
RAPPORT

PROGRAMMA PRECISIELANDBOUW

PROJECT 039

INTEGRALE DON-BEHEERSING (TEELTFASE)



Datum **7 juni 2011**
Referentie **20110607**
Auteur(s) **Nicole Bartelds, Wouter Zunneberg**
Versie **1.3**
Classificatie **Vertrouwelijk**
Status **Definitief**

Inhoudsopgave

1 INLEIDING	1
1.1 Aanleiding	1
1.2 Doelstelling.....	1
1.3 Onderzoeksvragen	1
1.4 Werkwijze.....	2
1.5 Leeswijzer	2
2 OMVANG / BELANG	3
2.1 Omvang tarweteelt	3
2.2 De omvang van de schade door mycotoxine	4
2.3 Fusarium-problematiek	5
2.3.1 Fusariumbesmetting	6
2.3.2 Preventie	6
2.3.3 Normen	7
3 WENSSITUATIE	9
4 LITERATUURONDERZOEK	11
4.1 Inleiding onderzoek.....	11
4.2 Onderzoek naar indicatoren	11
4.3 Onderzoek om het risico in kaart te brengen.....	13
4.4 Onderzoek naar de bestrijding van Fusarium met fungiciden.....	14
4.5 Onderzoek naar zaaidichtheid	16
4.6 Onderzoek naar detectiemethoden	19
4.7 Onderzoek naar toediening fungiciden op basis van biomassa.....	20
4.8 Onderzoek naar zwadmaaien	21
5 CONCLUSIE	23
BIJLAGE 1. LITERATUUROVERZICHT	25

BIJLAGE 2. KOSTENBEREKENING.....28

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

In offerteverzoek ZGLE.10.0112, d.d. 16 september 2010, is de vraag als volgt geformuleerd:

“ Optimale beheersing van kwaliteitsaspecten tijdens de teelt en bewaring van granen (i.h.b. tarwe) wordt steeds belangrijker. Initiatiefnemers willen geoogste partijen met verschillende specificaties waar mogelijk apart tot waarde te brengen in de keten, waardoor een beter financieel rendement behaald kan worden. Vanwege het belang van de kwaliteitsfactor “DON-gehalte” ligt de focus op het voorkomen en minimaliseren van de hoeveelheid DON (een mycotoxine), zowel in de teelt als tijdens de bewaring. Forse innovaties zijn hiervoor nodig (precisieteelt en precisiebewaring). Het belang van een betere beheersing van schimmels en mycotoxinen zoals DON is mondiaal groot (voedselveiligheid, voedselzekerheid, voedselkwaliteit) en kan vele miljoenen extra opleveren in de betrokken ketens.

Om onderzoek naar en ontwikkeling van (zo goed als) praktijkrijpe innovaties zo efficiënt en effectief mogelijk te kunnen uitvoeren, willen de initiatiefnemers hun werkplan uitvoeren in een tweetrapsraket: in de 1e tranche – zowel voor de teeltfase als voor de bewaarfase - richten op inventarisatie, informatie verzamelen over eerdere en aanpalende onderzoeken, afstemmen met Wageningen UR (PRI en Rikilt) en andere kennisinstellingen en het voorbereiden van veldproeven en demonstraties; in de 2e tranche (vanaf inzaai september 2010) richten op het uitvoeren van de veldproeven en demonstraties en het overdragen van kennis.

Een betere beheersing van schimmels en mycotoxinen, zoals DON, is mondiaal van groot belang. Zowel wat betreft de kwaliteit en veiligheid van de humane en dierlijke voeding als ook voor de zekerheid van de voedselproductie en de economische inkomsten, door het voorkomen van inkomstenderving door slechte opbrengsten en slechte kwaliteit.

Hoewel we hier kijken naar de mogelijkheden onder de Nederlandse omstandigheden wordt nadrukkelijk ook gekeken of er in het buitenland ontwikkelingen zijn, die mogelijk ook onder Nederlandse omstandigheden toepasbaar zijn.

1.2 Doelstelling

Het belang van een betere beheersing van schimmels en mycotoxinen zoals DON is mondiaal groot (voedselveiligheid, voedselzekerheid, voedselkwaliteit) en kan veel extra geld opleveren in de betrokken ketens (tarwe). De opdrachtgevers voor dit project (Hamster en Wage) willen komen tot een nieuwe manier van werken in de praktijk, die bestaat uit het toepassen van een combinatie van plaatsspecifieke, tijdspecifieke en partijspecifieke technieken en methoden in zowel de teelt als de bewaring van tarwe.

In dit rapport zal vooral worden gekeken naar de mogelijkheden tijdens de teeltfase.

1.3 Onderzoeksvragen

Op basis van ervaringen van de opdrachtgevers zijn voor de teeltfase zijn een viertal onderzoeksvragen geformuleerd:

Fout! Onbekende naam voor documenteigenschap.

naam voor

documenteigenschap.

1. Is het mogelijk om door een lagere zaaidichtheid, zowel tussen de rijen als in de rijen, meer licht en lucht in het gewas te krijgen waardoor de omstandigheden voor de ontwikkeling van Fusarium ongunstiger worden en DON besmetting kan worden geminimaliseerd.
2. Is het mogelijk om vroegtijdig met specifieke detectiemethoden de Fusarium besmetting binnen een perceel te detecteren.
3. Is het mogelijk in de bestrijding van Fusarium door gebruik van fungiciden, de dosering en het tijdstip te relateren aan de hoeveelheid biomassa, zodat de ziekte effectiever kan worden bestreden.
4. Is het mogelijk door het toepassen van zwadmaaien het vochtgehalte in het graanproduct dusdanig te verlagen, zodat de hoeveelheid DON in het geogste product kan worden beperkt.

1.4 Werkwijze

Aan de hand van een beperkte literatuur studie van wetenschappelijke artikelen, congres proceedings (Precision Agriculture) en relevante internetsites is een beeld gevormd van de stand van de kennis en het onderzoek met betrekking tot Fusarium en DON-vorming in tarwe.

Deze informatie is in dit rapport verwerkt en gereviewed door deskundigen bij PRI/ RIKILT.

1.5 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 wordt kort ingegaan op de omvang van de tarweteelt en het belang om de DON-problematiek aan te pakken.

In hoofdstuk 3 wordt het wensbeeld beschreven t.a.v. van de DON-beheersing tijdens de teeltfase.

In hoofdstuk 4 wordt ingegaan op al uitgevoerd en lopend relevant onderzoek (NL, EU, mondiaal) vooral toegespitst op de geformuleerde onderzoeksvragen.

In hoofdstuk 5 zijn de conclusies en aanbevelingen voor het vervolg geformuleerd

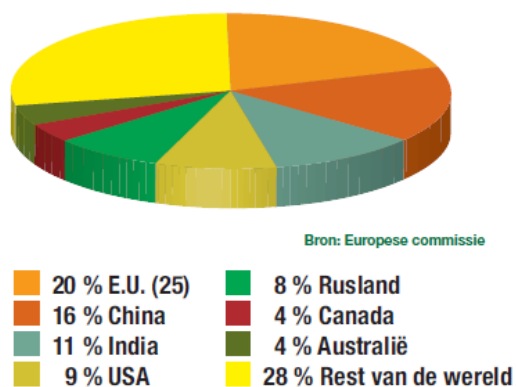
2 Omvang / belang

2.1 Omvang tarweteelt

De graanproductie in 2005 wereldwijd was 2038 miljoen ton. Globaal 30% daarvan 600 miljoen ton is tarwe. Europa staat met 20% op nummer 1 van de tarweteelt, gevolgd door China (16%) en India (11%).



De productie van tarwe in de wereld - 2005

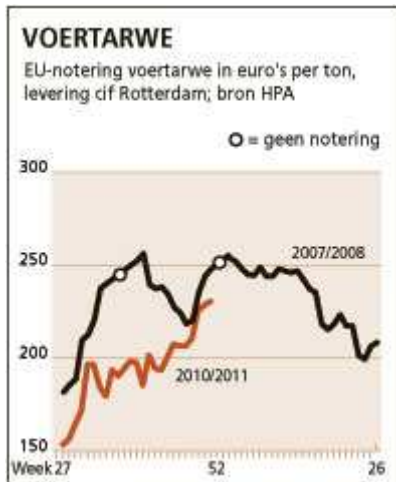


Op wereldschaal is Europa (25 landen) de grootste graanproducent, gevolgd door China en India.

