde projectjaar heeft de NAK monsters van 229 partijen pootgoed van vier verschillende rassen aan een stresstest onderworpen. Handelshuizen hebben hun eigen partijen ook met eigen testfaciliteiten getoetst. Op basis van de eerste stresstestronde zijn van elke ras ca. vier relatief slecht scorende partijen en vier relatief goed scorende partijen geselecteerd voor een tweede stresstest en uitplant op twee proefvelden.

Een deel van de voor de tweede stresstestronde geselecteerde partijen is extra bemonsterd voor enkele experimenten met verschillende uitvoeringsvarianten van de stresstest. Deze extra experimenten betreffen een ringtest op verschillende locaties (Emmeloord bij Agrico, Stiens bij HZPC en Rilland bij Meijer). Daarnaast is er in Emmeloord een experiment met hogere temperatuur van het water bij de onderdompeling en in Rilland een experiment met langere droogtijd uitgevoerd.

In april zijn de geselecteerde partijen op een proefveld bij Tollebeek (Noordoostpolder) en bij Reusel (Noord-Brabant) uitgeplant met een reguliere plantmachine. De opkomst is in juni beoordeeld en gebruikt om het voorspellend vermogen van de stresstest(varianten) te bepalen.

### Stresstest: Onderdompelingstoets en omstandigheden klimaatcel

#### Eerste stresstestronde (januari 2022)

In januari 2022 zijn door de NAK bij het kwaliteitscentrum van Agrico monsters van 229 partijen pootgoed aan een stresstest met onderdompeling blootgesteld (Tabel 8). De stresstest bestond uit 24 uur onderdompeling in leidingwater gevolgd door ongeveer 5-6 uur drogen in een goed geventileerde loods en daarna incubatie in klimaatcel op 20C en ca 80% relatieve luchtvochtigheid. Zie het protocol van de stresstest voor details.

*Tabel 8: Monsteraantallen in de eerste stresstestronde van seizoen 2021-22. Deelnemende handelshuizen hebben ook een toets met de eigen faciliteiten uitgevoerd).*

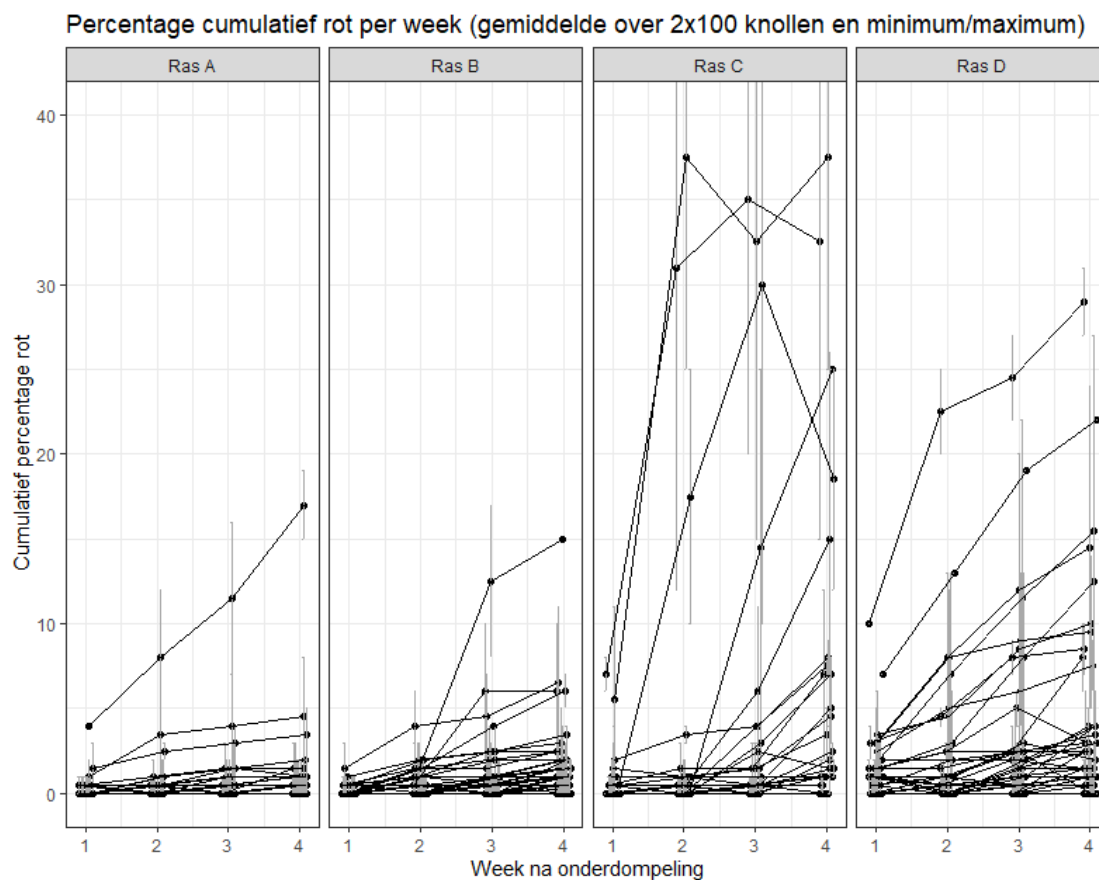
Ras	Aantal partijen getoetst door NAK	Aantal knollen per partij	Test bij handelshuis
Ras A	53	200	Onderdompelingstoets
Ras B	98	200	Incubatie in klimaatcel
Ras C	32	200	Onderdompelingstoets
Ras D	46	200 (8 partijen 100 knollen)	Onderdompelingstoets
<b>Totaal</b>	<b>229</b>		

Van elk ras waren er partijen met substantiële aantallen knollen die na verloop van tijd gingen rotten (Figuur 52). Net zoals in voorgaande jaren lijken sommige rassen relatief meer partijen met gevoeligheid voor rot te hebben dan andere rassen. Voor alle rassen geldt echter dat de meeste partijen weinig rot tonen (Figuur 53).

Voor twee van de vier rassen waren de stresstestresultaten van de door de NAK uitgevoerde test niet in lijn met de resultaten van de toets bij de betreffende handelshuizen. Voor een van deze rassen/handelshuizen geldt dat de test dit jaar voor het eerst is toegepast op het ras bij zowel de NAK als bij het handelshuis en dat het handelshuis de test met een nieuwe enigszins experimentele klimaatcel uitvoerde. Voor het andere ras en handelshuis was er in de ringtest van voorjaar 2021 een goede samenhang tussen de resultaten van de NAK en die van het handelshuis. In 2022 was de

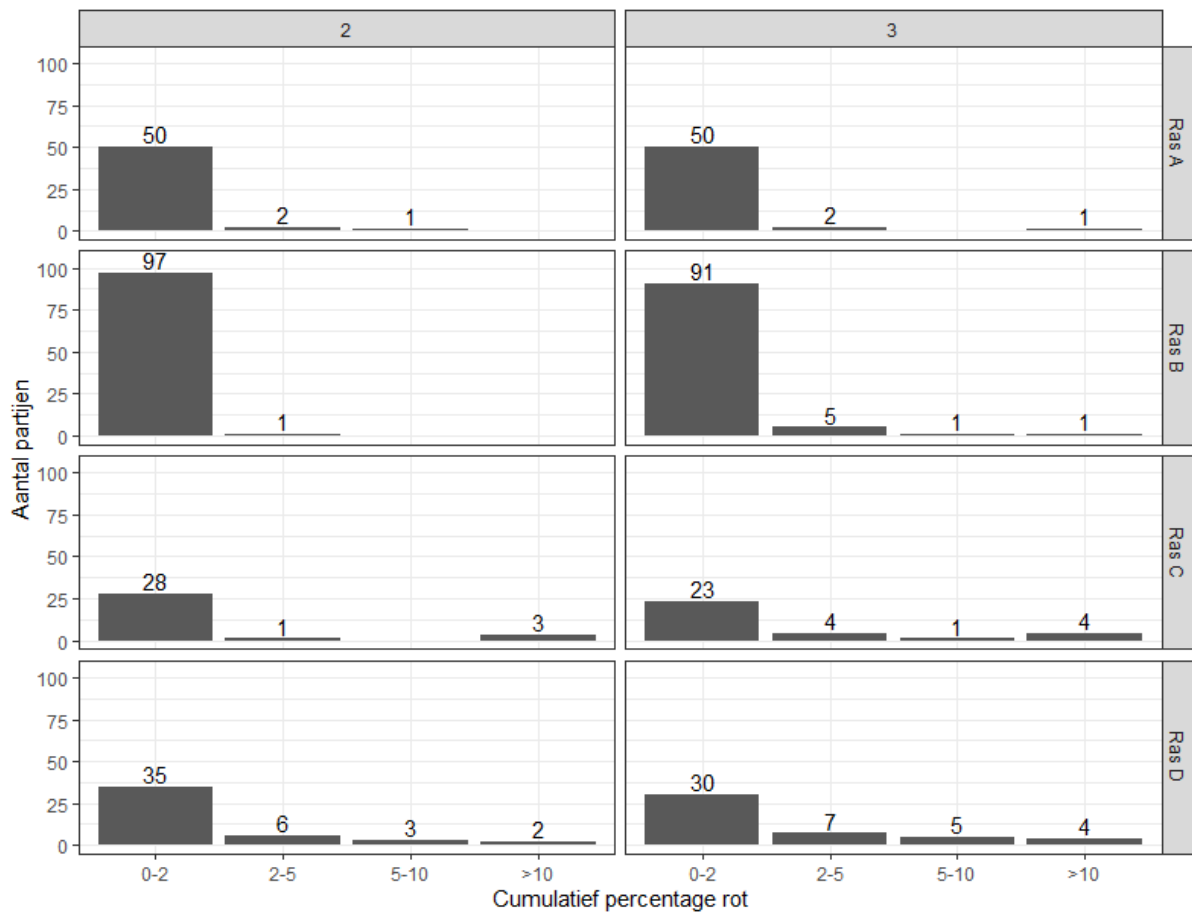
uitvoering bij het handelshuis op enkele punten aangepast t.o.v. het jaar ervoor. Dit is een plausible verklaring voor het verschil. Meer hierover verderop in dit rapport. Het gebrek aan overeenkomst was aanleiding voor een extra ringtest in 2022.

