



Jaarverslag Werkgroep Fusarium

Rapportage 2023 OT



rapport | publicatie

2024 02

Jaarverslag Werkgroep *Fusarium* Uireka3 2023



Uireka is een uniek driejarig ketenproject met als doel het verbeteren van de kwaliteit en daarmee het versterken van de exportpositie van de Hollandse ui. Om dit te realiseren hebben ketenpartners de krachten gebundeld. Het project valt onder de Holland Onion Association wordt mede ondersteund door de Topsector Agrifood, Provincie Zeeland en Provincie Flevoland.

Uireka draait om innovatie en verbetering van de teelt en bewaring. Het project levert een pakket aan maatregelen op die ketenpartners in staat stellen om de kwaliteit nog beter te borgen.

De gezamenlijke organisaties hebben deze publicatie met de meeste zorg samengesteld. Zij zijn niet aansprakelijk voor schade die ontstaat door het uitvoeren van informatie uit deze publicatie.

Uitgevoerd door: Anne D. van Diepeningen

Uireka rapport nummer: 2024-02

Datum: Januari 2024

Inhoudsopgave

1	Inleiding en doel	5
2	Materiaal en methodes	7
2.1	Veldbemonstering	7
2.2	Detectie <i>F. oxysporum</i> f.sp. <i>cepa</i> e met BioTaqMan	7
2.3	Bakkenproef: Onderzoek naar drempelwaardes in de rotatie	8
2.4	Verzamelen Onkruiden	10
3	Resultaten	11
3.1	Veldmonsters	11
3.2	Bakkenproef 2023	12
3.3	Onkruiden	14
4	Discussie en interpretatie	16
4.1	Veldmonsters	16
4.2	Bakkenproef-rotatiegewassen	16
4.3	Onkruiden	16
5	Conclusies en aanbevelingen	17
6	Referenties	18
	Bijlage 1 – Nieuwe Monsterformulier	19

Samenvatting

Het werkpakket *Fusarium* van Uireka 3 heeft zich in 2023 vooral gericht op de volgende onderwerpen:

Populatieveranderingen in proef- en praktijkpercelen: Om de populaties van het uienpathogeen *Fusarium oxysporum* forma *specialis cepae* te volgen tijdens de teelt van ui en opeenvolgende rotaties (meerjarenplan) zijn in 2023 monsters genomen van percelen met bekende problemen met Fusariumrot in ui. Dit betreft percelen vanuit de projecten BO Groene Gewasbescherming en Boerderij van de toekomst bij WUR Lelystad als ook monsters van individuele telers via verschillende project partners. Analyses worden uitgevoerd met de in Uireka 2 ontwikkelde Bio-TaqMan methode. De eerste resultaten wijzen op een verhoging van de Fusarium dichtheid in het veld met een factor 5-30 bij de teelt van uien.

Reservoirplanten in de rotatie: In een bakkenproef buiten onder semi-gecontroleerde omstandigheden is in 2023 een herhaling gedaan van de in 2022 uitgevoerde proef naar de mogelijkheden van *F. oxysporum* f.sp *cepae* om interne infecties te geven in ui (na bewaring), aardappel, zomertarwe, mais, haver, Japanse haver, Engels raaigras, spinazie, bladrammenas en gele mosterd (aan einde teelt). De weersomstandigheden in 2023 bleken veel minder gunstig in de weken na het zaaien en er werd geen infectie waargenomen in tegenstelling tot het jaar ervoor. Geoogste uien liggen nog tot mei 2024 in de bewaring voor beoordeling van aantasting. De bakkenproef zal worden herhaald in 2024.

Reservoirplanten in het veld: Op percelen met een bekende hoge dichtheid aan *F. oxysporum* f.sp *cepae* zijn onkruiden verzameld en de bovengrondse delen van deze planten zijn geanalyseerd op de interne aanwezigheid van de uienpathogeen. Met name de muur- en kruiskruidplanten leken vaker besmet te zijn met het pathogeen dan andere bemonsterde onkruiden, mogelijk dragen ze daarmee bij aan de instandhouding van Fusarium in de bodem en is onkruidbestrijding een beheersmaatregel om Fusarium te verminderen. De aantallen zijn nog erg laag om finale conclusies hieraan te verbinden.

1 Inleiding en doel

Verschillende Fusariumsoorten kunnen Fusarium rot en verwelking veroorzaken in uien. De ziekte begint met het aantasten van de wortels van uienplanten. Langs die wortels groeit de schimmel naar de basale plaat van de plant. Vandaaruit kan de schimmel verder de plant (of bol) ingroeien. De aantasting van de wortels leidt ertoe dat moeilijker water en voedingsstoffen getransporteerd kunnen worden naar de bladeren. Symptomen zijn dan onder andere het verwelken, vergelen en uiteindelijk afsterven van bladeren tijdens de ontwikkeling van de plant. In de bol van de ui verspreidt de rot zich vanaf de basale plaat in de richting van de stengel/knop en de vlezige bolrokken. Aangetaste wortels verkleuren donkerroze tot donkerbruin en soms is een wit myceliumpluis zichtbaar bij de bolstoel. Fusarium kan zowel in het veld tot problemen leiden als tijdens de bewaring van uien.

Verschillende soorten Fusarium, waaronder *Fusarium oxysporum* f.sp. *cepae*, *F. solani* en *F. proliferatum* zijn volgens wetenschappelijke literatuur geassocieerd met de rot- en verwelkingsverschijnselen in ui (o.a. Haapalainen *et al.*, 2016; Kalman *et al.*, 2020; Klokočar-Šmit *et al.*, 2008). Binnen de PPS Uireka (1) zijn in 2017 en 2018 vanuit ziek plantmateriaal van 186 bedrijven vanuit het Zuidwestelijk kleigebied en de IJsselmeerpolders 329 Fusarium isolaten verzameld en geïsoleerd met gebruik van Fusarium selectief medium (Scholten en Burger, 2020). *Fusarium oxysporum* werd in Nederland het meest aangetroffen in deze monsters en circa de helft daarvan bleek bepaalde SIX-genen (*secreted in xyleme-genen*) te bevatten, wat een aanwijzing is voor pathogeniteit op ui (Taylor *et al.* 2016). Daarnaast werden isolaten van *F. solani* gevonden (vooral in het warme jaar 2018), *F. proliferatum*, *F. redolens*, *F. acuminatum* en *F. commune* (Scholten en Burger, 2020).

In biotoetsen op hele uien zijn representatieve isolaten van de verschillende in Nederland gevonden isolaten getoetst: ***F. oxysporum* forma *speciales cepae*** blijkt het sterkste en meest voorkomende pathogeen in Nederland dat Fusarium rot in uien veroorzaakt. Echter ook niet-pathogene *Fusarium* stammen komen voor als meeliftende infecties in een rottende bol. Na het ontwikkelen van een specifieke detectiemethode bleek met directe detectie in rotte uien het pathogeen in meer dan 90% van de rottende uien voor te komen.