Volgens de FAO (Wereld Voedsel organisatie van de VN) (2005) zal de vraag naar tarwe de komende jaren toenemen met 2% per jaar.

Voor het seizoen 2010 verwacht de Europese Commissie een graanoogst van 290 miljoen ton. Het aandeel tarwe in de komende graanoogst wordt volgens de commissie ruim 140 miljoen ton. De prijzen zijn dit jaar goed en ook voor het komende wordt een prijs van minimaal € 200 / ton (Agrifirm) voorzien.

bron: BASF



Bron: HPA

Uit de gegevens van de Europese Commissie blijkt dat het Europees gemiddelde opbrengst voor zachte tarwe met 2,2 procent gedaald is naar 5.546 kilo per hectare. De Ierse telers (koplopers) hebben dit jaar gemiddeld 9.145 kilo tarwe geoogst. België en Nederland bezetten meestal stek twee en drie in de Europese ranglijst. Dit jaar moeten de Belgische graantelers met 8.367 kilo per hectare hun Nederlandse collega's nipt voorlaten (8.691 kilo). (Agrarisch Dagblad)

Deze hoge prijzen zijn van de laatste jaren. In een saldoberekening uit 2008 werd nog gerekend met een prijs van €120- €130 per ton. (zie bijlage). Uitgaande van een opbrengst van 8.5 ton /ha en €120 per ton wordt de bruto opbrengst rond €1000 per ha. Wanneer echter de hoge prijzen (> € 200) van de laatste jaren aanhouden, dan wordt het belang van de teelt ook groter met een bruto opbrengst van € 1700,- per ha.

2.2 De omvang van de schade door mycotoxine

De exacte omvang van de schade door mycotoxine is moeilijk te achterhalen. Temeer daar de omvang ook erg tussen jaren varieert.

Wel wordt veelvuldig gesproken over Fusarium als een 'A global problem'. De ziekte wordt geschetst als oorzaak van wereldwijde schade, zoals hieronder geografisch ingetekend.



Bron: Bayer Crop Science

In Nederland trad in 1997 Fusarium in ernstige mate in wintertarwe op. Op zwaar aangetaste percelen kwamen opbrengstverliezen van 2 tot 5 ton/ha voor. Bij het hanteren van prijs van €200 per ton betekent dit €400 - €1000 per ha. Voor Nederland betekent dit met een oppervlakte van 150.000 ha tarwe dus al gauw € 6 - €10 miljoen.

FUSARIUM IN GRAAN

1% aangetaste aren = 1% opbrengstverlies

Bron: www.kennisakker.nl

Omdat Fusarium in afgelopen decennia nooit veel schade heeft gegeven, werd jaren als 1997 als een incident gezien.

In de literatuur zijn weinig cijfers over de wereldwijde omvang van het mycotoxine probleem beschikbaar. Cijfers uit 'Meeting the mycotoxine menace' geven voor de USA alleen al een inschatting van \$500 miljoen tot \$1.5 miljard per jaar aan gederfde graanopbrengsten en meerkosten aan onderzoek en monitoring.

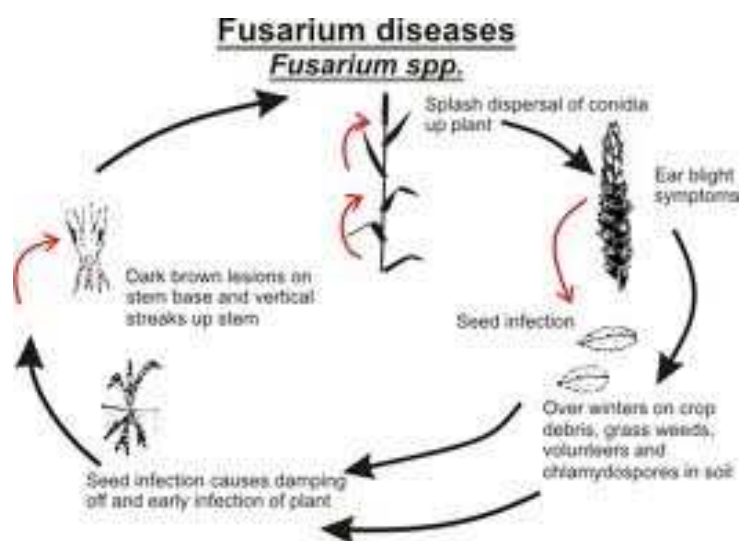
Ook voor de EU, waar globaal twee keer zoveel graan geteeld wordt als in de USA, leidt de mycotoxine problematiek dus ook tot aanzienlijk economische schade.

In de westerse wereld bestaat de schade vooral uit economische schade, voor de derde wereldlanden komt daar in ernstige mate het voedselveiligheid probleem bij, wanneer door onvoldoende controle de besmette partijen voornamelijk op de lokale markt wordt afgezet.

2.3 Fusarium-problematiek

2.3.1 Fusariumbesmetting

*Fusarium kan in wintertarwe door een aantasting van de aar (kafjesrood) leiden tot een verminderde opbrengst en een lagere kwaliteit. De vorming van mycotoxinen (in het bijzonder deoxynivalenol) door *Fusarium culmorum*, *Fusarium avenaceum* en *Fusarium graminearum* is een belangrijk aspect van deze kwaliteitsvermindering.*



Aarinfectie door de Fusariumsoorten is vooral afhankelijk van de weersomstandigheden rondom en tijdens de bloei van het graangewas. Bij gunstig weer zal er van aantasting nauwelijks sprake zijn; onder ongunstige omstandigheden kan die zeer aanzienlijk zijn, ook al zijn de nodige voorzorgsmaatregelen getroffen.

De korrels worden overwegend geïnfecteerd gedurende de bloei, zodat de schimmel zich tijdens de gehele periode van korrelvulling kan ontwikkelen. De omvang van de infectie en de mate van aantasting is in sterke mate afhankelijk van de groeiomstandigheden. Natte en vrij warme omstandigheden zijn gunstig voor infectie en schimmelgroei en bevorderlijk voor de productie van mycotoxinen.

Bestrijding van Fusarium is een complexe aangelegenheid. Het voorkomen van aantasting door Fusarium (en de vorming van DON) moet een samenspel zijn van maatregelen. Te denken valt aan: ruime vruchtwisseling, een kerende grondbewerking, teelt van resistente rassen en een fungicide bespuiting tijdens de bloei.

2.3.2 Preventie

Op basis van onderzoeken in het verleden zijn richtlijnen opgesteld om tijdens de teelt zoveel mogelijk de vorming van mycotoxinen te voorkomen of te minimaliseren.

Onderstaande opsomming is gebaseerd op de Europese Aanbeveling van 17 augustus 2006 (publicatie: 29/08/06):

- Op het veld is vruchtwisseling een goede manier om de kans op besmetting te verminderen. Vooral voor wintergranen is deze methode zeer effectief.
- Kies variëteiten die het meest geschikt zijn voor de bodem, het klimaat en de gangbare landbouwactiviteiten. Dit vermindert de stress bij de gewassen en maakt ze minder vatbaar voor schimmelinfecties.
- Vermijd een te dichte beplanting.
- Vermijd platliggen van het graan tijdens de oogst.
- Oogst het graan, indien mogelijk, bij het juiste vochtgehalte.
- Zorg ervoor dat bij de oogsttijd alle apparatuur voor het oogsten en de opslag van de gewassen functioneren.
- Vermijd mechanische beschadiging van het graan zoveel mogelijk en vermijd contact met de bodem tijdens de oogst

Voor Nederland is in 2000 al door PPO-agv en het Productschap Granen, zaden en peulvruchten een overzicht gepubliceerd van de teeltmaatregelen, die de vorming van mycotoxine in tarwe zoveel mogelijk moeten beperken.