De rotpercentages van de NAK-toets gaven voldoende mogelijkheid om onderscheid tussen partijen te maken en de resultaten na 3 weken zijn gebruikt om de slechtst scorende partijen te selecteren voor een tweede stresstest. Daarnaast zijn van elk ras ook enkele goed scorende partijen geselecteerd. Met name scores tot 3 weken na onderdompeling lijken voorspellende waarde te hebben voor de kwaliteit van een partij. Bij langere incubatie kunnen ook sterkere partijen rot gaan vertonen.



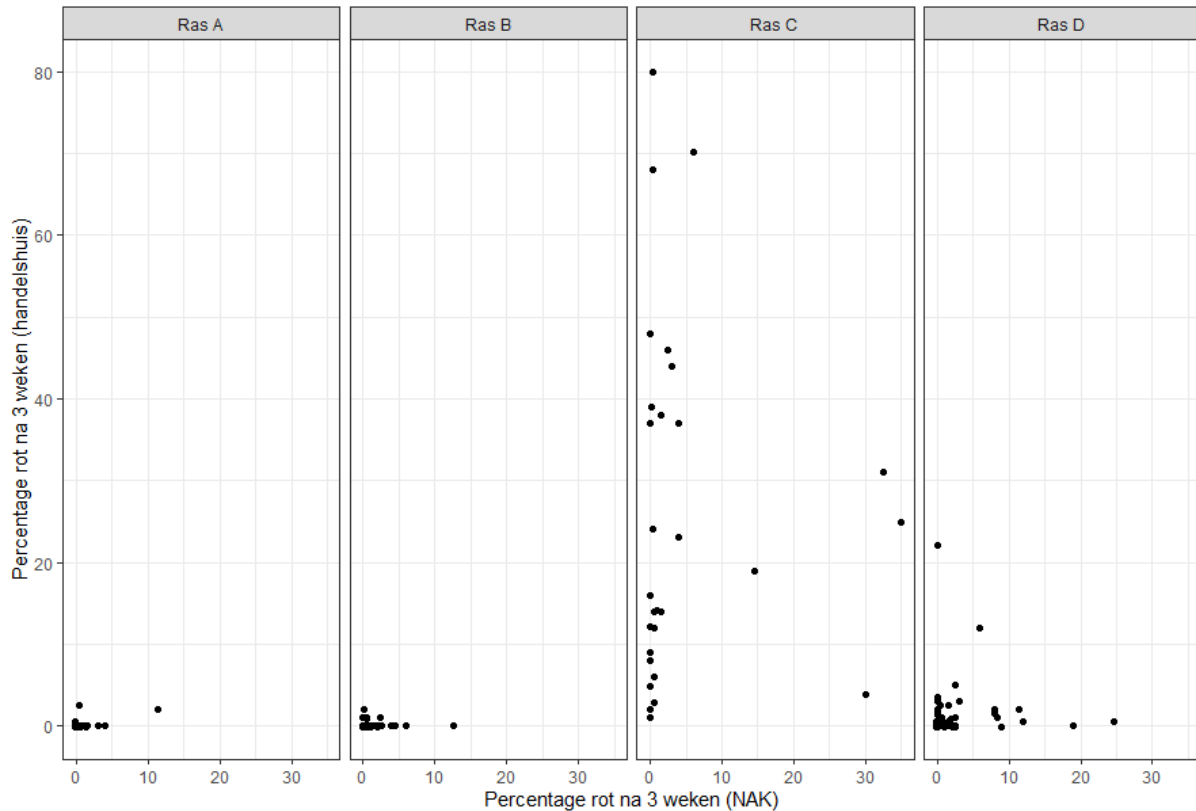
Figuur 74: Cumulatieve percentages knollen met aantasting door rot (natrot en/of droogrot). De zwarte punt toont het gemiddelde over 2 submonsters van 100 knollen. De grijze balkjes geven de minimum- en maximumpercentages weer. Omdat droogrotte knollen niet tussentijds verwijderd waren en steeds opnieuw geteld moesten worden, kunnen de percentages ook dalen (meestal doordat kleine aantastingsplekjes en beschadigingen soms op rot lijken en niet altijd consistent beoordeeld worden).

Januaristresstest: Rot na 2 en 3 weken



Figuur 75: Aantal partijen met rotpercentages boven specifieke drempelwaardes na 2 en 3 weken incubatie.

### Uitslag januaristresstest bij handelshuis vs. stresstestuitslag bij NAK



Figuur 76: Stresstestscores van de door het handelshuis uitgevoerde toets uitgezet tegen de score bij de NAK-toets (rotpercentages na 3 weken). Twee rassen hadden nauwelijks rot in beide uitvoeringen. Twee andere rassen hadden geen samenhang tussen beide uitvoeringen.

#### Tweede stresstestronde (maart 2022)

In de tweede stresstestronde waren nagenoeg alle partijen met een (zeer) slechte score in de eerste stresstest nogmaals bemonsterd en getoetst. Daarnaast van elk ras ook enkele partijen met een zeer goede uitslag in de eerste ronde. In de tweede ronde is gewerkt met een monster van 600 knollen per partij. Van één ras zijn de monsters te laat of niet aangekomen. Deze partijen zijn niet meer door de NAK getoetst, wel door het handelshuis.

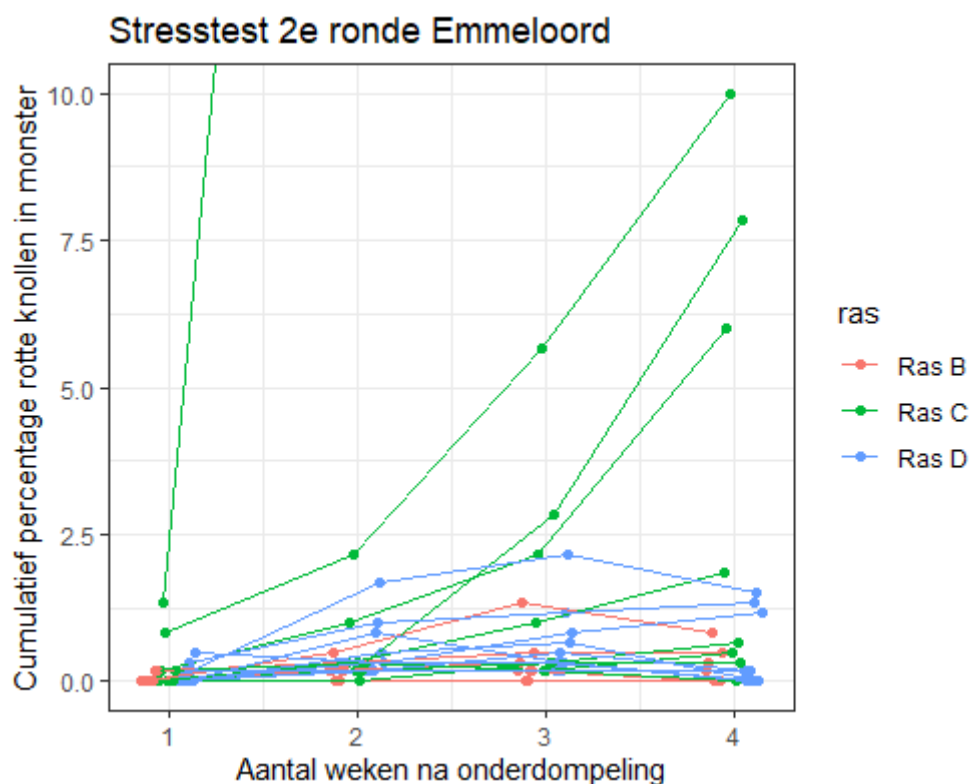
Met een klein aantal partijen is ook een ringtest uitgevoerd en enkele aparte stresstesten voor een verkenning van de invloed van verschil in uitvoeringswijze:

- 1) In Emmeloord een stresstest met onderdompeling in reeds opgewarmd water (ca 15,5C) ter vergelijking met een test met onderdompeling in vers leidingwater (ca 9,5C).
- 2) In Rilland een stresstest met ca. 24 uur droogtijd (zoals voorgaande jaren in Rilland) ter vergelijking met een test met ca. 6 uur droogtijd (zoals dit jaar in de eerste stresstest in Rilland en zoals gangbaar in Emmeloord en Stiens)

Tabel 9: Monsteraantallen in de tweede stresstestronde van seizoen 2021-22. Deelnemende handelshuizen hebben ook een toets met de eigen faciliteiten uitgevoerd).

Ras	Standaard toets 2 <sup>e</sup> ronde	Hogere watertemperatuur Emmeloord	Droogtijd Rilland	Standaard 2 <sup>e</sup> ronde Stiens	Aantal knollen per partij per experiment
Ras A	0		4	4+4	600
Ras B	8	4	4	4	600
Ras C	9	4	4	4	600
Ras D	9				
<b>Totaal</b>	<b>26</b>				