Vergelijkingen van de genomen van *F. oxysporum* f.sp. *cepae* en niet ui-pathogenen heeft tijdens Uireka 2 laten zien welke gen- en allelsequenties in het DNA uniek en verantwoordelijk zijn voor de pathogeniteit op ui van een Fusarium-isolaat. Op deze specifieke sequenties is een kwantitatieve op TaqMan gebaseerde pathogeen-specifieke diagnostische toets ontwikkeld waarmee de aanwezigheid van het pathogeen gekwantificeerd kan worden. Door de test te combineren met een kweekstap op selectief medium, ontstaat een kwantitatieve Bio-TaqMan die de Fusarium dichtheid vanaf enkele sporen per gram grond of gewas kan vaststellen.

De ontwikkelde Bio-TaqMan diagnostische toets is geschikt voor de detectie van *F. oxysporum* forma *speciales cepae* **in plantmateriaal en in grond**. In het overgrote deel van de in 2020 en 2021 verzamelde uien blijkt *F. oxysporum* f.sp. *cepae* aanwezig. In de grond bleek tijdens de uienteelt het pathogeen gemiddeld zo'n 5 tot 50 maal toe te nemen in de periode van zaaien van de uien tot aan de oogst.

Hoe de pathogeenpopulaties zich tijdens de andere teelten in de rotatie gedragen (afname of toename) zijn belangrijke vragen om te beantwoorden om in de toekomst beslissingsondersteunende systemen op te kunnen baseren die telers helpen bij de keuze van gewas- en groenbemester in de jaren voorafgaand aan een uienteelt. Ook het vinden van organisatie die in de praktijk de bioTaqMan voor telers kan uitvoeren om besmettingen in percelen vast te kunnen stellen is van belang.

Hoe om te gaan met **reststromen**? Tijdens vergisting van uienresten duurt het 3 weken om circa 99.99% van *F. oxysporum* f.sp. *cepae* te doden, maar bij continue doorstroom van materiaal in de vergister waarbij de verblijfsduur uiteen kan lopen, bestaat niettemin een kans dat levend schimmelmateriaal de vergister verlaat. Bij compostering is na 1 cyclus (8 à 10 dagen) meer dan 99.99% van de schimmel afgedood, na twee composteringscycli is er geen levend *Fusarium* materiaal meer aanwezig. In gronden met *Fusarium*besmetting in laboratoriumtesten en in praktijkpercelen blijkt inundatie voor een periode van circa 16 weken besmettingen flink te kunnen reduceren maar niet per se totaal te verwijderen. Echter ook gunstige bodemorganismen, die *Fusarium* zouden kunnen remmen, kunnen lijden door de inundatie en de beperkte restbesmetting kan nog steeds schadelijk zijn. .

In een bakkenproef met geïnoculeerde grond was een **dosis-effect** waar te nemen waarbij bij toenemende dichtheid van *Fusarium* sporen in de grond leidde tot een toename van ziektesymptomen als het niet opkomen van kiemend zaad, vergeling en verwelking van planten en rot in de uiteindelijke uien. Uit een bakkenproef met andere gewassen dan ui waaraan wel de uienpathogeen is toegevoegd komt de suggestie dat sommige van deze gewassen reservoirplanten kunnen zijn: planten die geen ziektesymptomen vertonen, maar waar de schimmel wel in kan vermeerderen. Deze experimenten moeten herhaald om zekerheid te krijgen over welke planten een risico kunnen vormen voor de handhaving of zelfs vermeerdering van *F. oxysporum* forma *speciales cepae* in afwezigheid van uien.

2 Materiaal en methodes

In dit hoofdstuk wordt beschreven hoe de verschillende experimenten zijn uitgevoerd. Alle resultaten en conclusies die daaraan verbonden kunnen worden staan in de volgende hoofdstukken.

2.1 Veldbemonstering

Veldbemonstering: Om een veld te bemonsteren worden er 40 random steken door het veld heen genomen en gemengd. In principe worden de steken in een W-patroon over het veld gestoken. Een monster van 500 gram wordt naar het laboratorium gestuurd voor verdere verwerking. Verpak het monster bij voorkeur in een plastic zak om sterke uitdroging te voorkomen. Metadata van het perceel worden verzameld met behulp van het formulier in bijlage 1.

Monsterbewaring: het monster verpakt bewaren bij omgevingstemperatuur of bij max 5 graden. Niet invriezen omdat dit tot een onderschatting van de infectie kan leiden door bevriezing van sporen.

2.2 Detectie *F. oxysporum* f.sp. *cepae* met BioTaqMan

Onderscheid pathogeen en niet-pathogeen: Om pathogene en niet pathogene Fusarium soorten van elkaar te kunnen onderscheiden zijn diagnostische toetsen nodig, gebaseerd op eigenschappen betrokken bij de pathogeniteit en dan bij voorkeur eigenschappen die uniek zijn voor het pathogeen. Voor *F. oxysporum* f.sp. *cepae* zijn hiervoor een tweetal allelen van effector genen, *six5* en *lysM*, geselecteerd met stukken sequentie die uniek zijn voor pathogenen op ui.

TaqMan: TaqMan detectie is gebaseerd op een op PCR techniek waarbij specifieke stukken DNA door middel van twee primers wordt geamplificeerd, waarbij de reactie zichtbaar wordt gemaakt dankzij een probe die een stuk sequentie tussen de twee primers in herkent. De probe bevat aan het ene uiteinde een kleurstof (*dye*) en aan de andere kant een *quencher*, die de kleur maskeert. Door de vermeerdering van het target-DNA komt de kleurstof vrij en wordt zichtbaar. De sterkte van het signaal en het moment in de reactie dat het signaal zichtbaar wordt, geven aan hoeveel van de target aanwezig was. TaqMan is daardoor niet alleen kwalitatief maar ook kwantitatief te gebruiken. Cq cut-off waarden waaronder monsters als positief voor *F. oxysporum* f.sp. *cepae* worden beoordeeld zijn waarden van 35 en lager.

Bio-TaqMan: Om lage hoeveelheden levend schimmelmateriaal aan te kunnen tonen in materialen zoals grond waaruit DNA lastig te extraheren is, combineren we de TaqMan met een kweekstap (verrijkingsstap) op een selectief medium gebaseerd op het fungicide pentachloronitrobenzeen waar *Fusarium* resistent tegen is (Komada, 1976). Deze kweekstap vergroot de sensitiviteit van de methode. Cq cut-off waarden waaronder monsters als positief voor *F. oxysporum* f.sp. *cepae* worden beoordeeld zijn waarden van 35 en lager

In plant materiaal: voor detectie in plant materiaal van ui, is de biostap meestal niet nodig, voor andere gewassen is de stap optioneel. De plant of bol wordt aan de buitenkant ontsmet door dompelen in 3% hypochloriet oplossing gedurende minimaal 30 seconden, gevolgd door minimaal 30 seconden in 70% ethanol en drie was-stappen met water. Het materiaal wordt gewogen en met een gelijke hoeveelheid water fijn gemalen, waarna een monster eerst verrijkt wordt of direct gebruikt kan worden. Verrijkt wordt er door 1 ml monster aan 10 ml Komadamedium toe te voegen en uiteindelijk na incubatie 1 ml hiervan te gebruiken voor extractie met een DNA extractiekit of er wordt 1 ml van het monster direct gebruikt voor extractie.