De maatregelen kunnen worden gegroepeerd in 3 hoofdgroepen;

1. beperking van de hoeveelheid besmettingsmateriaal,
2. voorkomen van de besmetting en
3. bestrijding van besmetting.

GEEF FUSARIUM GEEN KANS!

- houd het land schoon (onkruidvrij)
- zaai geen tarwe na tarwe, maïs, graszaad of gras-groenbemester
- pas kerende grondbewerking toe
- gebruik ontsmet zaad
- neem resistentiecijfer mee in rassenkeuze
- houd het gewas gezond (= minder vatbaar)
- zorg voor zeker 250 planten/m²

Bron: www.kennisakker.nl

2.3.3 Normen

Mycotoxinen kunnen gezondheidsproblemen veroorzaken en zijn naast de economische schade ook vanuit het oogpunt van voedselveiligheid ongewenst.

De EU heeft voor DON (deoxynivalenol) in 2006 limieten opgesteld voor humane consumptie (zie tabel) om dit gezondheidsrisico te beperken.

Toepassing	Maximum DON-gehalte
------------	---------------------

Onverwerkte granen, anders dan durum tarwe, haver en maïs	1250 µg/kg
Meel, bedoeld voor menselijke consumptie	750 µg/kg
Brood, koekjes e.d.	500 µg/kg
Granen verwerkt tot voeding voor baby's en peuters	200 µg/kg
Granen en graanproducten voor diervoeding	richtwaarde 8000 µg/kg

bron: COMMISSION REGULATION (EC) No 1881 ; en Productschap Akkerbouw

3 Wenssituatie

De wenssituatie voor wat betreft mycotoxinen in graan is dat het volledig kan worden voorkomen.

De eerste stappen daarin zijn wereld wijd gezet door het ontwikkelen van resistente rassen en het opstellen van aanbevelingen om tijdens de teelt en bewaring van granen (tarwe) de kans p besmetting zo klein mogelijk te maken. Hoewel hier resultaten mee kunnen worden bereikt, is dit is niet voldoende gebleken.

Het ontstaan van mycotoxinen tijdens de teelt is onlosmakelijk verbonden aan het ontstaan van Fusarium besmetting op de plant. Dit wordt grotendeels veroorzaakt door de klimatologische omstandigheden , voornamelijk tijdens de bloei.

In het ideaalbeeld schetsen we hier een tweetal extra mogelijkheden om een besmetting die optreedt in ieder geval zo vroeg mogelijk en zo efficiënt mogelijk te kunnen bestrijden.

Zogenaamde early-warningsystemen zijn een uitwerking van modellen, die de factoren, die van invloed zijn op het ontstaan van een besmetting, modelleren. Hiermee is het mogelijk om de locatie van besmetting zo goed mogelijk te voorspellen.

Wanneer het duidelijk is waar een mogelijke Fusarium besmetting te verwachten is, kunnen in een zo vroeg mogelijk stadium adequate maatregelen worden genomen. Dit uit zich in het extra alert zijn, en (eventueel preventief) bestrijden van de besmetting met behulp van fungiciden. Hoe exacter de locatie van de besmetting bekend is (regionaal, op perceelsniveau, of binnen het perceel) hoe beter het ook mogelijk is om een effectieve bestrijding toe te passen.

Early-warningsystemen blijven voorspellende modellen, wat een simplificatie van de werkelijkheid met zich mee brengt, en waarin niet alle factoren volledig kunnen worden meegewogen.

Een andere optie is daarom daadwerkelijk meten.

Algemeen wordt aangenomen dat in een perceel ziekten ontstaan in zogenaamde ziektehaarden. Het is dus ook van belang om deze ziektehaarden in een zo vroeg mogelijk stadium en qua locatie zo exact mogelijk te detecteren.

Hierin zijn een aantal stappen te nemen.

Vanaf de laboratorium opstelling, waarin een detectiemethode wordt uitgewerkt, moet een vertaling worden gemaakt naar de veldsituatie. De methode moet ook onder veldomstandigheden toepasbaar zijn.

Tevens moet de detectie specifiek genoeg zijn om een onderscheid te kunnen maken , tussen een algemene constatering dat een plant ziek is, tot een constatering welke ziekte het specifiek betreft.

Op basis van deze resultaten kan ook zo vroeg mogelijk én plaatsspecifiek de besmetting worden bestreden. Hoe preciezer de locatie bekend, hoe beter de besmetting kan worden bestreden. Door efficiënte inzet van bestrijdingsmiddelen kunnen tevens de kosten van bestrijding worden gereduceerd.

Een andere optie is om op het product in of rond de ziektehaard een andere oogststrategie toe te passen, zoals het apart houden van partijen.

4 Literatuuronderzoek

4.1 Inleiding onderzoek

Mycotoxinen vormen een wereldwijd probleem, dat gevaar oplevert voor de voedselveiligheid.

Er is dan ook al heel veel onderzoek gedaan naar de oorzaken van Fusarium en de relatie met de vorming van mycotoxinen, waaronder DON) in de plant en in de korrel.

Er is zoveel literatuur beschikbaar dat het ondoenlijk om ook maar een fractie daarvan hier te kunnen citeren.

De literatuur is men name gebruikt voor onszelf om een beeld te krijgen van de problematiek. Een aantal onderwerpen, in het bijzonder de initiatieven om Fusarium besmetting te voorspellen, vonden we toch het vermelden waard, vooral omdat ze passen in het geschetste wensbeeld.

Daarna wordt ingezoomd op de onderzoeksvragen en gezocht naar en mogelijke onderbouwing van de gedachten achter deze vragen. Uiteraard is ook gekeken of in de literatuur al antwoorden te vinden waren, gestaafd door eerder uitgevoerd wetenschappelijk onderzoek.

De gevonden onderzoeken zijn globaal in te delen naar:

- Onderzoek naar indicatoren die van invloed zijn op het voorkomen van de besmetting van Fusarium en de vorming van mycotoxinen.
- Onderzoek om het risico in kaart te brengen. Dit is veelal uitgewerkt in modellen om op basis van de indicatoren een voorspelling te doen van de kans op besmetting.
- Onderzoek naar de bestrijding van Fusarium met fungiciden. Naast het gebruik van het middel is vooral ook het moment en de methode van bespuiting van invloed gebleken.

4.2 Onderzoek naar indicatoren

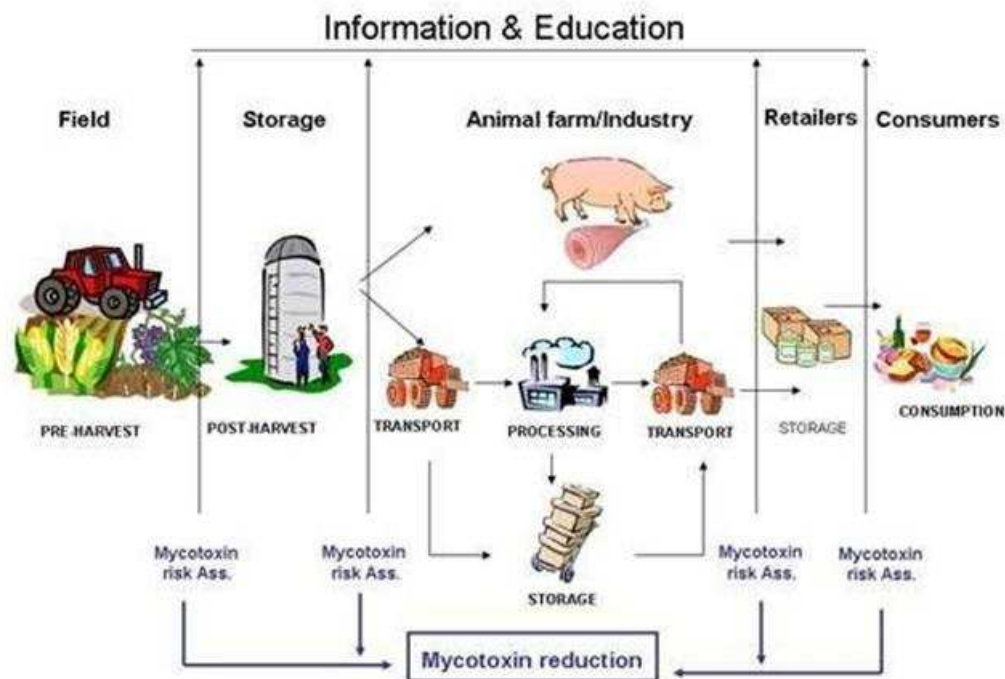
In het Myconet (project uit het 6^e Europese framework Programma) zijn op basis van een expertstudie de belangrijkste indicatoren bepaald voor de 3 stadia van de tarweketen (teelt, transport en opslag, verwerking).