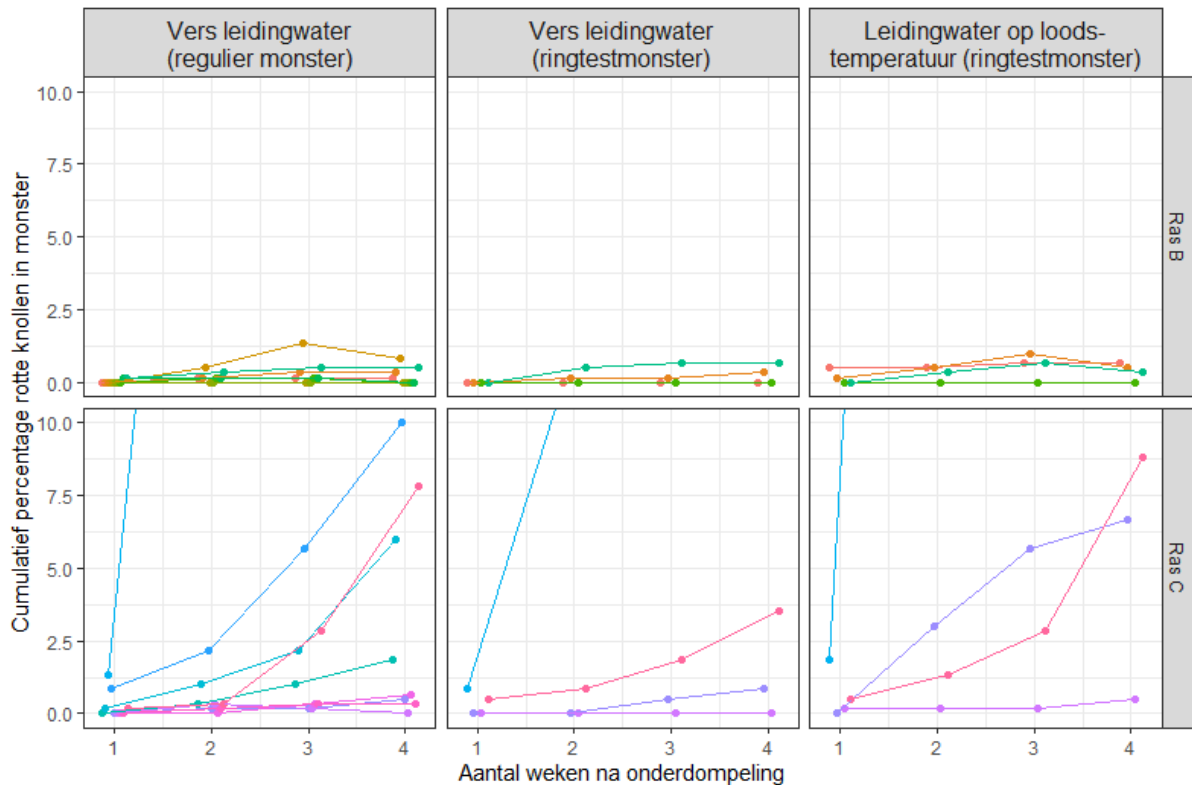
In Tabel 5 is te zien hoeveel partijen in welk experiment meededen. De ringtest van 2022 was minder compleet en gebalanceerd uitgevoerd dan de ringtest in 2021. Alleen in Stiens zijn van 3 rassen elk 4 partijen getoetst. In Emmeloord en in Rilland ontbreekt een ras.



Figuur 77: Resultaten tweede stresstest in Emmeloord. De zwakste partij had na twee weken al meer dan 30% rot.

In de reguliere stresstest zagen we dat één partij al na twee weken gemiddeld meer dan 10% rot liet zien (Figuur 54). Uiteindelijk waren er vier partijen, allemaal van het hetzelfde ras, die na 3 en 4 weken meer dan 2% rot toonden. Na twee weken waren er slechts twee partijen met meer dan 2% rot. Dit betekende dat relatief veel partijen, vooral voor ras D, een beduidend betere score hadden in de tweede stresstest dan in de eerste stresstest. Mogelijk waren sommige partijen, en dit leek vooral voor ras D te gelden, in december/januari nog onvoldoende afgehard zijn om goed te toetsen. De zwakke partijen in de tweede stresstest waren allemaal ook zwak in de eerste ronde.

## Watertemperatuur Emmeloord



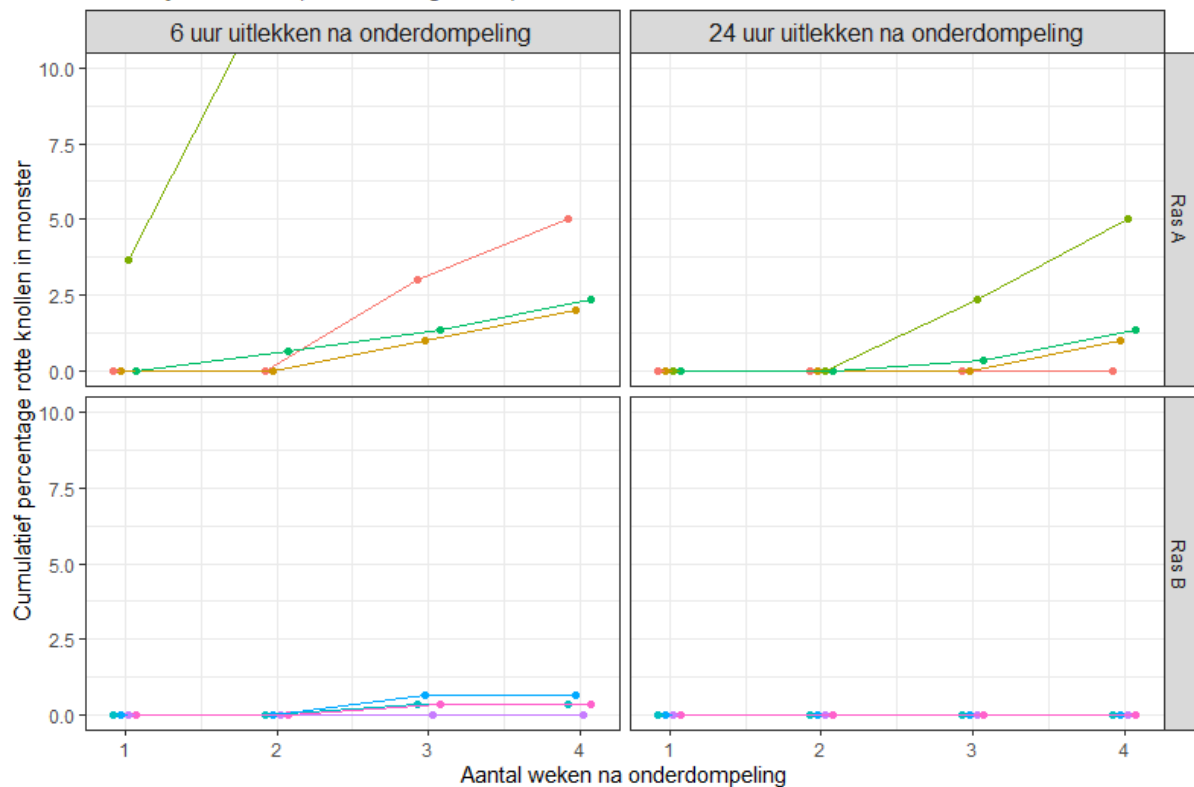
Figuur 78: Resultaten van de tweede stresstestronde voor de twee rassen die zowel in vers (9,5) als in opgewarmd (15,5) water waren ondergedompeld. Merk op dat er ca. 8 partijen per ras in de reguliere toets zaten en 4 partijen per ras in de set van het experiment en de ringtest. Een specifieke kleur geeft altijd een monster van dezelfde partij weer. Er is één partij die duidelijk slechter scoorde na onderdompeling in opgewarmd water (paarse lijn rechtsonder). De slechtste partij schoot er in alle gevallen duidelijk uit met overal rotpercentages boven de 50% na 3 weken.

Met betrekking tot watertemperatuur (Figuur 55) zagen we dat de hogere temperatuur voor één van de achte partijen in het experiment een grote invloed had. Deze partij scoorde substantieel slechter bij hogere watertemperatuur.

Merk op dat bij steekproefgroottes van 600 knollen toeval alleen al 5% kans geeft dat twee monsters van exact dezelfde partij, op exact dezelfde wijze getoetst ca. 2 procentpunt of meer van elkaar verschillen. In andere woorden kan men stellen dat verschillen vanaf ca. 2 á 3 procentpunt statistisch significant zijn (bij een significantieniveau van 0,05). Bij een monster van 200 knollen is dit ca. 4 á 5 procentpunt en bij een monster van 1400 knollen 1 á 2 procentpunt. Dit zijn grove indicaties. Ook grotere verschillen kunnen door toeval ontstaan en ook kleinere verschillen kunnen 'echte' verschillen zijn.



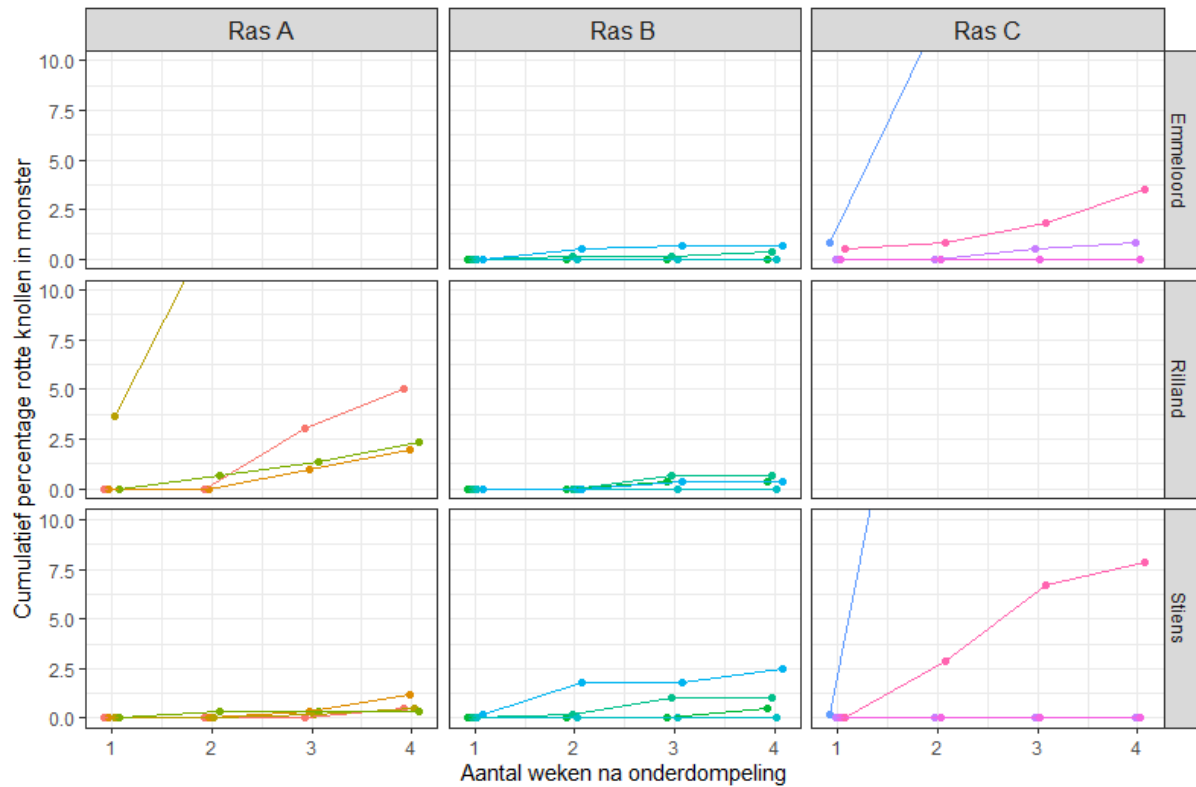
### Uitlektijd: Rilland (vers leidingwater)



Figuur 79: Effect van uitlektijd op de mate van rot na de stresstest.