In grondmateriaal: grondmonsters worden na mengen gesplitst en een deel ervan wordt gebruikt voor directe DNA extractie (concentraties vanaf circa 10^3 à 10^4 sporen per gram grond) en een ander deel voor een verrijking zoals hierboven beschreven (concentraties vanaf enkele sporen per gram grond). Extractie van DNA wordt gedaan met de DNeasy PowerMax Soil kit of met de DNeasy PowerSoil Prokit (Qiagen, Venlo, Nederland)

Controles. Als controle voor extractie en amplificatie worden verschillende planten en algemene schimmel primer/probe sets toegevoegd aan de test. Als controle voor grond kan een andere schimmel, bijvoorbeeld *Trichoderma atroviride*, een biocontrole soort, worden toegevoegd in bekende hoeveelheid en een TaqMan op een Trichoderma-gen worden gedaan. Als positieve extractiecontroles negatief zijn, worden de metingen afgekeurd en monsters opnieuw geanalyseerd.

Voor een gedetailleerd protocol van de ontwikkelde *Bio-TaqMan* voor *F. oxysporum* f.sp. *cepae* kan men contact opnemen met het Uireka-programma via www.uireka.nl.

2.3 Bakkenproef: Onderzoek naar drempelwaardes in de rotatie

In 2023 is voor de tweede keer bij de proefboerderij in Lelystad een bakkenproef aangelegd met 1 x 1,2 x 0,2 meter grote bakken van pallet hout. Deze bakken zijn bekleed met waterdoorlatende worteldoek en gevuld met een mengsel van 75% volume kleigrond (zonder *F. oxysporum* f.sp. *cepae*), 15% zilverzand en 10% potgrond om te zorgen dat de grond niet dichtslaat bij grote hoeveelheden hemelwater in korte tijd. De bakken zijn tijdens het groeiseizoen van voldoende vocht voorzien met hulp van druppelslangen (3 slangen per bak) en op momenten dat dit nodig was of met een slang naar behoefte van de planten. Voor alle behandelingen zijn drie replica-bakken gebruikt.

Om te kijken naar verschillen tussen de aantasting door **conidiosporen** of **chlamydo-sporen** van *F. oxysporum* f.sp. *cepae* op de groei van uien en de uiteindelijk geproduceerde en bewaarde uien, zijn behandelingen ingezet met 1000 conidiosporen of chlamydo-sporen per gram grond (Tabel 2.1 behandelingen A en M). Hierin zijn per bak van 1.2 m² 200 zaden van de cultivar Hypark gezaaid, die een standaard behandeling en zaadcoating hadden gekregen. Alle uienzaden zijn ter beschikking gesteld door Bejo Zaden B.V.

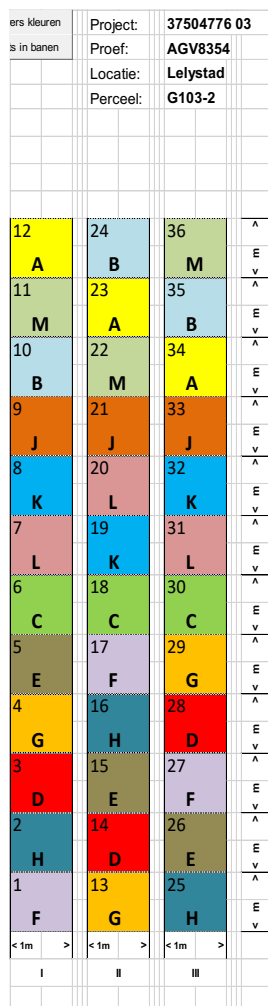
Tijdens het groeiseizoen zijn de bakken met uien beoordeeld op de opkomst en het wegvallen van uienplanten (tellen aantal zaailingen/planten) en zijn ze beoordeeld op groei, verwelking en vergeling. Alle uien zijn aan het eind van het groeiseizoen geoogst en liggen bij schrijven van dit rapport nog in de bewaring bij 5°C om in mei 2024 beoordeeld te worden op Fusariumaantasting.

Daarnaast zijn **andere gewassen** uit de rotatie getest op een startconcentratie van 1000 conidiosporen *F. oxysporum* f.sp. *cepae* per gram grond om te kijken of deze als reservoirplanten kunnen dienen of dat ze besmetting laten afnemen. Hierbij is tijdens het groeiseizoen geobserveerd of de planten tekenen van fusariumverwelking en -rot vertoonden. Net voor de oogst zijn grondmonsters genomen en is met de bio-TaqMan methode de besmetting met *F. oxysporum* f.sp. *cepae* bepaald. Na de oogst is in plantendelen gekeken of hierin met de bioTaqMan methode *F. oxysporum* f.sp. *cepae* aan te tonen was.

Voor deze herhaling met gewassen uit de rotatie is gekozen voor de volgende gewassen: aardappel, zomertarwe, mais, haver, Japanse haver, Engels raaigras, spinazie, bladrammenas en gele mosterd (voor zaaidichtheid zie Tabel 2.1; Figuur 2.1 voor veldopstelling). Daarnaast zijn drie bakken braak toegevoegd aan de proef. Alle behandelingen zijn gerandomiseerd in het veld geplaatst, met uitzondering van de spinazie en de aardappelen met het oog op behandelingen tegen andere plagen en pathogenen tijdens de teelt.

Tabel 2.1 Behandelingen tijdens de bakkenproef 2023.

Behandeling	Inoculatie	Zaai	Bemesting
A	1000sp/g coniodiosporen	Ui, 167 zaden/m ²	NK-mix 400 kg/ha
B	1000sp/g coniodiosporen	Braak	NK-mix 400 kg/ha
C	1000sp/g coniodiosporen	Aardappel, 4 l/m ²	NK-mix 400 kg/ha
D	1000sp/g coniodiosporen	Zomertarwe ,250 zaden/m ²	NK-mix 400 kg/ha
E	1000sp/g coniodiosporen	Mais, 10 pl/m ²	NK-mix 400 kg/ha
F	1000sp/g coniodiosporen	Haver, 250 pl/m ²	NK-mix 400 kg/ha
G	1000sp/g coniodiosporen	Engels Raai 32 kg/ha	NK-mix 400 kg/ha
H	1000sp/g coniodiosporen	Japanse haver 70 kg/ha	NK-mix 400 kg/ha
J	1000sp/g coniodiosporen	Spinazie 300 zaden/m ²	NK-mix 400 kg/ha
K	1000sp/g coniodiosporen	Bladrammenas, 35 kg/ha	NK-mix 400 kg/ha
L	1000sp/g coniodiosporen	Gele mosterd 15 kg/ha	NK-mix 400 kg/ha
M	1000sp/g chlamydosporen	Ui, 167 zaden/m ²	NK-mix 400 kg/ha



Figuur 2.1 Randomisering van de bakken tijdens de bakkenproef (m.u.v. de behandelingen met spinazie (J) en met aardappel (C) in verband met behandeling van deze bakken tijdens het groeiseizoen).