In het onderzoek werd geconcludeerd dat de belangrijkste indicatoren voor de teeltfase zijn: relatieve luchtvochtigheid en neerslag, bouwplan, temperatuur, grondbewerking, vochtgehalte in de korrel en tarweras/cultivar.

Voor de transport en opslag fase zijn de belangrijkste indicatoren: vochtgehalte in de korrel, relatieve luchtvochtigheid, ventilatie, temperatuur, opslagcapaciteit en logistiek.

Voor de verwerking zijn de genoemde indicatoren: kwaliteitsgegevens, de gebruikte fractie van graankorrel, vochtgehalte in de korrel ,gebruikte traceability and quality systems en de overdracht van besmetting.

De experts oordeelden dat de teeltfase de meeste bepalende fase is in de vorming van DON.



Bron: Mycotoxine in de tarweketen van akker tot consument

De DON beheersing begint met een focus op de factoren en teeltmaatregelen, die Fusarium besmetting beïnvloeden.

Voorafgaande aan de teelt kan het risico worden verkleind door het toepassen van de juiste grondbewerking (verwijderen of onderwerken van resten van voorgaande graangewassen), de keuze voor een andere gewasrotatie (niet jaarlijks graangewas) en het gebruik van resistente rassen.

Tijdens de teelt kan preventief of curatief gespoten worden met fungiciden.

Op basis van veldonderzoek uit 2007 in Duitsland is een ranking aangebracht tussen de verschillende teeltfactoren die een rol spelen bij de Fusarium besmetting en de vorming van DON.

De belangrijkste factor is neerslag tijdens de bloei (vorming) .

Gevolgd door gevoeligheid van het voorgaande gewas voor Fusarium (bijv. graan t.o.v. suikerbieten), de gevoeligheid van de tarwecultivar voor Fusarium, grondbewerking en fungicide toepassing.

Opmerkelijk was dat de onderzoeksdata uitwezen dat de gemeten omvang van de Fusarium besmetting niet altijd een betrouwbare inschatting geven voor de hoeveelheid DON in het product. Er is dus geen rechtstreekse koppeling tussen Fusarium besmetting en DON-vorming.

Er werd geconcludeerd dat de keuze voor een resistent ras een krachtig middel is om de DON-vorming te voorkomen, zelfs onder omstandigheden van grote Fusarium ziektedruk. Mogelijk dat door rassenveredeling de nu nog minder ontwikkelde eigenschappen van bakkwaliteit en opbrengst van deze rassenverder kunnen worden verbeterd.

Onbeantwoorde vragen:

- In de opsomming ontbreekt het gegeven van (regionale) infectiedruk. Is dat niet van belang?
- Wat is de relatie tussen tarweras en DON-productie? Is dat alleen Fusarium resistentie?

4.3 Onderzoek om het risico in kaart te brengen

Het is sterk de vraag of Fusarium besmetting is te voorkomen, daar veel van de factoren gerelateerd zijn aan de klimatologische omstandigheden tijdens het groeiseizoen. Met bestrijdingsmiddelen is de besmetting te beperken, maar ook niet volledig uit te bannen. Meer daarover in de volgende paragraaf.

Gegeven deze omstandigheden is het dus nuttig om op basis van de klimatologische omstandigheden wel een -voorspelling te kunnen doen over de Fusariumbesmetting in het gewas.

Hiervoor zijn verschillende modellen ontwikkeld. Hieronder een korte beschrijving van de bevonden onderzoeken.

In 2009 is door de universiteit van Brno een model ontwikkeld om de DON besmetting te voorspellen op basis van de weergegevens d.m.v. neurale netwerken. Uitgangspunt hierin was de stelling dat zowel het weer in het voorjaar als ook het weer kort voorafgaande aan de bloei van invloed is op de mate van Fusarium besmetting. In veel andere studies zijn alleen de weersomstandigheden vlak voor de bloei in ogenschouw genomen. In deze studie werd geconcludeerd dat, hoewel de grondbewerking en het gewas in het vorige jaar van invloed zijn op de hoeveelheid besmettingsmateriaal, dat de eventuele gunstige weersomstandigheden (warm en vochtig) in het voorjaar vooral bepalend waren of die potentiële besmettingsbron ook inderdaad tot wasdom komt. Deze invloed bleek bovendien zelfs groter dan de weersomstandigheden tijdens de bloei. De grondbewerking bleek alleen van invloed wanneer de ziektedruk hoog was.

In het MYCONET project is op basis van (internationale) literatuur en proefgegevens een opzet gemaakt voor een beslissingondersteunend systeem (BOS) voor Fusarium in wintertarwe en getest in veldproeven en in praktijkpercelen.

Er zijn een tweetal modellen ontwikkeld om een voorspelling te kunnen doen van het voorkomen van DON, enerzijds voor de boer om de bestrijding te ondersteunen, anderzijds voor de afnemers en de industrie om de aankoop van potentieel slechtere partijen te voorkomen.

Het model voor de boer neemt vooral de periode tijdens de bloei in ogenschouw, terwijl het model voor de afnemers weeromstandigheden meeneemt tot aan het moment van de oogst. Het laatste model gaf een iets nauwkeurigere voorspelling voor het DON-gehalte, maar het verschil was niet erg groot. Een aspect om de voorspelling nog nauwkeurig te kunnen maken en het model verder te ontwikkelen is de beschikbaarheid van meetgegevens, die zo nauw mogelijk aansluiten bij de omstandigheden op het perceel. Bij het gebruik van regionale weerstations is deze afwijking uiteraard groter dan bij lokale weerstations of zelfs veldmetingen.

Het prototype model is opgenomen in een Geografisch Informatie Systeem (GIS). Het prototype van de GIS applicatie gebruikt de onderliggende data uit de database om het

model te voeden. De model uitkomsten – de DON voorspellingen - worden weergegeven in een kaart van Nederland. Zo kan per regio de voorspellende waarde worden afgelezen.

Wetenschappers van Penn State University, Ohio State University, Kansas State University, Purdue University, North Dakota State University, and South Dakota State University hebben voor het Amerikaanse Prediction Center een experimentele tool ontwikkeld om het risico op Fusarium besmetting te voorspellen. Dit een regionaal model, dat op basis van weergegevens en weersvoorspellingen het risico in schat. Er wordt gebruik gemaakt van weergegevens uit verschillende bronnen, zowel de realtime mesoscale gegevens van het Nationaal weer instituut (NWS) als ook de informatie van verschillende weerstations in de regio is geïntegreerd. Voor de weersvoorspellingen wordt gebruik gemaakt van de National Digital Forecast ook van de National Weather Service. In tegenstelling tot andere modellen worden de specifieke weeromstandigheden (neerslag, temperatuur) tijdens de bloei niet in het model meegenomen. Uit hun publicatie blijkt de voorspelling in 80% van de gevallen juist te zijn.

Ook in Italië heeft men een model ontwikkeld dat de kans op besmetting met Fusarium en daaruit de kans op het ontstaan van DON voorspelt. In Wageningen (RIKILT) gaat men ervan uit dat elk model zijn waarde heeft voor de regio waar het door empirisch onderzoek, is ontwikkeld. Het kunnen voorspellen van een Fusarium besmetting op een regionale schaal wordt gezien als een belangrijke volgende stap. Hiervoor zou je een mathematisch model moeten koppelen aan een geografisch informatie systeem om zo te komen tot een regionaal beslissing ondersteunend systeem.