Met betrekking tot uitlektijd in Rilland zagen we dat twee van de acht partijen in het experiment substantieel meer rot toonden bij een korte uitlektijd. Deze twee partijen lieten bij toetsen op de andere locatie nauwelijks rot zien. Bij de vergelijking van de verschillende locaties (Figuur 80) zagen we dat Ras A in Rilland duidelijk afwijkend scoorde. Voor ras B waren de verschillen gering en meestal binnen het bereik dat ook door toevallige bemonstering kan ontstaan. De partij met de slechtste score schoot er zowel in Emmeloord als in Stiens duidelijk uit, ook de één-na-slechtst scorende partij onderscheidde zich op beide locaties (deze partijen waren helaas niet getoetst in Rilland).

### Ringtest: Verschillende locaties (vers leidingwater, 6 uur uitlektijd)



Figuur 80: Vergelijking tussen testlocaties. De zwakste partij onderscheidde zich duidelijk in Emmeloord en in Stiens met rotpercentages van meer dan 40% na 3 weken. Merk op dat in Rilland de uitslagen van een test met een uitlektijd van 24 uur (niet getoond in dit figuur, zie Figuur 79) beter correspondeerde met de uitslagen van testen op de andere locaties. Merk ook op dat de één-na-slechtste partij van de ringtest in Emmeloord (roze rechtsboven) in de reguliere toets (zie Figuur 54) met precies dezelfde uitvoering iets slechter scoorde en meer vergelijkbaar met de uitslag in Stiens.

## Opkomstproblemen in het veld

In totaal waren 26 partijen op twee proefvelden uitgeplant. In tegenstelling tot voorgaande jaren, waar een proefveldplantmachine was gebruikt, was in 2022 op de bij de proefveldeigenaar gebruikelijk manier geplant met een gangbare plantmachine. Uit de proeven van voorgaande jaren bleek dat de stresstest de opkomstproblemen op proefvelden redelijk goed kon voorspellen. De problemen op de proefvelden waren in de regel echter veel kleiner dan in de praktijk. Naast allerlei andere ketenfactoren vermoeden we dat gangbaar planten meer problemen geeft dan planten met de proefveldplanter. Om de waarde van de voorspelling van de stresstest beter in te schatten voor praktijksituaties zijn de proefvelden dit jaar met een gangbare plantmachine uitgeplant met een monster van 1400 knollen over de gehele plantlengte van het perceel. Zie Tabel 6 voor informatie over de twee proefvelden.

Tabel 10: Kenmerken van de twee proefvelden in 2022

	<b>Proefveld Tollebeek</b>	<b>Proefveld Reusel</b>
Grondsoort	Zavel	Zand
Aantal partijen Ras A	7	7
Aantal partijen Ras B	8	8
Aantal partijen Ras C	9	9
Aantal partijen Ras D	2	2
Aantal knollen per partij	1400 (enkele uitzondering met minder knollen)	1400 (enkele uitzondering met minder knollen)
Plantdatum	29 april 2022	14 april 2022
Plantwijze	Aanaarden na 2 weken	Planten en aanaarden in één gang
Beoordelingsdatum	22 juni 2022	3 juni 2022

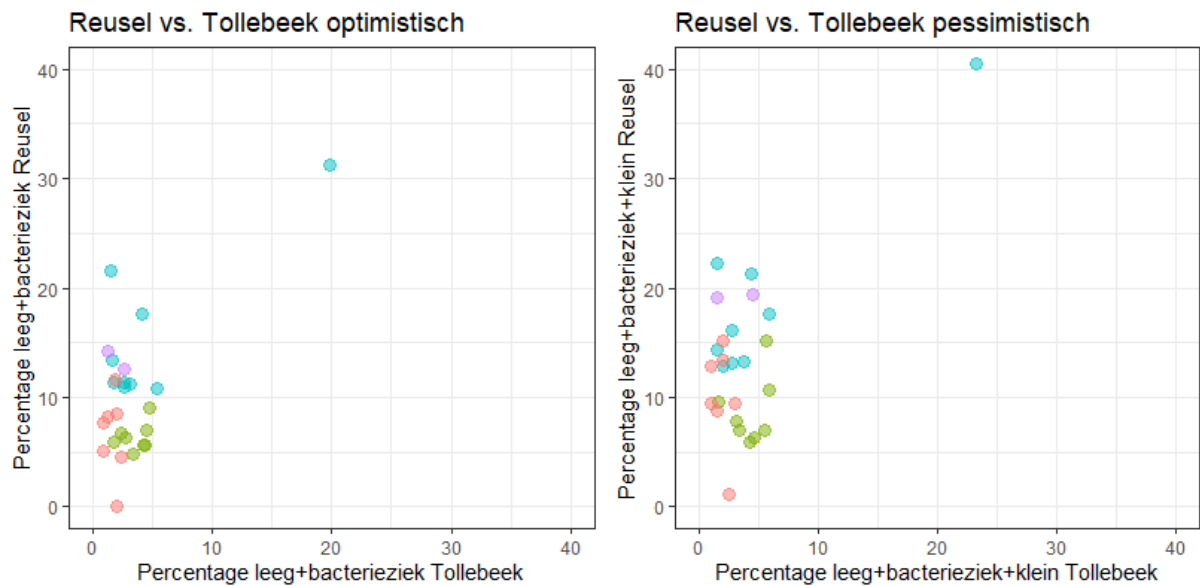
In juni 2022 zijn op beide proefvelden handmatige tellingen uitgevoerd om van elke partij het percentage niet opgekomen planten, bacteriezieke planten en het aantal kleine (achterblijvende) planten te bepalen. Steekproefsgewijs is op lege plantplaatsen gegraven en de knoltoestand (geen knol, rottende knol, gezonde kiem etc.) genoteerd. Deze gegevens zijn gebruikt om twee maten van opkomstproblemen te berekenen:

- 1)  $(\text{Aantal lege plekken} * (1 - \text{fractie lege plekken met knol met gezonde kiem}) + \text{aantal bacterieplanten}) / \text{aantal plantplaatsen}$
- 2)  $(\text{Aantal lege} + \text{aantal bacterieplanten} + \text{aantal kleine planten}) / \text{aantal plantplaatsen}$

De eerste berekening geeft een optimistisch cijfer: Alle knollen die kiemen of niet zichtbaar bacterieziek boven de grond staan tellen mee voor de opkomst. De tweede berekening geeft een pessimistisch cijfer: Alleen planten die op beoordelingsmoment voldoende groot en geen zichtbare symptomen van bacterieziek hadden tellen mee voor de opkomst. In de regel bestaan problemen uit lege plantplaatsen of kleine planten. Het maximaal gevonden percentage bacterieplanten was ca. anderhalf procent.

Figuur 67 laat de opkomst op de proefvelden zien voor zowel de optimistische als de pessimistische berekening. Opvallend is dat vrijwel alle partijen (soms veel) slechter scoren op Reusel dan op Tollebeek. Daar waar op Tollebeek slechts één partij meer dan 10% opkomstprobleem had, gold dit

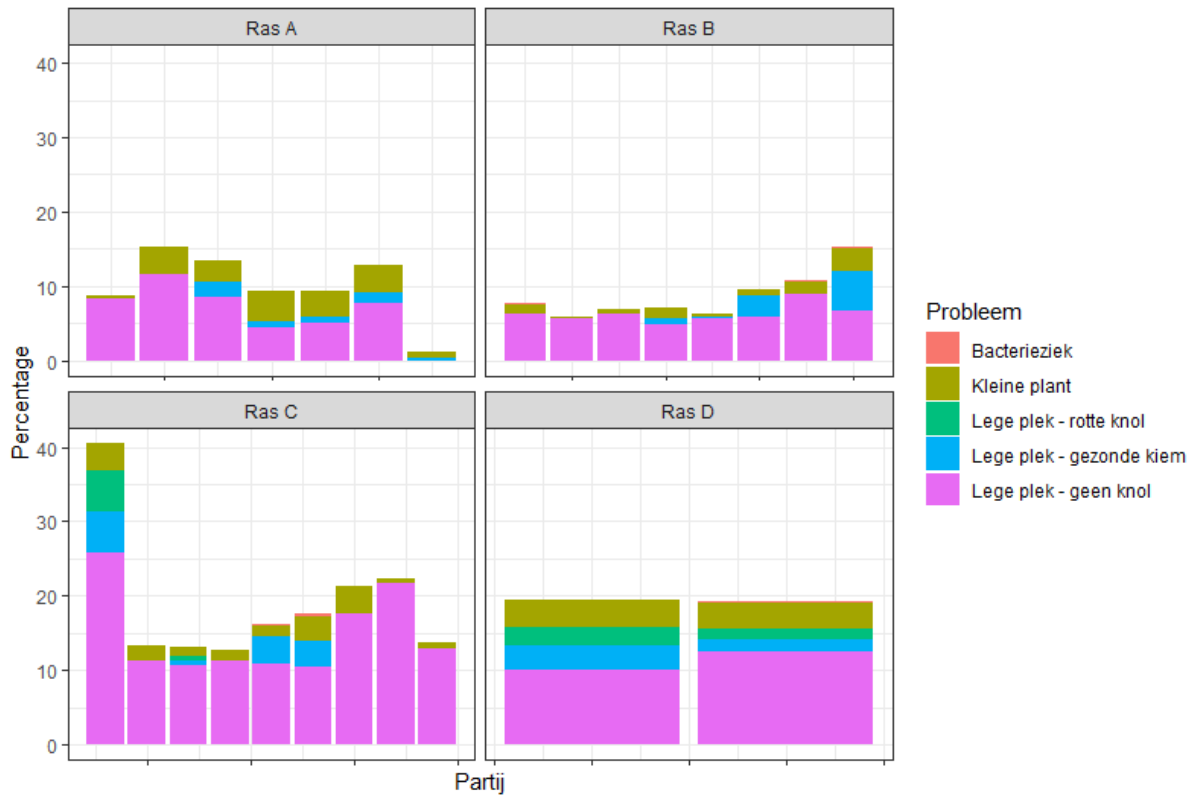
voor meer dan de helft van de partijen op proefveld Reusel. Op beide plekken was duidelijk dezelfde partij verreweg het zwakst.