2.4 Verzamelen Onkruiden

Naast gewassen in de rotatie staan er ook geregeld ongewenste gewassen op het veld in de vorm van onkruiden. Op velden met bekende *F. oxysporum* f.sp. *cepae* besmetting in 2022 in Hoofddorp en Lelystad zijn in de zomer van 2023 verschillende onkruiden verzameld tussen de opvolgende teelt. Onkruiden zijn verzameld en afzonderlijk verpakt in plastic zakken voor vervoer.

De bovengrondse delen van de planten zijn door 1 minuut in 70% ethanol, 4 minuten in 1% natriumhypochloriet en 3 wasstappen in water aan de buitenkant gesteriliseerd. Wortels zijn in deze proef niet geanalyseerd. Na ontsmetting zijn de planten fijn gemalen en met TaqMan en BioTaqMan beoordeeld op besmetting met *F. oxysporum* f.sp. *cepae*.

3 Resultaten

In dit hoofdstuk staan de resultaten van de verschillende proeven beschreven. Hoe de proeven opgezet waren staat beschreven in het vorige hoofdstuk. Alle conclusies staan in het volgende hoofdstuk bij elkaar. Per paragraaf en per beschreven proef staat een korte samenvatting van de resultaten in enkele cursief gedrukte regels aan het begin van de paragraaf.

3.1 Veldmonsters

In 2023 zijn er grondmonsters verzameld van percelen waar een bekende besmetting met *F. oxysporum* f.sp. *cepae* aanwezig is. Van deze monsters is bepaald wat de mate van besmetting is (Tabel 3.1). Het is de bedoeling deze percelen met vaak hoge tot zeer hoge mate van besmetting de komende jaren meerdere malen te bemonsteren om te zien hoe de besmetting verandert in de loop der tijd en met verschillende gewassen. Pas van een klein aantal percelen is eind 2023 al een tweede monster geanalyseerd, de andere monsters worden in 2024 meegenomen met de analyse.

Tabel 3.1 Besmettingen in percelen van partners en uit percelen van het proefbedrijf van open teelten in Lelystad.

Monster	Gewas	Besmetting voor teelt					Besmetting na teelt*					Opmerking
		<	10 ²	10 ³	10 ⁴	10 ⁵	<	10 ²	10 ³	10 ⁴	10 ⁵	
Sporendichtheid /g grond												
De Groot en Slot-Rotte	Zaaiui		X									
De Groot en Slot-Flevo	Zaaiui			X								
De Groot en Slot-Nop	Zaaiui			X								
Koppert-Rie001	Zaaiui		X									
Koppert-KRO001	Zaaiui			X	X							
Koppert-POP001	Zaaiui		X									
Koe1	2022 ui					XX						In 2022 rotte uien ondergewerkt
Koe2	2021 ui			X	X							In 2021 zware besmetting
van Iperen-Mey	Aardappelen				X	X				X	X	
Van Iperen-Her	Rode ui		X						X			Toename tijdens uienteelt
Van Iperen-Qua	Tarwe			X								
Van Iperen-Mag	Ui		X						X			Toename tijdens uienteelt
Agrotheek	Ui		X									
Agrifirm-Lov	2022 ui			X	X							
Delphi	zaaiui		X									
Velden Lelystad (42)	Wisselend	X	X	X	X							
Bakkenproef	Ui, aardappel, zomertarwe, mais, haver, Japanse haver, Engels raaigras, spinazie, bladrammenas gele mosterd				X							

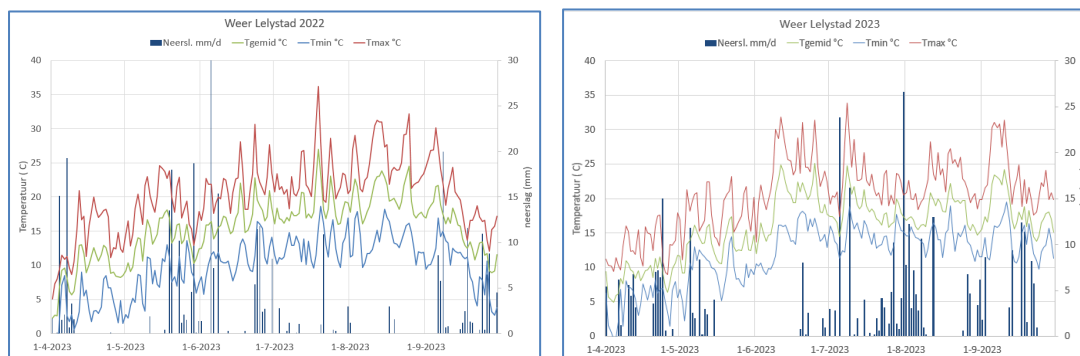
*: nog niet alle monsters zijn verzameld en / of geanalyseerd

3.2 Bakkenproef 2023

De bakkenproef in 2023 heeft op dezelfde plek gestaan als die in 2022. In 2023 had de proef echter veel meer last van vogelvraat, die zaden en jong plantgoed uit de bakken haalden, van storm en van overvloedige regen (Figuur 3.1). In vergelijking met 2022, was 2023 een jaar met meer weersextremen qua droogte en regenval (Figuur 3.2).

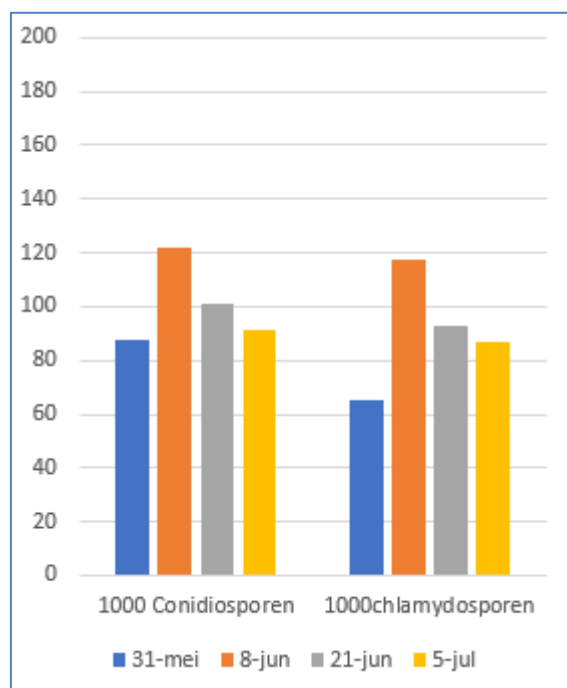


Figuur 3.1. Problemen in 2023 met vogels die zaden opeten, minder egale gewassen na opnieuw zaaien harde wind,