Onbeantwoorde vragen:

- In veel gevallen is de bloeidatum een belangrijk gegeven waar gebruik van gemaakt kan worden. In veel gevallen is dat een waarneming met het oog en/of een inschatting maken van een percentage bloei. Is het ook mogelijk om de waarneming ook op een andere manier te realiseren c.q. automatiseren, bijv. m.b.t. sensoren?
- In het Amerikaanse model wordt de bloeidatum niet apart meegenomen. Dit zou een aspect voor verfijning van dit model kunnen zijn, maar ook een aanwijzing dat het ook mogelijk is een goede voorspelling te doen zonder dit gegeven.
- Het algoritme dat in het Amerikaanse model gebruikt wordt kan interessant zijn om bijvoorbeeld de weergegevens van verschillende bronnen en verschillende nauwkeurigheid in Nederland met elkaar te combineren

4.4 Onderzoek naar de bestrijding van Fusarium met fungiciden

Onderzoek naar het effect van Fusarium bestrijding door fungicide in 1998 toont aan dat een fungicide bespuiting wel de opbrengstschade beperkt, maar niet wegneemt.

Tabel 1: Korrelopbrengsten (t/ha) bij verschillende tijdstippen van fusariumbestrijding.
Noord Holland 1998

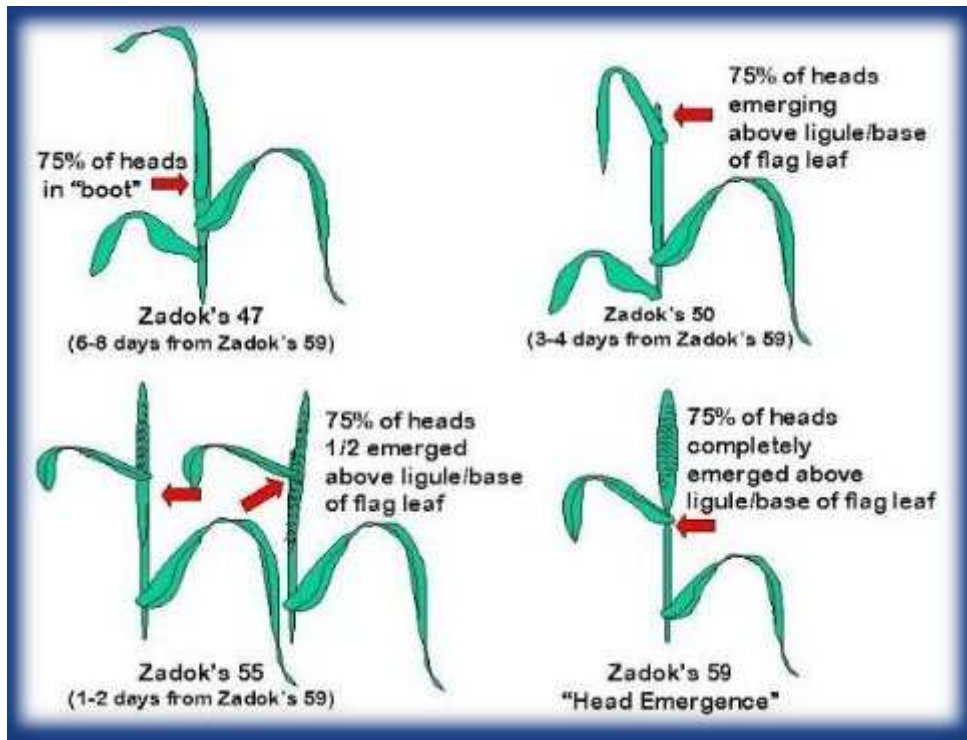
	natuurlijke infectie	kunstmatige infectie
Onbehandeld	8.5	4.1
Allegro (25/5)	9.1	4.5
Allegro (25/5) + Matador (2/6)	9.1	5.3
Allegro (25/5) + Matador (6/6)	9.3	6.0
Allegro (25/5) + Matador (16/6)	9.1	6.5

Uit: Fusariumbestrijding schiet zijn doel vaak voorbij

Fungiciden zijn beperkt werkzaam tegen schimmels; ook als ze op het juiste tijdstip worden gespoten. Echter, een bespuiting met fungicide is niet altijd nodig/zinvol, daar de belangrijkste factor voor aantasting het weer is. Is de periode vóór en tijdens de bloei niet gunstig dan zal de aantasting door Fusarium niet groot zijn. Het voorspellen van deze omstandigheden is lastig. Hierbij kunnen beslissingsondersteunde systemen zeer behulpzaam zijn.

Het DONcast® systeem is ontwikkeld door Weather Innovations Incorporated (Canada) ontwikkeld om het beste spuitmoment te bepalen. Het middel Folicur kan het beste worden gespoten wanneer 25% van de aren in bloei staat. Er moet niet te vroeg worden gespoten, want dan zijn nog niet alle aren ver genoeg in hun ontwikkeling, maar ook niet te laat. Het DONcast® biedt hier ondersteuning in, maar in eerste instantie nog gebaseerd op de eigen waarnemingen van de boer.

Vervolgens is ook Site-specific DONcast® ontwikkeld. Een verbetering hierin is het toepassen van de zogenaamde 'Zadoks Stage 59' -berekening (zie voor toelichting onderstaande figuur) en het gebruik maken van metingen en specifieke omstandigheden op het veld, aangevuld met metingen van een regionaal (weer)net.



Bron: Bayer Crop Science

De huidige versie is ook beschikbaar in Frankrijk. Het gebruikt zowel actuele als historische weergegevens, aangevuld met veldmetingen, om een voorspelling te doen over de DON-gehalten in tarwe na afrijping.

4.5 Onderzoek naar zaaidichtheid

Onderzoeksvraag:

Is het mogelijk om door een lagere zaaidichtheid, zowel tussen de rijen als in de rijen, meer licht en lucht in het gewas te krijgen waardoor de omstandigheden voor de ontwikkeling van *Fusarium* ongunstiger worden en DON besmetting kan worden voorkomen.

Dat teeltomstandigheden belangrijk zijn voor het optreden, of juist niet, van *Fusarium* besmetting is een groot aantal bronnen te lezen. Concreet een onderzoek naar de relatie tussen zaaidichtheid of plantdichtheid en het voorkomen van *Fusarium* heb ik niet kunnen ontdekken.

Hieronder wordt wel een uiteenzetting gegeven van teeltomstandigheden, die een rol spelen en in meer of mindere mate kunnen samenhangen met de plantdichtheid.

Aan de hogeschool Kempen (B) is een afstudeerscriptie geschreven over de stressfactoren voor de vorming van mycotoxinen door *Fusarium*. Hieruit bleek dat vooral grote mycotoxine-gehalten gemeten werden na opkweek bij wisselende temperaturen (afwisselend bij 7°C of bij 25°C). Ook werd duidelijk dat bij het gebruik van hele tarwekorrels als ze moeilijker te penetreren waren voor de schimmel minder mycotoxinen werden gemeten.

Fout! Onbekende naam voor documenteigenschap.

naam voor

documenteigenschap.

Fusarium is een zwakteparasiet, die vooral afstervende organen, zoals meeldraden, infecteert. Gewassen die een gezonde groei vertonen, beschikken over een grotere weerstand en beperken daardoor de Fusariuminfectie enigszins. Ook het beperken van parasitaire gewasschade (insecten) draagt daar toe bij. Legering van het gewas door o.a. de juist raseigenschappen en stikstofbemesting, moet in ieder geval worden voorkomen. Zo geven kortstrorassen juist weer meer kans op Fusarium.

Uit de teelttechnische maatregelen, die PPO voorstelt, komt vooral naar voren hoe belangrijk het is om de aanwezigheid van een eventuele besmettingsbron te beperken.