*Figuur 81: Opkomstproblemen op de proefvelden tegen elkaar uitgezet bij de optimistische (links) en bij de pessimistische berekening (rechts). De zwakste partij had op beide velden veel problemen. Voor de overige partijen was er geen of nauwelijks verband tussen de opkomst op de twee proefvelden. Partijen hadden een slechtere opkomst op Reusel (minimaal ca.5% probleem) dan op Tollebeek (m.u.v. één partij maximaal ca. 5% probleem)*

Opvallend is dat op proefveld Reusel bijna alle partijen minimaal 5% lege plekken hebben. Als steekproef was op 20-40 plantplaatsen per partij gegraven om de knoltoestand te beoordelen. Op veel plekken is geen knol teruggevonden. Dit kan betekenen dat daar nooit een knol is geplant (mechanische misser) of dat de knol al is weggerot. Waarschijnlijk komen beide oorzaken voor. Zie Figuur 82 voor een overzicht van de waargenomen problemen op proefveld Reusel.

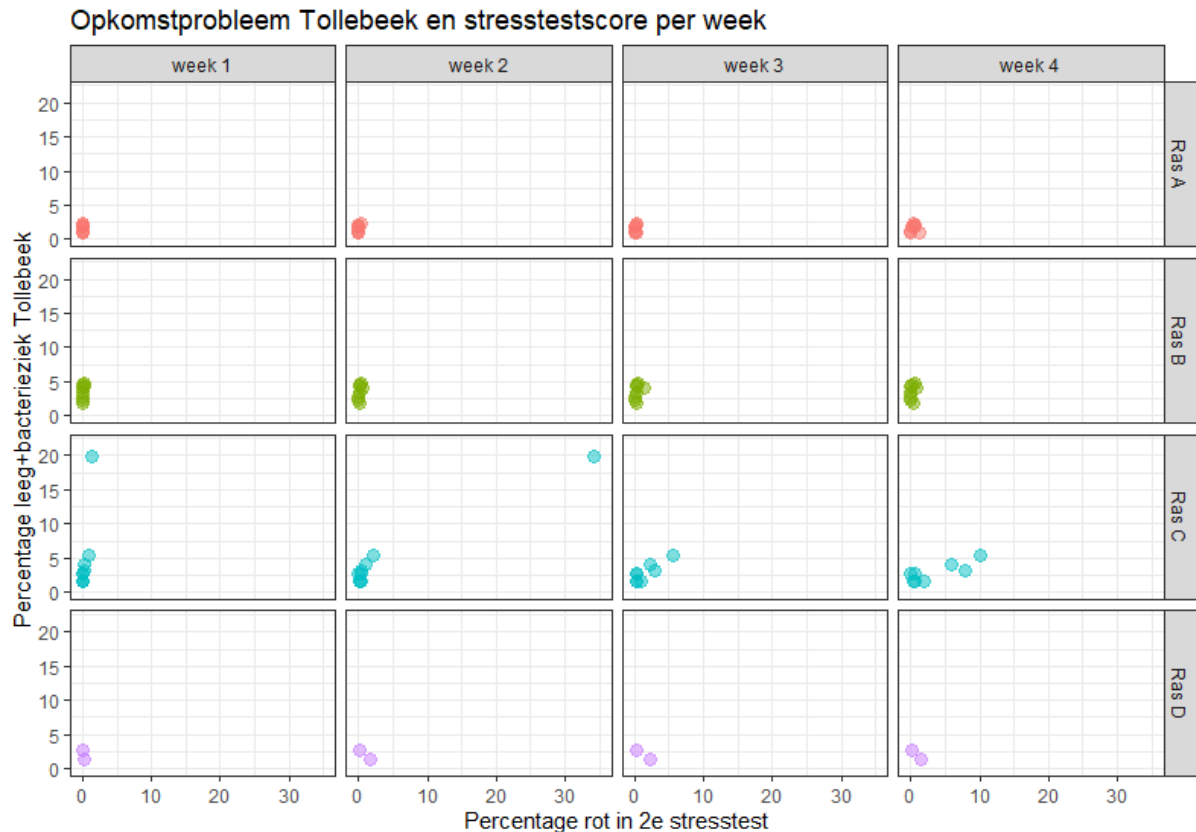
### Opkomstproblemen op proefveld Reusel



Figuur 82: Soort problemen op proefveld Reusel. Op lege plekken zonder knol kan de knol weggerot zijn (pootgoedprobleem) of nooit geplant zijn (mechanische misser). Waarschijnlijk is het een combinatie van beide oorzaken.

## Voorspellend vermogen van de stresstest

De partij die op beide proefvelden de slechtste opkomst liet zien, was ook de partij die in de stresstesten negatief opviel (zie Figuur 83 en Figuur 84). Na twee weken was deze partij goed te onderscheiden in de stresstest. Op Tollebeek had de stresstest ook buiten deze extreme partij een redelijk voorspellend vermogen. De partijen met percentages rot vanaf 2 á 5 procent na 2, 3 en 4 weken vielen ook op proefveld Tollebeek in negatieve zin op met opkomstprobleempersentages van ca. 5%



Figuur 83: Relatie tussen stresstestuitslag tweede stresstestronde (score per week) en opkomstproblemen op proefveld Tollebeek. **Merk op dat de zwakste partij vanaf 3 weken een stresstestscore heeft die buiten de schaal valt.** Voor Ras A komen de stresstestscores van het handelshuis. Voor de andere rassen komen de scores van de NAK.

Wanneer over alle rassen bij elkaar wordt gerekend, was er op beide locaties ook los van de extreemste partij een significant voorspellend vermogen van de stresstest. Een zuivere analyse neemt echter ras mee. Op proefveld Reusel had de test, buiten het aanwijzen van de slechtste partij, geen voorspellend vermogen voor het aanwijzen van zwakkere partijen binnen een ras. Waarschijnlijk zorgen ketenfactoren rondom uitplant voor dermate veel problemen en variatie in opkomst dat kleine verschillen in uitgangskwaliteit niet meer opvallen.

Voor de conclusies maakt het weinig verschil of de optimistische of pessimistische opkomstcijfers worden gebruikt. De figuren die de relatie tussen stresstestuitslag en opkomstproblemen laten zien gebruiken de optimistische opkomstcijfers. Ook bij de pessimistische cijfers was er duidelijk meer voorspellend vermogen van test voor de opkomst op proefveld Tollebeek dan op Proefveld Reusel. Met betrekking tot de verschillende stresstestvarianten die in de ringtesten zijn uitgevoerd, kunnen we stellen dat de toets met warmer water en de toets met een kortere droogtijd in Rilland minder voorspellend vermogen hebben dan de basisuitvoering (of de toets met langere droogtijd in Rilland). De partijen die in de alternatieve uitvoering extra rot lieten zien, vielen niet negatief op bij de

proefveldbeoordeling. Wel viel op dat de partij van ras A die in Stiens een rotpercentage had van ca. 2% (de slechtste score van alle partijen van dat ras) op beide proefvelden het slechtste scoorde van alle partijen van dat ras (opkomstprobleempercentages van ca. 5 en 9%). Dit was ook een partij met een opvallend slechte score in de eerste ronde. Het is verleidelijk om ook aan dit soort relaties veel gewicht toe te kennen. Bij verschillen van slechts een paar procent is de kans echter groot dat toeval een grote rol speelt.



Figuur 84: Relatie tussen stresstuitslag tweede stresstronde (score per week) en opkomstproblemen op proefveld Reusel. **Merk op dat de zwakste partij vanaf 3 weken een score heeft die buiten de schaal valt.** Voor Ras A komen de stresstestscores van het handelshuis. Voor de andere rassen komen de scores van de NAK.

Omdat op proefveld Reusel mechanische missers een grote rol lijken te spelen en de paar partijen met een rotpercentage van 2-5% in de stresstest na drie weken niet opvielen is een tweetal extra analyses uitgevoerd. Hieronder volgen:

- 1) Een visualisatie van de pessimistische opkomststelling. Hier tellen lege plantplaatsen zonder knol als opkomstprobleem, ook als het mechanische missers zijn. Omdat ook kleine planten en knollen met ondergronds kiem als probleem zijn geteld zijn mechanische missers een relatief kleinere component van de opkomstproblemen.
- 2) Een visualisatie van opkomstproblemen exclusief lege plantplaatsen waar geen knol is teruggevonden (opkomstproblemen bestaan uit bacterieplanten, kleine planten, knollen met gezonde kiem onder de grond en rottende knollen). Wanneer alle lege plantplaatsen zonder knol het resultaat van een mechanische misser zijn, zou dit laatste figuur de opkomstproblemen van de partij weergeven. In werkelijkheid zal op een deel van de lege plantplaatsen de knol zover weggerot zijn dat deze niet meer terug te vinden was.