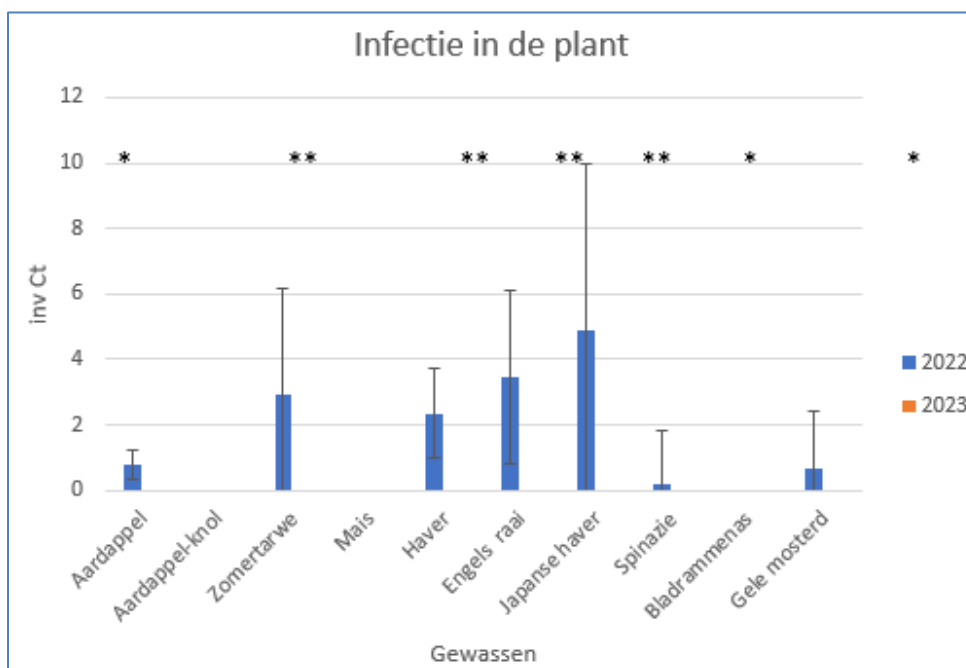
Figuur 3.2 Neerslag, minimum en maximum temperaturen in zomer 2022 en zomer 2023.

De opkomst van de uien was dit jaar slechter dan in 2022, echter er was geen verschil in opkomst en uitval tussen de bakken die besmet waren met chlamydo-sporen in vergelijking met die met een zelfde hoeveelheid conidiosporen (Figuur 3.3). Beide waren ingezaaid met 5 rijen met 40 zaden. Alle geoogste uien zijn in de bewaring gegaan en zullen in mei 2024 beoordeeld worden op Fusariumaantasting. Een tussentijdse beoordeling in januari 2024, liet zien dat de nekken van de bollen slecht gesloten zijn maar verder waren er nog weinig externe aantastings-symptomen zichtbaar.



Figuur 3.3 Opkomst en uitval van uien geteeld op bakken met conidiosporen (links) en met chlamydosporen (rechts).

In de andere gewassen waren de infecties dit jaar in vergelijking met de besmetting van vorig jaar laag: In tegenstelling tot de proef in 2022 (Figuur 3.4 blauwe balken) kon in 2023 geen *Fusarium* aangetoond worden in de andere gewassen (Figuur 3.4 ontbrekende oranje balken). Reden om in 2024 het experiment nogmaals te herhalen.



Figuur 3.4 Besmetting in bovengrondse delen van de verschillende gewassen. In 2023 werden in verschillende van de monsters (* geven aan hoeveel van drie bakken besmettingen lieten zien) besmettingen gemeten. In 2023 werd er in geen enkel van de geteste gewassen besmetting waargenomen. Ter vergelijking: rotte uien scoren hier een besmetting met inverse Ct-waarde van 10 a 12.

3.3 Onkruiden

Tijdens een veldbemonstering in 2022 waren op een uienperceel met zware besmetting enkele onkruiden meegenomen en getest op *Fusarium* besmetting. Het meegenomen kruiskruid bleek besmet met *F. oxysporum* f.sp. *cepae*, de kamille niet. In 2023 zijn daarom onkruiden verzameld in Hoofddorp en in Lelystad op percelen met een bekende besmetting. Muur en kruiskruid (figuur 3.5) bleken daarbij reservoirplanten te zijn voor het uienpathogeen (Tabel 3.2).

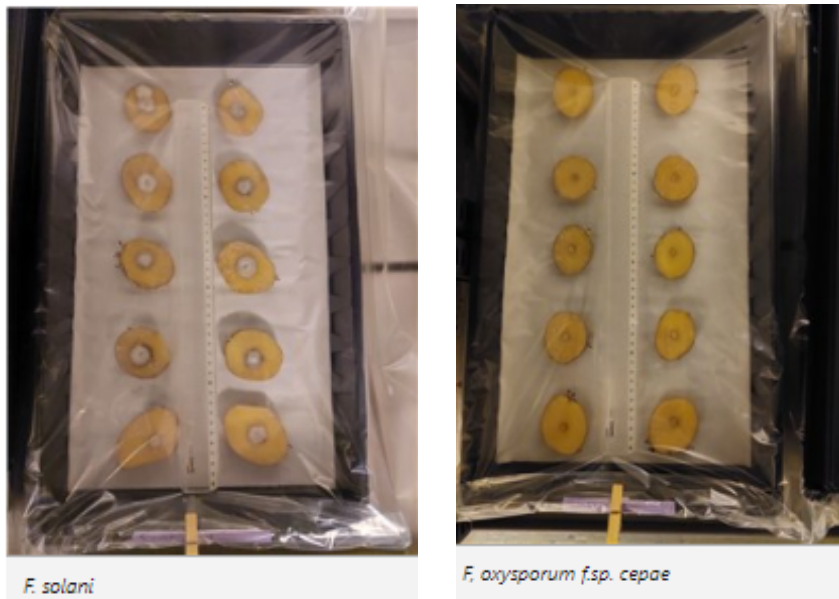


Figuur 3.5. Kruiskruid bij een jonge ui (links) en muur (rechts) de twee soorten waarin in een groot deel van de planten besmettingen met *F. oxysporum* f.sp. *cepae* konden worden aangetoond.

Tabel 3.2 Onkruiden en gemeten besmettingen met *F. oxysporum* f.sp. *cepae*.

Plantensoort	Latijnse naam	Aantal <i>F. oxysporum</i> f.sp. <i>cepae</i> besmette planten	Aantal geteste planten
Aardappel (opslag)	<i>Solanum tuberosum</i>	0	4
Bladrammenas	<i>Raphanus sativus</i>	0	3
Kamille	<i>Matricaria chamomilla</i>	0	2
Klaver	<i>Tripholium sp.</i>	0	1
Kruiskruid	<i>Senecio sp.</i>	5	7
Muur	<i>Stellaria sp.</i>	3	3
Paardenbloem	<i>Taraxacum officinale</i>	0	4

In opslag van aardappel werd geen besmetting met *F. oxysporum* f.sp. *cepae* aangetroffen. Ook in een aparte test naar virulentie op aardappel bleek *F. oxysporum* f.sp. *cepae* niet pathogeen op aardappel (Figuur 3.6; PPS Op weg naar een Systeemaanpak voor Fusarium in Aardappel)



Figuur 3.6. Test op aardappelschijfjes of *Fusarium* isolaten in staat zijn aardappel aan te tasten en droogrot te veroorzaken. Een klein stukje mycelium van een isolaat werd hierbij in het midden van de aardappelschijf geplaatst. Links een *F. solani* die aardappel kan aantasten (foto na 6 dagen inoculatie). Rechts *F. oxysporum* f.sp. *cepae* die geen aantasting geeft.