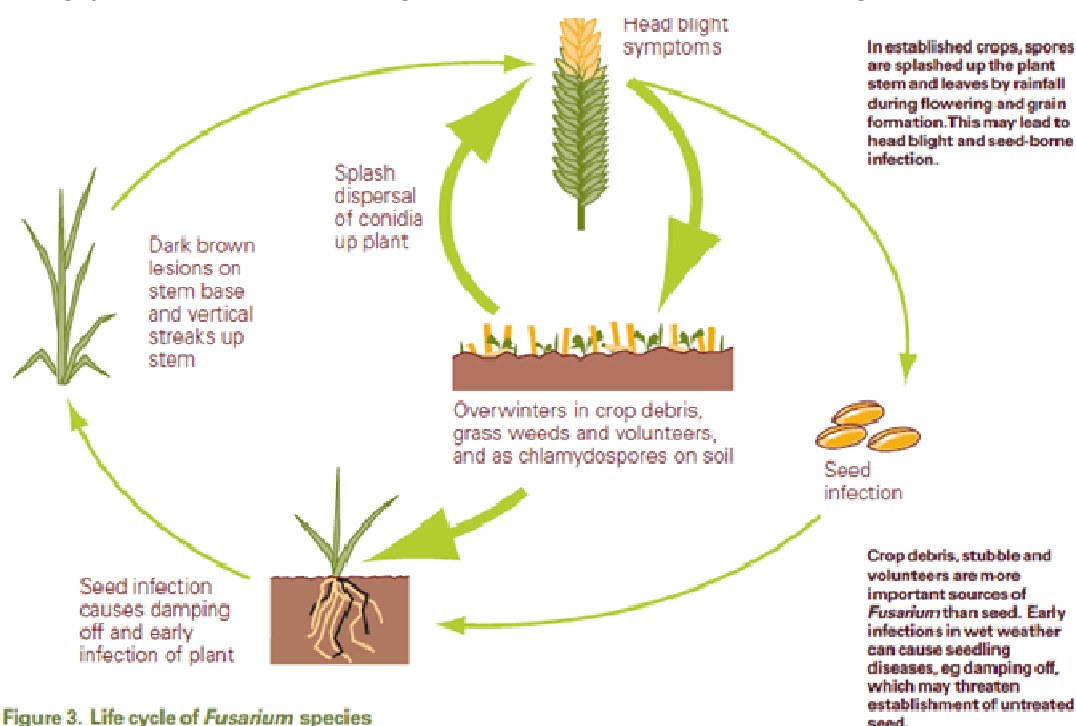


Figure 3. Life cycle of *Fusarium* species

Het gebruik van ontsmet zaaizaad beperkt de aantasting van de kiemplant. Een betere opkomst en een goede begingroei leiden tot een beter plantbestand. De hoeveelheid inoculum (besmettingsmateriaal) onderin het gewas is klein en de ontwikkeling van een goed plantenbestand bemoeilijkt de opwaartse verspreiding van sporen. Een aantasting van bladeren en aren vanuit het gewas is daarmee sterk teruggebracht.

Wat betreft de zaaidichtheid zijn de gegevens niet erg eensluidend. Enerzijds wordt geconcludeerd dat een dicht, homogeen ontwikkeld gewas (ca 250 planten/m²) geringe verschillen in ontwikkeling tussen hoofd- en zijspuiten geeft wat de bloeiduur kort houdt. De opwaartse verspreiding van sporen wordt in het dichte gewas afgeremd.

Een lage plantdichtheid veroorzaakt een grote variatie in spruitontwikkeling, met als gevolg een heterogene gewasgroei en een langere bloeiduur. De bloei van het graan is cruciaal voor Fusarium besmetting. Latere bloei verlaagt risico. Daarentegen geeft later bloei meer spreiding en meer tijd tussen bloei en oogst verhoogt het risico volgens de modellen

(en onderliggende data-analyse). De afrijping wordt vertraagd, waardoor Fusarium meer schade kan aanrichten.

De kans op legering neemt in een gewas met een geringe plantdichtheid misschien ook toe en vormt dan weer een risico.

Anderzijds wordt geconcludeerd bij het ruimer zaaien (rijenafstand > 25cm) een iets geringere Fusarium aantasting wordt gevonden. Door de geringere zaaidichtheid kan een ander microklimaat in het gewas ontstaan met minder vocht (kortere bladnatperiode) en mogelijk lagere temperaturen. Lokaal klimaat en microklimaat meten tijdens proeven lijkt me zeer nuttig.

Een zaaiadvies uit Australië geeft vooral de negatieve effecten van breder zaaien, zoals een lagere opbrengst, problemen met onkruidbestrijding, doordat het gewas niet goed sluit en het gevaar van legering, doordat het gewas langer wordt. Het is echter te betwijfelen of deze adviezen te vertalen zijn naar de Nederlandse omstandigheden.

Omdat niet echt onderzoeksresultaten konden worden gevonden die ingaan op een relatie tussen plantdichtheid en Fusarium besmetting is verder gekeken naar onderzoek naar de eigenschappen, dat Fusarium gevoeligheid van tarwerassen bepalen. Eerste, voorlopige resultaten van onderzoek naar zomertarwerassen resulteerden in een model dat met morfologische gewaseigenschappen ongeveer 50% van de variatie in Fusarium aantasting verklaarde en waarin het tijdstip van in aar komen, de openheid van individuele pakjes in de aar, de gewashoogte, lengte van de kafnaalden en de gebogenheid van de aar zitten.

In Wintertarwe kan in het algemeen worden gesteld dat vooral de rassen met langer stro ongevoeliger zijn voor Fusarium. In eerste instantie lijkt dit te komen doordat de aren van de lange rassen wellicht wat minder lang nat blijven omdat ze wat meer boven het gewas uitstaan of omdat ze voor de sporen moeilijker te bereiken zijn. Engels onderzoek heeft echter aangetoond dat er vooral sprake is van een genetische koppeling tussen de raseigenschappen "strolengte" en "Fusarium-resistentie".

Ook is gekeken naar de ontwikkelingen die er zijn rondom nauwkeuriger zaaien. Mol Agrocom ontwikkelde een innovatieve teeltmethode voor wintertarwe, die de opbrengst per hectare met maar liefst 40 procent kan verhogen. De nieuwe teeltmethode, Tarwe Teelt Plus (TT+), is vooral gebaseerd op het gebruik van grover zaaizaad. Door het gebruik van grovere zaden, maar daarnaast ook vroeger en zorgvuldiger zaaien, komen er bij het oogsten minder tot geen kleine tarwekorrels meer voor. Een grotere korrel is veel gemakkelijker te oogsten, en doordat er weinig kaf is en kleine korrels zijn, gaat het dorsen vlugger, wat weer een financieel voordeel oplevert. De opbrengst is nu gemiddeld negen ton per hectare. Het streven is met toepassing van TT+ toe te werken naar een opbrengst van vijftien ton tarwe per hectare. De uitgangssituatie is een beperkte dichtheid van zo'n 65 planten per vierkante meter (normaal 200-250), die zich maximaal moeten kunnen ontwikkelen. Daartoe wordt grof zaaizaad met een precisiezaaimachine gezaaid. Door vroeg te zaaien worden de opgekomen planten in staat gesteld zich maximaal te ontwikkelen om voldoende aren te vormen. Critici stellen echter dat om voldoende opbrengst te krijgen bij de geringe zaaizaadhoeveelheid voldoende aren per vierkante meter moeten komen. Daarvoor, is een

langdurige, forse uitstoeling nodig. Dit resulteert in een aanmerkelijk leeftijdsverschil tussen de zich ontwikkelende aren. De laatgevormde aren ontwikkelen zich veel later dan de hoofdaren; ze bloeien 10 tot 14 dagen later en zijn ook duidelijk later rijp. Deze ongelijktijdige afrijping vertraagt daardoor de oogst.

Naar aanleiding van de introductie van dit TT+ systeem is er bij PPO in Lelystad in het najaar van 2008 een proefveld aangelegd waarin de factoren zaaitijdstip, zaaizaadhoeveelheid, precisiezaaien en grofheid zaaizaad en hun interacties worden onderzocht.

Onbeantwoorde vragen:

- Is met de TT+ methode ook een relatie te leggen naar minder gevoeligheid voor Fusarium.
- Fusarium veroorzaakt de vorming van mycotoxine, maar leidt een hogere Fusarium besmetting van de plant altijd tot hogere mycotoxinegehalten in de korrel? Is deze relatie bekend. Is bijv. door het gebruik van rassen met hardere korrels de mycotoxine vorming te beperken.