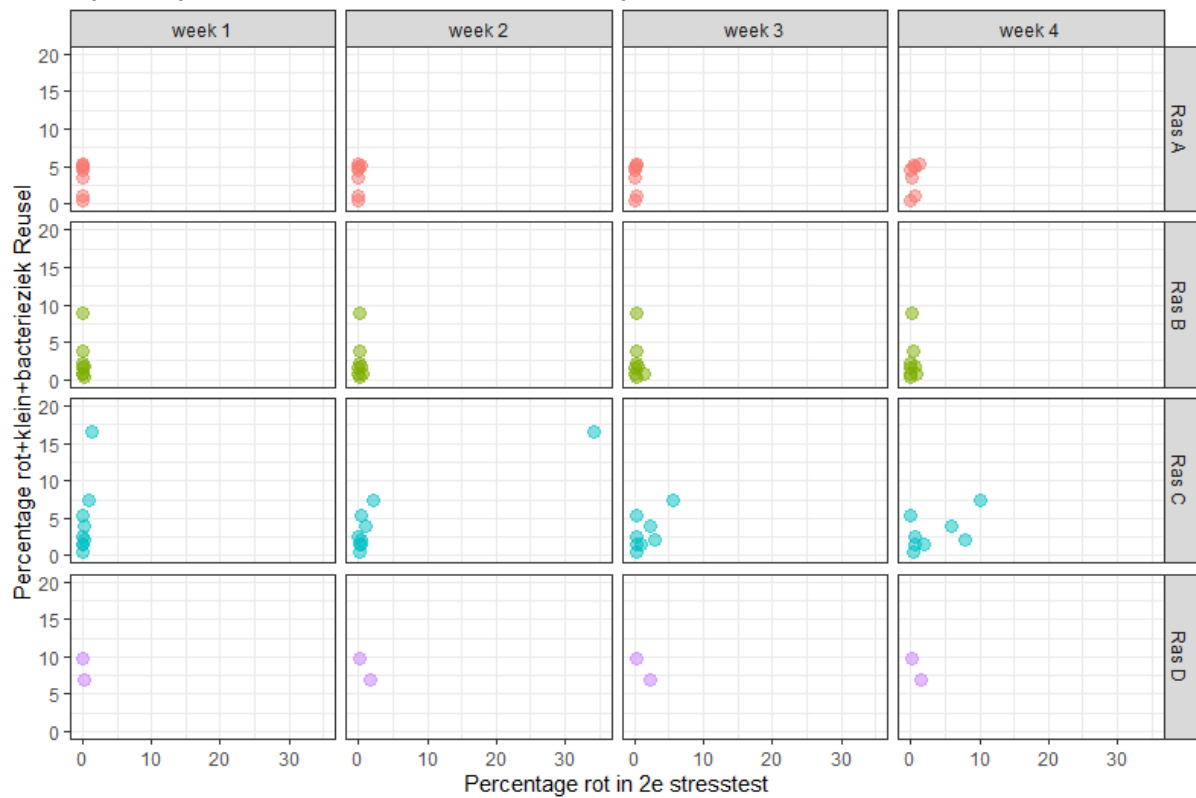


*Figuur 85: Relatie tussen stresstestuitslag tweede stresstronde (score per week) en opkomstproblemen op proefveld Reusel. Merk op dat de zwakste partij vanaf 3 weken een score heeft die buiten de schaal valt. Voor Ras A komen de stresstestscores van het handelshuis. Voor de andere rassen komen de scores van de NAK. Als opkomstprobleem tellen alle lege plantplaatsen (ook zonder knol), kleine planten (evt. nog niet boven) en bacteriezieke planten.*

In Figuur 84 is te zien dat twee van de drie partijen met 2-5% rot na 3 weken een slechter opkomstbeeld tonen wanneer kleine planten en zeer langzaam opkomende planten ook als probleem zijn geteld. Nog steeds is de score van deze partijen niet slechter dan andere partijen van dat ras. Wanneer we alleen kijken naar kleine planten, zeer langzaam opkomende planten en bacterieplanten is er voor ras C wel een statistisch significant verband tussen de stresstestscore en het probleempercentage op proefveld, ook exclusief de meest extreme partij (logistische regressie,  $p < 0,01$ ). Alle analyses voor proefveld Reusel blijven wat onzeker omdat we niet precies weten hoe groot de component mechanische missers is. In de ene analyse missen we zwakke knollen die al weggerot zijn en in de andere analyse tellen we mechanische missers onterecht als opkomstprobleem. We weten ook niet of het percentage mechanische missers verschilt tussen rassen en tussen partijen. Figuur 82 geeft de indruk dat er een groter percentage mechanische missers is voor ras C en D dan voor ras A en B. Knollen van Ras C en D zijn langer van vorm en voor deze rassen verwacht je meer mechanische missers dan voor rassen met rondere knollen. Mechanische missers zouden echter meer moeten spelen bij gebruik van een bekerpootmachine zoals op Tollebeek dan bij gebruik van een snarenbedpootmachine zoals gebruikt op Reusel.



Opkomstprobleem Reusel en stresstestscore per week



Figuur 86: Relatie tussen stresstuitslag tweede stresstronde (score per week) en opkomstproblemen op proefveld Tollebeek. **Merk op dat de zwakste partij vanaf 3 weken een score heeft die buiten de schaal valt.** Voor Ras A komen de stresstestscores van het handelshuis. Voor de andere rassen komen de scores van de NAK. Als opkomstprobleem tellen plantplaatsen met rotte knollen, kleine planten (evt. nog niet boven) en bacteriezieke planten.

## Conclusie na het zesde jaar

### **Zeer zwakke partij gedetecteerd**

Uiteindelijk was er van de 26 uitgeplante partijen één partij die duidelijk een slechte opkomst had op allebei de proefvelden. Deze partij had ca. 20% lege plekken op proefveld Tollebeek en ca. 30% lege plekken op proefveld Reusel. Op proefveld Reusel had daarbovenop 10% van de plantplaatsen een sterk in groei achterblijvende plant. Deze partij was de enige partij die duidelijk slecht scoorde in de tweede stresstestronde met een score van meer dan 5% rot na 2 weken.

### **Beperkt voorspellend vermogen bij lage scores stresstest**

Naast deze duidelijk zwakkere partij waren er, afhankelijk van waar men de grens (2% of 5% na 2 en/of 3 weken) stelt voor risicoclassificatie, één tot drie partijen met een iets hoger risicoprofiel. Deze partijen hadden inderdaad een iets slechtere opkomst dan de andere partijen op proefveld Tollebeek met ca. 5% opkomstprobleem. Deze partijen vielen op proefveld Reusel in eerste instantie niet negatief op ten opzichte van de andere partijen van hetzelfde ras. Dit gold zowel voor de optimistische opkomstbepaling (alleen lege plekken zonder kiemende knol én bacteriezieke planten tellen als probleem) als de pessimistische opkomstbepaling (kleine planten en planten waar de kiem nog niet boven is tellen ook mee voor het probleempercentage). Wanneer lege plekken zonder knol (dit kunnen mechanische missers zijn, maar ook plekken waar de knollen al waren weggerot) buiten beschouwing worden gelaten en alleen bacterieplanten, teruggevonden rotte knollen, nog niet opgekomen planten en kleine planten als probleem tellen, zien we wel dat partijen met 2-5% rot in de stresstest ook op Reusel het iets slechter doen. Het blijft lastig om hier een goed en duidelijk oordeel over te vellen. Dit geeft een argument om voorzichtig te zijn met harde conclusies bij stresstestuitslagen van enkele procenten.

### **Opkomstproblemen door keteninvloeden: Verschil tussen proefvelden**

Op proefveld Reusel waren verschillende partijen met opkomstprobleempercentages boven de 10%. Deze problemen konden niet met stresstestcores verklaard worden. Dit onderstreept dat er naast uitgangskwaliteit nog vele andere oorzaken van een slechte opkomst kunnen zijn en dat een test op uitgangskwaliteit deze problemen niet kan voorkomen. Weersomstandigheden zijn niet extreem verschillend geweest tussen de twee locaties. In de buurt van Reusel zijn eind mei weliswaar enkele buien geweest, het lijkt echter onwaarschijnlijk dat deze de opkomst negatief hebben beïnvloed. Het meest waarschijnlijk is dat grondsoort en/of plantmethode van invloed is geweest.

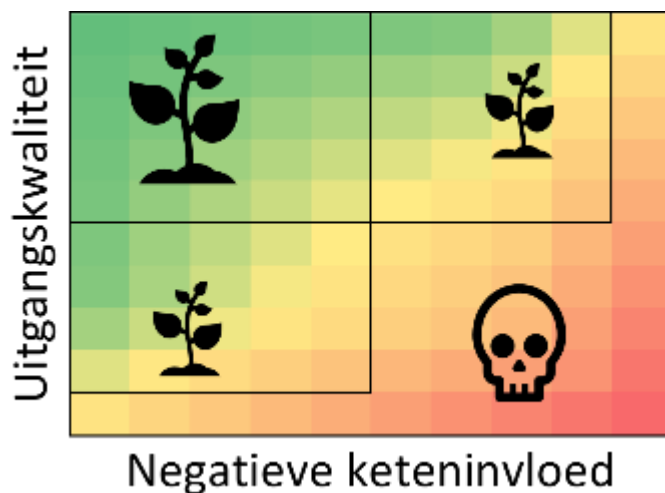
### **Beperkingen van de stresstest**

De tijdsduur van drogen tussen de onderdompeling en het wegzetten in de klimaatcel kan een grote invloed hebben op de score in de stresstest. Het gaat hier niet zozeer om de tijd zelf, maar om de mate van vochtigheid van de knollen. Wanneer knollen te vochtig een klimaatcel met hoge relatieve luchtvochtigheid en/of beperkte ventilatie ingaan, gaan ook sommige goede partijen rotten. Vanaf welk moment er getoetst kan worden lijkt ook te verschillen per ras. Drie van de vier rassen geven bij een toets in januari bruikbare resultaten. Het vierde ras gaf in de januaristresstest relatief slechte resultaten die niet samenhangen met de scores in maart die voor alle partijen relatief gunstig waren. Bij gebruik van bekende faciliteiten en rassen zijn de resultaten redelijk robuust en bruikbaar voor het aanwijzen van hoog risicopartijen. Bij nieuwe rassen en/of verandering van faciliteiten kan het voorspellend vermogen anders en onbekend zijn. Bij aanpassing van uitvoeringsmethode of introductie van nieuwe rassen verdient het aanbeveling om op voldoende grote schaal de toets te valideren met behulp van ringtesten en proefvelden.

## Eindconclusie

De hele keten, van pootgoedteler tot consumptieteler, heeft invloed op de kwaliteit en vitaliteit van pootgoed. Wanneer er sprake is van opkomstproblemen na uitplant van pootgoed, komt dit meestal doordat het pootgoed gevoelig is geworden voor rot. Bij een klein deel van de partijen is het pootgoed al in de bewaring bij de pootgoedteler dusdanig rotgevoelig dat de partij vrijwel zeker problemen geeft in de nateelt. Ook onder de beste uitplantomstandigheden en met de best zorg tijdens verlading en na ontvangst van het pootgoed. Op basis van de ervaringen in het ketenproject geldt dit voor wellicht 0,5 á 2% van de pootgoedpartijen. Dit percentage kan van jaar tot jaar en van ras tot ras verschillen.