4 Discussie en interpretatie

4.1 Veldmonsters

Om te kunnen volgen hoe besmettingen in het veld door de rotatie heen fluctueren wordt er tijdens het Uireka 3-project over meerdere jaren gekeken naar het besmettingsniveau in percelen met een bekende historie van *F. oxysporum* f.sp. *cepae* problemen. In 2023 zijn hiervoor de eerste monsters genomen en van een eerste paar velden is er al een 2^e bemonstering uitgevoerd. In het geval van een uienteelt in 2023 zien we de besmetting in de bodem toenemen (factor 5 tot 30x), in eerdere jaren was dat tussen de 5 a 50x. Verschillen in toename kan afhangen van de gevoeligheid van de gebruikte cultivar en van verschillen in de groeiomstandigheden over jaren. In een veld met aardappelen was de besmetting niet significant veranderd (ook niet afgenomen).

4.2 Bakkenproef-rotatiegewassen

F. oxysporum f.sp. *cepae* is in staat om verschillende soorten aseksuele sporen te vormen. Chlamydosporen zijn daarbij de sporen met een sterk verdikte celwand die gezien worden als de structuren die het langs kunnen overleven in een bodem. De conidiosporen met hun dunnere celwanden worden gezien als de belangrijkste verspreiders tijdens een uitbraak. Voor de opkomst en uitval van de uien in de bakkenproef in 2023 blijkt het niet uit te maken of deze is gestart met conidiosporen of met chlamydosporen: de uien lieten een zelfde mate van uitval zien in de bakken. Hoe dit uitpakt in de opgeslagen uien weten we pas na mei 2024.

Of het de meer extreme weersomstandigheden in 2023 waren, de problemen dat een aantal gewassen uit de rotatie opnieuw gezaaid moesten worden of andere oorzaken, de verschillende gewassen waren dit jaar minder homogeen in opkomst. Of het de zwakste planten waren die in dit jaar wegvielen en het vorige jaar juist besmet waren met *F. oxysporum* f.sp. *cepae*, is iets wat we nooit kunnen achterhalen. Feit is wel dat we in 2023 geen met *Fusarium* besmette planten gevonden hebben in tegenstelling tot in 2022.

4.3 Onkruiden

Verzamelde onkruiden op percelen met een bekende besmetting met *F. oxysporum* f.sp. *cepae* lieten bij analyse zien dat muur en kruiskruid reservoirplanten kunnen zijn voor *F. oxysporum* f.sp. *cepae*. Dit gold zowel van percelen waarop in dit jaar ook uien stonden als van percelen waar een jaar eerder uien gestaan hadden. De aantallen zijn echter klein en finale conclusies kunnen hier nog niet aan verbonden worden.

5 Conclusies en aanbevelingen

Met de in de eerdere Uireka ontwikkelde meetmethode voor *F. oxysporum* f.sp. *cepae* kunnen we in gronden meten hoe de populatie van dit pathogeen door de tijd heen veranderd. In 2023 is er een begin gemaakt met het verzamelen van gegevens van besmette percelen die in de komende jaren zowel met ui als met andere gewassen gevolgd zullen gaan worden om veranderingen in de populaties te kunnen vaststellen. Met ui als gewas is er een duidelijke toename van de pathogeen in het veld. Echter omdat niet alle cultivars zijn bekend zijn, is niet te zeggen of minder gevoeligere cultivars voor minder toename zorgen of dat dit samenhangt met de beginpopulatie van het pathogeen.

In de bakkenproef kon geen onderscheid gemaakt worden tussen het ziekteverloop, afgemeten aan wegval van planten, op grond besmet door conidiosporen of chlamydosporen van *F. oxysporum* f.sp. *cepae*. De hoeveelheid ziekte in de uienbollen wordt pas in mei 2024 beoordeeld. Beide behandelingen hebben geleid tot duidelijk openstaande nekken bij beoordeling van de bollen in januari 2024.

De bakkenproef 2023 liet in tegenstelling tot de bakkenproef 2022 geen besmetting zien in de geteste gewassen inclusief groenbemesters. In 2024 gaat de bakkenproef herhaald worden om te bepalen of 2022 of 2023 hier afwijkende resultaten hebben gegeven. Uitspraken welke van de geteste gewassen en groenbemesters kunnen dienen als reservoirplanten kunnen daarom nog niet gedaan worden.

Uit in het veld verzamelde onkruiden blijken sommige onkruiden zoals muur en kruiskruid duidelijk reservoirplanten te kunnen zijn voor *F. oxysporum* f.sp. *cepae*. Ook in jaren dat er geen ui op het veld staat, bleken deze onkruiden vanuit de bodem besmet te kunnen worden. De vraag is in hoeverre deze onkruiden bijdragen aan de instandhouding van de Fusarium populatie in de grond. Dit zal afhangen van de mate waarin de onkruiden het pathogeen vermeerderen, maar ook wat de bezetting van onkruiden in het veld daadwerkelijk is. Desalniettemin lijkt een effectieve onkruidbestrijding een bijdrage te kunnen leveren aan de beheersing van Fusarium.

6 Referenties

- Haapalainen, M., Latvala, S., Kuivainen, E., Qiu, Y., Segerstedt, M. & Hannukkala, A.O. (2016). *Fusarium oxysporum*, *F. proliferatum* and *F. redolens* associated with basal rot of onion in Finland. *Plant Pathology*, 65: 1310-1320.
- Kalman, B., Abraham, D., Graph, S., Perl-Treves, R., Meller Harel, Y., & Degani, O. (2020). Isolation and Identification of *Fusarium* spp., the Causal Agents of Onion (*Allium cepa*) Basal Rot in Northeastern Israel. *Biology*, 9(4), 69. <https://doi.org/10.3390/biology9040069>
- Klokočar-Šmit, Z., Lević, J., Masirevic, S., Grozdanović-Varga, Je., Vasić, M. & Aleksić, S. (2008). Fusarium rot of onion and possible use of bioproduct. *Zbornik Matice Srpske za Prirodne Nauke*. 2008. 10.2298/ZMSPN0814135K.
- Komada, H. (1976). A new selective medium for isolating *Fusarium* from natural soil. *Proceedings of the American Phytopathological Society* 3:221
- Scholten, O. & Burger, K. (2020). *Fusarium*-onderzoek in de Nederlandse Uienteelt. Uireka-rapport 2019-04. [Rassenketen onderzoek bewaaruien \(uireka.nl\)](https://www.uireka.nl/rassenketen-onderzoek-bewaaruien)
- Taylor, A., Vágány, V., Jackson, A.C., Harrison, R.J., Rainoni, A. & Clarkson, J.P. (2016). Identification of pathogenicity-related genes in *Fusarium oxysporum* f. sp. *cepae*. *Molecular Plant Pathology*, 17: 1032-1047.