4.6 Onderzoek naar detectiemethoden

Onderzoeksvraag:

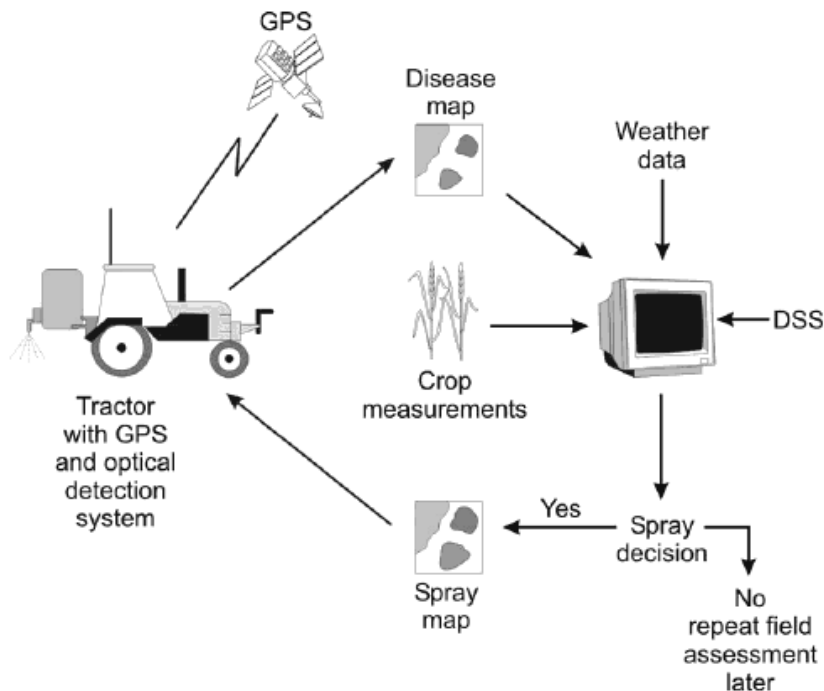
Is het mogelijk om vroegtijdig met specifieke detectiemethoden de Fusarium besmetting binnen een perceel te detecteren.

In 2000 – 2003 is het project Optidis (Universiteit Leuven) uitgevoerd om een real-time remote sensing system te ontwikkelen dat in het veld waarnemingen aan het gewas kan doen, waarmee de gezondheid, of liever gezegd, de mate en locatie van ziekte in het gewas vast te stellen in een vroeg stadium van ontwikkeling.

De methode is gebaseerd op de verschillen in reflectie en fluorescentie eigenschappen en variaties in bladtemperatuur tussen zieke en gezonde planten. Vroegtijdige onderkenning van de zieke planten maakt een meer plaats specifieke bespuiting mogelijk en zo de benodigde hoeveelheid bestrijdingmiddel te beperken.

In 2008 is in Duitsland bij het Institut für Agrartechnik veel onderzoek gedaan naar sensortechnologie, in het bijzonder is gewerkt aan een methode om met Fusarium besmette planten detecteren. Dit is getest in een laboratorium opstelling en geeft een mogelijkheid van vroege detectie tussen de 6e en de 11e dag na besmetting. Onder laboratorium omstandigheden is het hiermee mogelijk om Fusarium al in een vroegtijdig stadium (voor het met het blote oog zichtbaar is) te detecteren. Hiervoor is nu nog een uitgebreide interpretatie (softwarematig) voor nodig om de diagnose te stellen. Ook is de methode ontwikkeld voor een beeld van afzonderlijke aren en niet op een heel gewas. Dit is echter wel een essentiële eerste stap voor toepassing in het veld.

In het ideale geval wordt het detectiesysteem gemonteerd op de spuit. Daarmee is het mogelijk om in 1 werkgang zowel de ziekte te detecteren als ook de spuitmachine aan te sturen. Op dit moment is het echter nog niet mogelijk om real-time de aard van de ziekte vast te stellen. De ziekte moet dus vooraf in kaart worden gebracht.



Bron: Optidis

Hiervoor is het mogelijk om een detectiesysteem op een trekker te monteren of eventueel waarnemingen te doen vanuit een vliegtuig of satelliet. Al kleven aan de laatste 2 mogelijkheden nog verschillende praktische bezwaren (snelheid van registratie, kosten sensoren, detailniveau, wolkenbedekking). Alternatief hiervoor zijn bijvoorbeeld radiografisch bestuurd vliegtuigjes of helikopters (Drone), die dicht over het veld vliegen.

4.7 Onderzoek naar toediening fungiciden op basis van biomassa

Onderzoeksvraag:

Is het mogelijk in de bestrijding van Fusarium door gebruik van fungiciden, de dosering en het tijdstip te relateren aan de hoeveelheid biomassa.

Met betrekking tot de fungicide toediening is vooral informatie te vinden over het moment van toediening en de toe te passen techniek.

Uit veldonderzoek is in ieder geval gebleken, dat de schade door Fusarium meestal slechts voor hooguit 50 procent wordt bestreden. Dat betekent dat in bij een betere effectiviteit van de fungicide toediening aanzienlijke kostenbesparing kan worden gerealiseerd.

In Wageningen is een systeem, SensiSpray, ontwikkeld waarmee plaatsspecifiek bestrijdingsmiddelen kunnen worden toegediend. Het systeem bestaat uit een sensor om de variatie in het gewas te detecteren en een spuitsysteem dat automatisch de dosering kan aanpassen.

Veel onderzoeken concentreren zich op het juiste moment van fungicide toediening. (Zie ook par. 4.4 over Doncast). De infectie van Fusarium in de aar heeft grotendeels plaats tijdens de bloeiperiode. De werking van de 'effectieve' middelen is beperkt, van ca. 5 dagen vóór tot ca. 5 dagen ná de infectie. Omdat de bloei meestal ca. 10 dagen duurt, is het beste moment om een bestrijding uit te voeren halverwege de bloei.

Voor een goede bescherming van de aar c.q. bestrijding van de schimmel is het noodzakelijk, dat de spuitvloeistof gelijkmatig verdeeld over de gehele aar terechtkomt. Wie voldoende spuitvloeistof (minstens 200 l/ha) gebruikt in combinatie met spuitdoppen die zorgen voor een goede indringing in de aar kan verzekerd zijn van een optimale werking van het fungicide. Bij bestrijding in vooral de vatbare rassen was het DON-gehalte bij gebruik van Twin-Jet-dop significant lager dan bij gebruik van standaard spleetdop.

Daarnaast werd in één proef de bespuiting uitgevoerd met 310 l/ha of met 582 l/ha. De achtergrond was dat het fungicide de aar beter kon binnendringen met meer water. Bij gebruik van de standaard spleetdop was een grotere waterhoeveelheid nadelig voor de bestrijding van Fusarium en het DON-gehaltes. Bij de Twin-Jet-dop had de hoogste waterhoeveelheid echter een positief effect.

Concrete aanwijzingen dat op basis van biomassa de werking van de fungicide beter zou zijn, heb ik niet gevonden. Wel kunnen kosten worden bespaard wanneer er minder kan worden gespoten bij minder dan gemiddelde gewasgroei.

Onbeantwoorde vragen:

- Hoe ziet de relatie tussen hoeveelheid middel en de hoeveelheid biomassa eruit? Op welke hoeveelheid biomassa zijn de standaard adviezen gebaseerd?

4.8 Onderzoek naar zwadmaaien

Onderzoeksvraag:

Is het mogelijk door het toepassen van zwadmaaien het vochtgehalte in het graanproduct dusdanig te verlagen, zodat de hoeveelheid DON in het geoogste product kan worden beperkt.

Het algemene advies is zorgen voor een voldoende droog en afgerijpt gewas, waarin het vochtpercentage van de korrel in ieder geval onder de 25% moet liggen.

Zwadmaaien van tarwe is in Nederland niet een erg gangbare praktijk. In het buitenland (Canada, USA) wordt het vaker toegepast om, vooral om de afrijping te bevorderen en te zorgen dat het vochtpercentage in de korrel snel naar beneden kan worden gebracht.