De staart van de keten, van verlading bij de pootgoedteler tot en met uitplant bij de consumptieteler, kan in sommige gevallen tot een ernstige verslechtering van de pootgoedkwaliteit en van de opkomst leiden. Het percentage pootgoedpartijen met opkomstklachten in de praktijk is meestal groter dan de bovengenoemde 0,5 á 2% partijen. Soms is het percentage met klachten wel vier keer zo groot. Het is lastig om goed grip te krijgen op wat de precieze oorzaken zijn van deze extra probleemgevallen. In enkele gevallen is er een duidelijke oorzaak, zoals wateroverlast na uitplant. Opkomstproblemen zijn vaak het resultaat van een combinatie van mindere uitgangskwaliteit en een stapeling van negatieve keteninvloeden (Figuur 87). Met name vallen en soortgelijke gebeurtenissen waar knollen beschadigd kunnen raken zonder dat er daarna goede wondheling plaatsvindt geeft bij sommige partijen grote problemen. Bij zorgvuldige behandeling van de partijen zouden deze problemen te voorkomen zijn. Door de jaren heen hebben we bij onze proefvelden meer opkomstproblemen gezien op het op het zandperceel dan op het zavelperceel. Twee percelen is erg weinig voor een algemene uitspraak, maar onderstreept in ieder geval dat sommige uitplantlocaties een hoger risico op opkomstproblemen hebben.



*Figuur 87: Conceptueel kader voor het ontstaan van opkomstproblemen. Een slechte opkomst kan in enkele gevallen alleen door een slechte uitgangskwaliteit of alleen door negatieve keteninvloeden ontstaan. In de meeste gevallen zal een interactie van iets mindere uitgangskwaliteit met negatieve keteninvloeden (bijvoorbeeld rondom transport en uitplant) verantwoordelijk voor de problemen zijn.*

Één van de doelstellingen van het project was om een stresstest te ontwikkelen die indicatief is voor de uitgangskwaliteit van een pootgoedpartij en het risico op opkomstproblemen kan voorspellen. In het project is een test ontwikkeld waarbij een pootgoedmonster 24 uur in water ondergedompeld wordt en daarna in een klimaatcel wordt geplaatst en enkele weken wordt beoordeeld op het ontstaan van rot. In alle projectjaren hebben we aan kunnen tonen dat deze stresstest de rotgevoeligheid van pootgoedpartij kan voorspellen. Hoe later een stresstest uitgevoerd wordt, hoe

beter het voorspellend vermogen. Vanaf januari is er een redelijk voorspellend vermogen. Voor een goede risicoclassificatie zijn (minstens) twee stresstestrondes gewenst. Een testprocedure met een eerste testronde op 200 knollen in januari en, bij >2% zwakke knollen in de eerste testronde, een tweede testronde in februari/maart op 600 knollen geeft een betrouwbare classificatie.

De rotgevoeligheid en het risico opkomstproblemen kan verschillen tussen aardappelrassen. Drie rassen zijn alle zes jaren gebruikt binnen het ketenproject. Voor deze drie rassen is er een redelijke basis om stresstesten te gebruiken voor een risicoclassificatie. We vermoeden dat stresstesten gekalibreerd moet worden voor individuele rassen. Om de potentie van een stresstest voor een ras goed te kunnen beoordelen zijn grote aantallen partijen (waarvan in ieder geval ook enkele zwakkere partijen) en monsters nodig. Een te klein opgezette testfase voor een stresstest zal geen bruikbare en betrouwbare informatie opleveren. Wanneer een stresstest in de praktijk gebruikt wordt, raden wij aan om periodiek het voorspellend vermogen te monitoren met behulp van proefvelden, evaluatie van praktijkklachten en, indien testen met verschillende faciliteiten/varianten uitgevoerd worden, ook met ringtesten. In het project hebben we gezien dat verschillen tussen faciliteiten tot afwijkende resultaten kunnen leiden. Vocht, droging na onderdompeling en ventilatie in de klimaatcel zijn kritische factoren voor de uiteindelijke uitslagen. Onvoldoende droging tussen onderdompeling en incubatie in de klimaatcel kan het voorspellend vermogen van de stresstest drastisch verminderen en de resultaten onbruikbaar maken.

Gebruik van een stresstest kan helpen om te voorkomen dat de zwakste pootgoedpartijen uitgeplant worden. Een groot deel van de opkomstproblemen in de praktijk zijn echter bij pootgoedpartijen die de stresstest niet als zwak aanwijst. Hier is geen indicatie dat de uitgangskwaliteit onvoldoende is. Om deze problemen te verminderen is het noodzakelijk om in keten van pootgoedteler tot uitplant bij de consumptieteler zorgvuldig en voorzichtig met het pootgoed om te gaan. Met behulp van een stresstest én extra onderbouwing en bewustzijn van de noodzaak tot zorgvuldigheid en voorzichtigheid in de keten verwachten wij dat er goede stappen gezet zijn tot vermindering van de problematiek.

## Verwijzingen literatuurstudie

- Bain, R., Millard, P., & Perombelon, M. (1996). The resistance of potato plants to *Erwinia carotovora* subsp. *atroseptica* in relation to their calcium and magnesium content. *Potato Research*, 39(1), 185-193.
- Bethke, P. C. (2014). Ethylene in the atmosphere of commercial potato (*Solanum tuberosum*) storage bins and potential effects on tuber respiration rate and fried chip color. *American Journal of Potato Research*, 91(6), 688-695.
- Bodlaender, K., Dekhuijzen, R., Marinus, J., Van Es, A., Hartmans, K. J., Kupers, L., . . . Van der Zaag, D. (1985). *Effect of physiological age on growth vigour of seed potatoes : a study with seed tubers of two cultivars stored at two different temperatures*. Working Group Growth Vigour of Seed Potatoes. Opgehaald van <http://edepot.wur.nl/364820> C1
- Boomsma, D., Velvis, H., Kristelijin, K., Tent, T. v., Kastelein, P., der, P. v., . . . others. (2013). *Deltaplan Erwinia. Deel C-Pootaardappelen. Eindrapport van het onderzoek 2009-2012*. Tech. rep., Nederlands Aardappel Organisatie (NAO), Productschap Akkerbouw (PA).
- Borggaard, O. K., & Gimsing, A. L. (2008). Fate of glyphosate in soil and the possibility of leaching to ground and surface waters: a review. *Pest Management Science*, 64(4), 441-456. Opgehaald van <http://dx.doi.org/10.1002/ps.1512>
- Bott, S., Tesfamariam, T., Kania, A., Eman, B., Aslan, N., R{\"}mheld, V., & Neumann, G. (2011, May). Phytotoxicity of glyphosate soil residues re-mobilised by phosphate fertilisation. *Plant and Soil*, 342(1), 249-263. Opgehaald van <http://dx.doi.org/10.1007/s11104-010-0689-3>
- Boyd, I., Dalziel, J., & Duncan, H. J. (1982, Mar). Studies on potato sprout suppressants. 5. The effect of chlorpropham contamination on the performance of seed potatoes. *Potato Research*, 25(1), 51-57. Opgehaald van <https://doi.org/10.1007/BF02357273>
- Briddon, A. (1995). Controlled atmosphere storage of potatoes.
- Burton, W. (1968). The effect of oxygen concentration upon sprout growth on the potato tuber. *European Potato Journal*, 11(4), 249-265.
- Burton, W. G. (1958). The effect of the concentrations of carbon dioxide and oxygen in the storage atmosphere upon the sprouting of potatoes at 10{\textdegree}C. *European Potato Journal*, 1(2), 47-57. Opgehaald van <http://dx.doi.org/10.1007/BF02418827>
- Burton, W., Es, A. V., & Hartmans, K. (1992). The physics and physiology of storage. In P. Harris (Red.), *The potato crop The scientific basis for improvement*. Chapman & Hall.
- Bus, C., Loon, C. v., & Veerman, S. (1996). *Teelt van pootaardappelen*. Tech. rep., PAGV.
- Busse, J. S., Ozgen, S., & Palta, J. P. (2008). Influence of Root Zone Calcium on Subapical Necrosis in Potato Shoot Cultures: Localization of Injury at the Tissue and Cellular Levels. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 133(5), 653-662. Opgehaald van <http://journal.ashspublications.org/content/133/5/653.abstract>
- Caldiz, D. O. (2009, Nov). Physiological Age Research during the Second Half of the Twentieth Century. *Potato Research*, 52(4), 295-304. Opgehaald van <https://doi.org/10.1007/s11540-009-9143-4>

- Caldiz, D. O., Fernandez, L. V., & Struik, P. C. (2001). Physiological age index: a new, simple and reliable index to assess the physiological age of seed potato tubers based on haulm killing date and length of the incubation period. *Field Crops Research*, 69(1), 69-79. Opgehaald van <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S037842900001349>
- Carrera, E., Riot, G., Reust, W., Dutoit, J.-P., Torche, J.-M., & Dupuis, B. (2015). Physiologische Eigenschaften von Kartoffel sorten und Konsequenzen für die Produzenten. *AGRAR FORSCHUNG SCHWEIZ*, 6(4), 166-173.
- Davies, H. V. (1984). Mother tuber reserves as factors limiting potato sprout growth. *Potato Research*, 27(2), 209-218. Opgehaald van <http://dx.doi.org/10.1007/BF02357468>
- De Weerd, J. W., Hiller, L. K., & Thornton, R. E. (1995, Sep). Electrolyte leakage of aging potato tubers and its relationship with sprouting capacity. *Potato Research*, 38(3), 257-270. Opgehaald van <https://doi.org/10.1007/BF02359908>
- Delaplace, P., Brostaux, Y., Fauconnier, M.-L., & Jardin, P. d. (2008). Potato (*Solanum tuberosum* L.) tuber physiological age index is a valid reference frame in postharvest ageing studies. *Postharvest Biology and Technology*, 50(1), 103-106. Opgehaald van <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925521408000963>
- Dyson, P. W., & Digby, J. (1975). Effects of calcium on sprout growth and sub-apical necrosis in Majestic potatoes. *Potato Research*, 18(2), 290-305. Opgehaald van <http://dx.doi.org/10.1007/BF02361732>
- Dyson, P. W., & Digby, J. (1975). Effects of calcium on sprout growth of ten potato cultivars. *Potato Research*, 18(3), 363-377. Opgehaald van <http://dx.doi.org/10.1007/BF02361898>
- Friesland, H. (2002). REVIEW OF THE SCIENTIFIC LITERATURE ON THE EFFECT OF CLIMATE AND WEATHER, ESPECIALLY DURING THE RIPENING PERIOD, ON THE QUALITY AND STORAGE CAPACITY OF GRAPES, SPRING BARLEY AND POTATOES.
- Haase, N. U. (2011). Prediction of potato processing quality by near infrared reflectance spectroscopy of ground raw tubers. *Journal of Near Infrared Spectroscopy*, 19(1), 37-45.
- Hanse, L., & Delleman, J. (2016, December). Heeft klimaatverandering ook invloed op rasontwikkeling? *Aardappelwereld magazine*(12).
- Hatterman-Valenti, H. M. (2014). Simulated glyphosate drift to potato mother plants and effect on daughter tubers used for seed production. *Weed technology*, 28(1), 253-258.
- Hutchinson, P., Felix, J., & Boydston, R. (2014). Glyphosate carryover in seed potato: effects on mother crop and daughter tubers. *American journal of potato research*, 91(4), 394.
- Ittersum, M. V., & Scholte, K. (1992). Relation between growth conditions and dormancy of seed potatoes. 2. Effects of temperature. *Potato research*, 35(4), 365-375.
- Jeong, J.-C., Ok, H.-C., Hur, O.-S., & Kim, C.-G. (2008). Prediction of Sprouting Capacity Using Near-infrared Spectroscopy in Potato Tubers. *American Journal of Potato Research*, 85(5), 309-314. Opgehaald van <http://dx.doi.org/10.1007/s12230-008-9010-x>
- Karafyllidis, D., Georgakis, D., Stauroopoulos, N., & Louizakis, A. (1996). Effect of water stress during growing season on potato seed tubers dormancy period., (pp. 229-234).