7 Bijlage 1 – Nieuwe Monsterformulier

Uireka 3- Grondbemonstering

Steken van een grondmonster: Steek een grondmonster met behulp van een grondboor, gutsboor of schepje op een standaard monsterdiepte van 0-20 cm. Neem 30-40 steken verspreid over het perceel nemen (tot 8 hectare; anders meerdere monsters nemen). Loop daarbij in een W vorm over het perceel. De verkregen grond mengen in een emmer en deelmonster van circa 0,5 kg nemen. Monster verpakken in een gesloten plastic zak en labelen met monstercode (voor naamgeving zie begeleidend monster formulier) en datum.

Opslaan en versturen van een grondmonster. Als een monster niet direct verstuurd wordt deze graag bewaren bij 4-5°C of anders bij buitentemperatuur. Monsters versturen naar Anne van Diepeningen, BU Biointeracties en plant gezondheid (Mo.Ce.031) Bornsesteeg 48A,6708 PE Wageningen (anne.vandiepeningen@wur.nl; tel: 06-14614413). Of afgeven bij de WUR vestigingen Westmaas of Lelystad en door laten sturen. Een ingevuld monsterformulier per monster bijvoegen.

AVG: In verband met de wet op de AVG dient ook het bijgevoegde formulier ingevuld te worden zodat voor het onderzoek gegevens opgeslagen mogen worden.

MONSTER	Monstercode¹	Type monster² <input type="checkbox"/> Ui Blad/bol/wortel <input type="checkbox"/> Grondmonster <input type="checkbox"/> Ander:	<input type="checkbox"/> Serie: ³ monster maakt deel uit van een serie	
	Datum Dag/maand/jaar /...../.....	Locatie GPS coördinaten of adres ⁴		
TEELT	Huidig gewas/cultivar:	Plantui/ Zaaiui/ Sjalot/ Anders	Zaaidatum:	Grondontsmetting, jaar
	Partijnummer:		Biologisch/Gangbaar	Biologische GO: Inundatie:
	Rotatieschema⁵ Gewas(sen)/jaar:	Bemesting:	Grondbewerking:⁶ Ploegen/eggen/rotorkoep /anders.... Ploegdiepte: Niet/wel kerend Graag periode voor/najaar aangeven	Gewasbestrijding Bovengronds: Ondergronds: Pootgoed-/Gewas-voorbehandeling:
BODEM	Bodemtype: klei/zand/anders			
	Grondanalyse/bodemvruchtbaarheidsanalyse (kopie bijsluiten waar mogelijk):			
	Analyse uitgevoerd door jaar:			
	pH:	Organisch materiaal (%):	Stikstof (Nitraat/Ammonium):	K (mg/kg):
	Visuele Bodembeoordeling Bodemstructuur (zie https://www.goedbodembeheer.nl/graaf-een-kuil#meerstructuur) <ul style="list-style-type: none"> 1. Structuurelementen <ul style="list-style-type: none"> 0- meer dan 50% scherpblokkig 2- 15-50% scherpblokkig 4- minder dan 25% scherpblokkig 2. Regenwormen (kluit 20x20x20 cm) <ul style="list-style-type: none"> 0- geen 1- 1 worm 2- 2 wormen 3- 3 of meer wormen 3. Beworteling- maximale diepte van de beworteling <ul style="list-style-type: none"> 0- 0 wortels per 100 cm² op 40 cm diepte 1- 1 wortel per 100 cm² op 40 cm diepte 2- 2 wortels per 100 cm² op 40 cm diepte 3- 3 of meer wortels per 100 cm² op 40 cm diepte 			
OPSLAG⁷	Rooidatum:	Geplande datum einde opslag:	Opslag temperatuur:	Kiemremmingmiddelen: <input type="checkbox"/> MH <input type="checkbox"/> 1,4 sight <input type="checkbox"/> Biox-M <input type="checkbox"/> Restrain <input type="checkbox"/> Anders:
	Inschuurdatum:	Opslag: Los/kisten/anders:	Opslag luchtvochtigheid:	

Fusarium	Huidige problemen:⁸ % Fusarium besmette planten op het veld % Fusarium besmette uien in opslag (# rotte uien per 50 uien)
	Eerdere problemen:⁸ % Fusarium besmette planten op het veld % Fusarium besmette uien in opslag
	Andere ziektes? Zo ja, welke en percentage aantasting
EXTRA	Aanvullende informatie:

Verklaringen codes:

1. Monstercode: 3 letters voor het bedrijf en een volgnummer voor het monster. Bijvoorbeeld DIE001 voor het eerste monster van van Diepeningen.
2. Type monster: (Deel van een) plant, grondmonster of anders bijvoorbeeld compost, reststroom of anders. Als onkruidmonster dan graag plantensoort vermelden, en zo mogelijk een foto bijvoegen / sturen naar anne.vandiepeningen@wur.nl.
3. Noteer of monster deel uit maakt/gaat maken van een serie. Bijvoorbeeld meerdere monsters van een perceel op dezelfde dag of over jaar of jaren.
4. Locatie: geef bij voorkeur de GPS coördinaten van het monsterpunt of anders het adres. Bijvoorbeeld B 51.987431 x L 5.665395 voor Droevendaalsesteeg Wageningen. Coördinaten kunnen bijvoorbeeld worden bepaald met een GPS toestel of via de Google maps app: Open de Google Maps-app, tik op de kaart op een gebied dat geen label heeft en houd dit vast. Er wordt een rode speld geplaatst. U ziet de coördinaten in het zoekvak bovenaan.
5. Rotatieschema van de vorige drie jaar, inclusief groenbemesters
6. Grondbewerking: doorhalen wat niet van toepassing is, eventueel aanvullen
7. Vragen over de opslag indien van toepassing op het monster.
8. Huidige en eerdere problemen: omschrijf huidige en eerdere problemen van de locatie, bij voorkeur als percentage aangetaste uien.

WUR TOESTEMMINGFORMULIER

Ik geef op basis van onderstaande informatie toestemming voor het gebruiken van de door mij gegeven informatie ten behoeve van onderstaand onderzoek.

Projectgegevens

Naam	Nummer	Deelproject van	Startdatum	Einddatum
Project Uireka 3		-	1 jan 2023	31 dec 2025

Informatie over het project

Om beter grip te krijgen op de problemen veroorzaakt door *Fusarium* in ui worden in dit onderzoek grondmonsters verzameld van velden met een mogelijke besmetting met *Fusarium oxysporum* f.sp. *cepae*, momenteel de belangrijkste *Fusarium* pathogeen in de Nederlandse uienteelt. Dit monster wordt gestoken aan het begin of einde van een teelt om drempelwaarden van problemen in de uienteelt vast te kunnen stellen en om het gedrag van het pathogeen onder andere teelten in de rotatie of in onkruiden vast te kunnen stellen.