- Khanbari, O. S., & Thompson, A. K. (1994). The effect of controlled atmosphere storage at 4°C on crisp colour and on sprout growth, rotting and weight loss of potato tubers. *Potato Research*, 37(3), 291-300. Opgehaald van <http://dx.doi.org/10.1007/BF02360522>
- Kleinkopf, G. E., Oberg, N. A., & Olsen, N. L. (2003, Sep). Sprout inhibition in storage: Current status, new chemistries and natural compounds. *American Journal of Potato Research*, 80(5), 317. Opgehaald van <https://doi.org/10.1007/BF02854316>
- Knowles, N. R., & Botar, G. I. (1992). Effect of altering the physiological age of potato seed-tubers in the fall on subsequent production in a short-season environment. *Canadian Journal of Plant Science*, 72(1), 275-287. Opgehaald van <https://doi.org/10.4141/cjps92-033>
- Lisinska, G., & Leszczynski, W. (1989). *Potato science and technology*. Elsevier Science Publishers.
- Meigh, D. F. (1969). Suppression of sprouting in stored potatoes by volatile organic compounds. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 20(3), 159-164. Opgehaald van <http://dx.doi.org/10.1002/jsfa.2740200308>
- Meigh, D. F., Edward, A. A., & Self, R. (1973). Growth-inhibitory volatile aromatic compounds produced by *Solanum tuberosum* tubers. *Phytochemistry*, 12(5), 987-993. Opgehaald van <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0031942273850046>
- Mulder, A., & Turkensteen, L. (2001). *Structurele en tijdelijke tekorten van micro-en macro-elementen bij de zetmeelaardappelteelt in Noordoost-Nederland*. Tech. rep., Plant Research International.
- Mulder, A., & Turkensteen, L. (2008). *Aardappel ziektenboek: ziekten, plagen en beschadigingen*. (A. Mulder, L. Turkensteen, & D. J. Red.) Aardappelwereld magazine.
- Neumann, G., Kohls, S., Landsberg, E., Souza, K. S.-O., Yamada, T., & Romheld, V. (2006). Relevance of glyphosate transfer to non-target plants via the rhizosphere. *ZEITSCHRIFT FÜR PFLANZENKRANKHEITEN UND PFLANZENSCHUTZ-SONDERHEFT*, 20, 963.
- Rady, A. M., & Guyer, D. E. (2012). Rapid evaluation of physiological status of potato tubers using visible/near-infrared spectroscopic methods. *American Society of Agricultural and Biological Engineers*, (p. 1).
- Rastovski, A., & Van Es, A. (1987). *Storage of potatoes*. Pudoc Wageningen.
- Reust, W., & Aerny, J. (1985, Jun). Determination of physiological age of potato tubers with using sucrose, citric and malic acid as indicators. *Potato Research*, 28(2), 251-261. Opgehaald van <https://doi.org/10.1007/BF02357448>
- Reust, W., Winiger, F. A., Hebeisen, T., & Dutoit, J. P. (2001, Mar). Assessment of the physiological vigour of new potato cultivars in Switzerland. *Potato Research*, 44(1), 11-17. Opgehaald van <https://doi.org/10.1007/BF02360282>
- Robinson, A. P. (sd). Glyphosate residues affect granddaughter seed potato growth in commercial potato fields.
- Robinson, A. P., & Hatterman-Valenti, H. M. (2013, March). *Effect of Glyphosate on Potatoes*. Tech. rep., North Dakota State University.

- Rykaczewska, K. (2013). Assessment of Potato Mother Tuber Vigour Using the Method of Accelerated Ageing. *Plant Production Science*, 16(2), 171-182.
- Saleh, I. R. (2009). *Investigating planting environment and seed physiological age interaction on potato crop growth*. Ph.D. dissertation, University of Tasmania.
- Struik, P. (2007). The canon of potato science: 40. Physiological age of seed tubers. *Potato Research*, 50(3-4), 375.
- Struik, P. C., & Wiersema, S. G. (1999). *Seed potato technology*. Wageningen Academic Pub.
- Struik, P., Putten, P. V., Caldiz, D., & Scholte, K. (2006). Response of stored potato seed tubers from contrasting cultivars to accumulated day-degrees. *Crop Science*, 46(3), 1156-1168.
- Tesfamariam, T., Bott, S., Cakmak, I., Römheld, V., & Neumann, G. (2009). Glyphosate in the rhizosphere—Role of waiting times and different glyphosate binding forms in soils for phytotoxicity to non-target plants. *European journal of agronomy*, 31(3), 126-132.
- Timm, H., Hughes, D. L., & Weaver, M. L. (1986). Effect of exposure time of ethylene on potato sprout development. *American Potato Journal*, 63(11), 655-664. Opgehaald van <http://dx.doi.org/10.1007/BF02852928>
- Tzeng, K. C., Kelman, A., Simmons, K. E., & Kelling, K. A. (1986). Relationship of calcium nutrition to internal brown spot of potato tubers and sub-apical necrosis of sprouts. *American Potato Journal*, 63(2), 87-97. Opgehaald van <http://dx.doi.org/10.1007/BF02853687>
- Tzeng, K.-C., McGuire, R. G., & Kelman, A. (1990, May). Resistance of tubers from different potato cultivars to soft rot caused by *Erwinia carotovora* subsp. *atroseptica*. *American Potato Journal*, 67(5), 287. Opgehaald van <https://doi.org/10.1007/BF02987271>
- Van Ittersum, M. (1992). *Dormancy and growth vigour of seed potatoes*. Wageningen: Proefschrift Wageningen Universiteit.
- Van Ittersum, M. (1992). Relation between growth conditions and dormancy of seed potatoes. 1. Effects of nitrogen. *Potato research*, 35(4), 355-364.
- Van Loon, C., Veerman, A., Bus, C., & Zwanepol, S. (1993). *Teelt van consumptie-aardappelen*. Tech. rep., PAGV [etc.].
- Veerman, A., Struik, P., Evenhuis, A., Bus, C., & Bos, D. (2005). *Haalbaarheidsstudie voor de voorspelling van kiemrust en groeikracht van aardappelpootgoed*. Tech. rep., Praktijkonderzoek Plant & Omgeving BV.
- Velema, R., Van de Griend, P., & Velvis, H. (2001). *Het effect van het calciumgehalte van pootgoed op de ziektegevoeligheid*. Tech. rep., Plant Research International.
- Velvis, H. (2001). *Calcium en borium in de zetmeelaardappelteelt: verslag van experimenten in 1999*. Tech. rep., Plant Research International.
- Velvis, H. (2001). *Calcium in aardappel*. Tech. rep., Plant Research International.
- Velvis, H., & Zwart, K. B. (2001). *(Micro) nutriënten en (a) biotische stress in de zetmeelaardappelteelt: eindrapport*. Tech. rep., Plant Research International.



- Vos, P. (2014, November). Positief resultaat ethyleenbewaring. *Positief resultaat ethyleenbewaring*. Opgehaald van <http://www.boerderij.nl/Akkerbouw/Nieuws/2014/11/Positief-resultaat-ethyleenbewaring-1635248W/>
- Wigginton, M. J. (1974, Jun). Effects of temperature, oxygen tension and relative humidity on the wound-healing process in the potato tuber. *Potato Research*, 17(2), 200-214. Opgehaald van <https://doi.org/10.1007/BF02360387>
- Wiltshire, J., & Cobb, A. (1996). A review of the physiology of potato tuber dormancy. *Annals of Applied Biology*, 129(3), 553-569. Opgehaald van <http://dx.doi.org/10.1111/j.1744-7348.1996.tb05776.x>
- Workman, M., & Twomey, J. (1970). The influence of storage on the physiology and productivity of Kennebec seed potatoes. *American Potato Journal*, 47(10), 372-378. Opgehaald van <http://dx.doi.org/10.1007/BF02864745>
- Worthington, T. R. (1985, Mar). The effect of glyphosate on the viability of seed potato tubers. *Potato Research*, 28(1), 109-112. Opgehaald van <http://dx.doi.org/10.1007/BF02357575>
- Wurr, D., Fellows, J. R., Akehurst, J. M., Hambidge, A. J., & Lynn, J. R. (2001). The effect of cultural and environmental factors on potato seed tuber morphology and subsequent sprout and stem development. *The Journal of Agricultural Science*, 136(1), 55-63.
- Wustman, R., & Struik, P. (2007). The canon of potato science: 35. Seed and ware potato storage. *Potato Research*, 50(3-4), 351-355.
- Zimnoch-Guzowska, E., & Lojkowska, E. (1993). Resistance to *Erwinia* spp. in diploid potato with a high starch content. *Potato Research*, 36(3), 177-182.