Doel van het project

Paper	Rapportage	Onderzoek nationaal	Onderzoek internationaal	Proces	Anders
		x			

Welke gegevens worden verzameld, locatie verwerking, bewaartermijnen en beveiliging

Gegevenscategorie	Plaats verwerking	Maximale Bewaartermijn
Plaats	WUR Wageningen	Geanonimiseerde data over plaats en datum van verzamelde schimmelisolaten worden ten behoeve van het onderzoek wel bewaard

Hoe worden uw gegevens beveiligd

- De informatiebeveiliging van informatiesystemen van WUR is gebaseerd op maatregelen, zoals die zijn weergegeven in de Code voor Informatiebeveiliging (BS 7799, ISO/IEC 17799) en de algemene richtlijnen van de Wageningen University & Research. Link naar uitgebreide info.
- De maatregelen zijn genomen met als doelstellingen om de beschikbaarheid, integriteit en vertrouwelijkheid te laten functioneren op een niveau voor het onderzoek
- Veilige opslag is gewaarborgd via veilige opslag, encryptie, monitoring, legging, autorisatie- en authenticatietechnieken en andere maatregelen.

Organisaties, instituten, landen waarmee wordt gedeeld

Organisatie/instituut	NL	Landen binnen EU	Landen buiten EU
Partners binnen de PPS	x		

Contactgegevens projectleider, onderzoekers

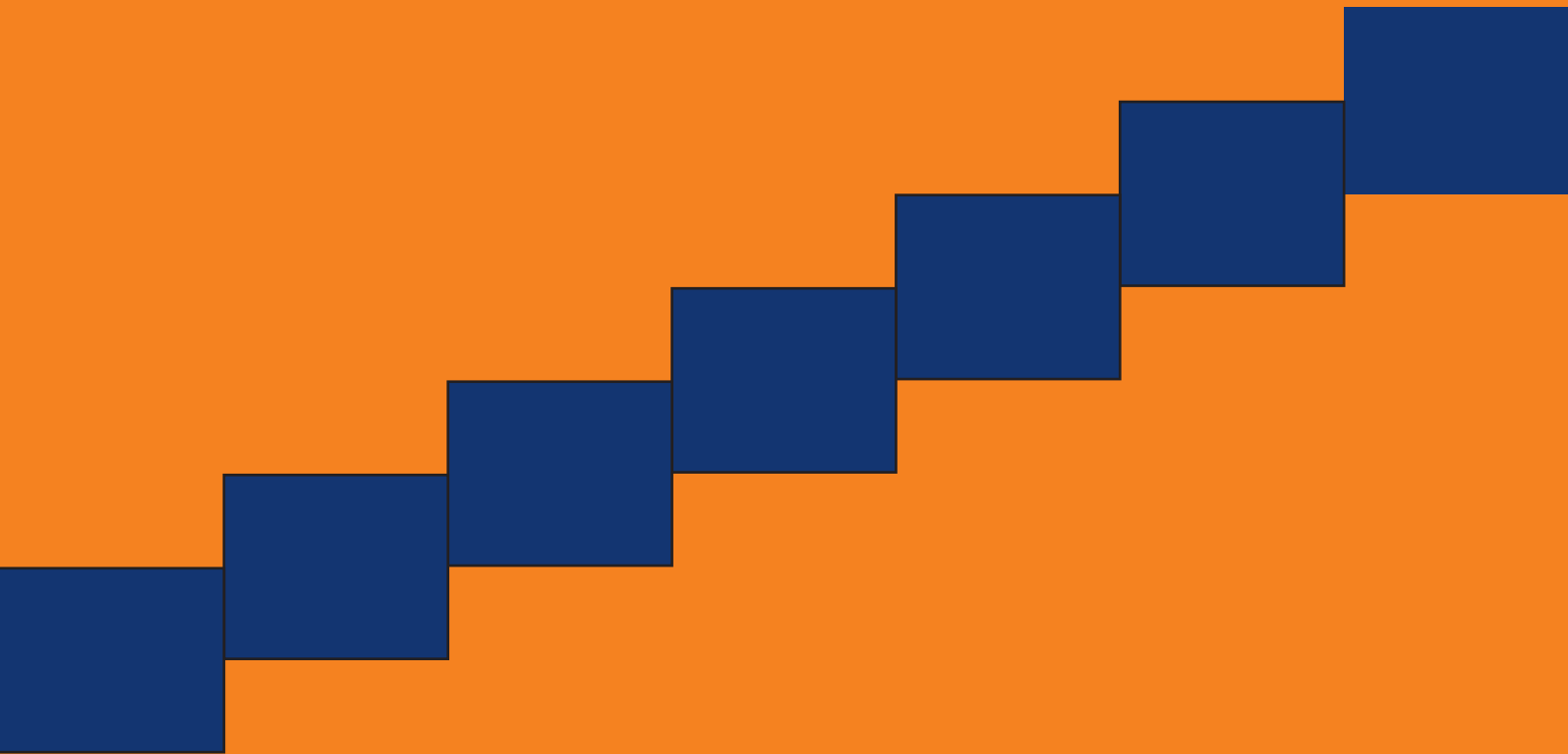
Naam	Functie	WUR mailadres	Telefoonnummer
Anne van Diepeningen	Projectleider	anne.vandiepeningen@wur.nl	06-14614413
Bert Evenhuis	Onderzoeker	Bert.evenhuis@wur.nl	06-30363196

Met het geven van uw toestemming verklaart u deze persoonsgegevens vrijwillig te hebben verstrekt. U heeft het recht om de gegeven toestemming ook weer in te trekken. De door u verstrekte persoonsgegevens worden uitsluitend voor het doel gebruikt waarvoor u deze heeft verstrekt. U heeft het recht op inzage, verwijdering, correctie of beperking van de verwerking van persoonsgegevens, alsmede het recht om bezwaar te maken en het recht op gegevensoverdraagbaarheid. Meer hierover op <https://www.wur.nl/nl/Over-Wageningen/Integriteit-en-privacy.htm>

Let op: er is geen sprake van een absoluut recht voor betrokkenen. Is de verwerking noodzakelijk voor de uitvoering van een wettelijke taak of algemeen belang (bijvoorbeeld: archivering in algemeen belang, wetenschappelijk of historisch onderzoek of statistiek, of vanuit een wettelijke verplichting zoals strafrechtelijk onderzoek) dan kan het betekenen dat het verzoek van de betrokkene wordt afgewezen. Per situatie en ingeroepen recht moet dit worden afgewogen. In geval van geanonimiseerde data vervallen genoemde rechten omdat het geen persoonsgegevens meer betreft.

Met uw vragen kunt u terecht bij de Functionaris Gegevensbescherming van WUR functarisgegevensbescherming@wur.nl. Informatie over de verwerking van persoonsgegevens kunt u vinden op <http://wur.nl/privacy>, in de project specifieke privacyverklaring [link](#) en op de projectsite [link](#). Mocht er een geschil ontstaan, dan kunt u een klacht indienen via privacy@wur.nl of bij de Autoriteit Persoonsgegevens op www.autoriteitpersoonsgegevens.nl.

Naam	Datum	Handtekening
Betrokkene		
Projectleider		



Dit is een uitgave van Ulreka, een initiatief van de Holland Onion Association.

Holland Onion Association
Louis Pasteurlaan 6
2719 EE Zoetermeer
Tel. + 31 79 368 11 00



is part of



www.uireka.nl

Ulreka 2.0 wordt mede mogelijk gemaakt door:



+ meer dan 70 ketenpartners!