In een van de adviezen uit de Verenigde Staten is ook een link gelegd tussen het verlagen van het vochtpercentage en daarmee het beperken van de vorming van mycotoxinen.

Aangenomen wordt dat bij een vochtpercentage van minder dan 22-25% er geen mycotoxinen meer worden gevormd.
Uiteraard moet worden voorkomen dat het zwad weer nat wordt door regen.
Het graan kan worden gezwadmaaid wanneer het vochtpercentage in de korrel tussen de 35 en 40% ligt.

Concreet een onderzoek naar de relatie tussen zwadmaaien en het beperking van mycotoxinen in het product heb ik niet kunnen ontdekken.

5 Conclusie

Uit de geraadpleegde literatuur komt een beeld naar voren van een wereldwijd probleem, waarvoor vanuit verschillende invalshoeken al vele jaren onderzoek wordt gedaan om een oplossing te vinden.

De voor dit project geformuleerde onderzoeksvragen sluiten aan bij het wensbeeld, zoals geschetst in hoofdstuk 2.

De eerste opgave is het voorkomen van Fusarium besmetting door het toepassen van de juiste teelttechnische maatregelen.

De onderzoeksvragen naar de invloed van zaaidichtheid en zwadmaaien sluiten hier nauw bij aan.

Het blijkt dat naar het onderwerp zaaidichtheid al veel onderzoek is gedaan, maar daarbij lag de focus op het krijgen van een maximale opbrengst. Er is voor zover ik heb kunnen nagaan nog niet vaker rechtstreeks de link gelegd met de gezondheid van het gewas en in het bijzonder de besmetting door Fusarium.

Plaatsspecifiek zaaien is zeker de moeite waard om nader te bekijken. De techniek hiervoor is voorhanden. Verwacht wordt dat door ruimer zaaien het microklimaat gunstig kan worden beïnvloed, waardoor minder fusariumbesmetting zou kunnen optreden. Echter heeft de zaaidichtheid ook invloed op andere aspecten, die het optreden van fusarium weer negatief zouden kunnen beïnvloeden. Hierbij valt te denken aan de kans op legering, welke juist toeneemt. Ook een mogelijk grotere spreiding van de bloei van het gewas en een langere periode tussen bloei en oogst verhoogt de kans op fusarium.

Bij het opzetten van een proef is het zeer nuttig om het lokaal klimaat en het microklimaat te meten.

Voor het zwadmaaien is, voor zover ik heb kunnen nagaan, wel de relatie gelegd met snelle en egale afrijping van het gewas, maar is niet expliciet de relatie gelegd naar de kwaliteit van het product, dan wel een eventuele beperking van het DON-gehalte. Het verdient aanbeveling om de mogelijkheden hiervan nader in een praktijkproef te onderzoeken.

Vragen voor het vervolg:

- Hoe zet je een dergelijke proef op?
- Kun je de significantie van het zwadmaaien aantonen in een veldproef onder natuurlijke omstandigheden, d.w.z. door natuurlijke besmetting, of moet dit met proefveldjes en gelijke besmetting worden aangetoond?
- Het vochtgehalte is een belangrijk gegeven in de hypothese. Het lijkt me belangrijk om dit onder de verschillende omstandigheden te monitoren.
- Uiteindelijk gaat het om het mycotoxine gehalte, ook dat is een belangrijke parameter om te meten.
- Ook de weersomstandigheden, in ieder geval tijdens de periode dat het gewas in het zwad ligt, zijn belangrijk.
- Moeten de weersomstandigheden ook als variabele worden meegenomen, dan zijn proeven op verschillende locaties nodig.

De volgende opgave is het zo goed mogelijk voorspellen van een besmetting. In het kader van andere onderzoeken zal hier verder aandacht aan moeten worden besteed om de modellen verder te verfijnen en te komen tot een voorspelling op perceelniveau of binnen een perceel. Deze vraagstelling valt echter buiten de scope van dit project.

De onderzoeksvraag van fungicide toepassing toegesneden op de hoeveelheid biomassa wordt gezien als kans om op korte termijn een belangrijke reductie in fungicidegebruik te kunnen realiseren.

De mogelijkheden hiervoor zijn voorhanden, namelijk gewasreflectiesensoren (om te rekenen naar een biomassa-index) en sectiegestuurde spuit (Sensispray). Vergelijkbaar met de proef met loofdodingsmiddel op aardappels.

Een variabele die daaraan toegevoegd wordt is de werkzaamheid van de fungicide in de bestrijding van Fusarium en de beperking van DON in het eindproduct. Om dit in beeld te brengen zal een specifieke proefopzet moeten worden uitgewerkt.

Ik ga er vanuit dat de leveranciers van bestrijdingsmiddelen uitgebreid onderzoek hebben gedaan naar de relatie tussen biomassa en dosering. Het ligt dan ook voor de hand met hen samenwerking te zoeken, bijvoorbeeld met Bayer.

Tot slot zien wij een grote potentie voor het vroegtijdig detecteren en lokaliseren van ziektehaarden in een gewas.

Onder laboratorium omstandigheden is het mogelijk om Fusarium al in een vroegtijdig stadium (voor het met het blote oog zichtbaar is) te detecteren.

Hiervoor is nu nog een uitgebreide interpretatie (softwarematig) nodig om de diagnose te stellen. Ook is de methode ontwikkeld voor een beeld van afzonderlijke aren en niet op een heel gewas.

Dit is echter wel een essentiële eerste stap. Wanneer deze techniek kan worden vertaald naar een detectie in het veld, dan zou dit een behoorlijke doorbraak kunnen zijn voor allerlei vervolgonderzoek, zoals het detecteren van ziektehaarden om plaats specifieke bestrijding uit te voeren.

Wanneer de techniek rijp is voor toepassing in het veld, kan worden gewerkt aan wijze van de toepassing, zoals

- stilstaand c.q. vaste plaatsen in het gewas,
- rijdend, of
- vliegend

Bijlage 1. Literatuuroverzicht

Documenten

- Bestrijding van Fusarium in wintertarwe, H.G. Spits, D. Jansen en H.T.A. M. Schepers, december 2010; PPO nr. 3252037900
- MYCONET, European network of information sources for an identification system of emerging mycotoxins in wheat based supply chains, H.J. van der Fels-Klerx and C.J.H. Booij¹ (eds.), December 2008
- Fusarium in granen - technische maatregelen - A. Darwinkel, H.T.A.M. Schepers en C.A.M. Marcelis - , april 2000, PPO-agv en Productschap Granen, zaden en peulvruchten; <http://www.kennisakker.nl/kenniscentrum/handleidingen/fusarium-granen-technische-maatregelen>
- THE POTENTIAL OF OPTICAL CANOPY MEASUREMENT FOR TARGETED CONTROL OF FIELD CROP DISEASES, Jonathan S. West, Cedric Bravo, Roberto Oberti, Dimitri Lemaire, Dimitrios Moshou and H. Alastair McCartney, 2003
- Development of a model to assess the occurrence of mycotoxins in wheat, maize and nuts, S. Dekkers, H.J. van der Fels-Klerx, S.M.F. Jeurissen, M.C. Kandhai, C.J.H. Booij, P.M.J. Bos, 2008; RIVM Report 320111002/2008
- Guidelines to minimise risk of Fusariummycotoxins in cereals, HGCA Publications, Warwickshire, 2010
- Prediction Model for Deoxynivalenol in Wheat Grain Based on Weather Conditions, Marie Váňová, Karel Klem, Pavel Matušinský and Miroslav Trnka, 2009; Plant Protect. Sci. Vol. 45, 2009, Special Issue: S33–S37
- Time is Critical for effective Folicur Application, Weather Innovation incorporated, 2007
- Fusariumbestrijding schiet zijn doel vaak voorbij
Dr.ir. Albert Darwinkel, PAV-Lelystad en ing. Jan Paauw, PAV-Noordwest-Centraal
- Meeting the Mycotoxine menace, D. Barug e.a., Wageningen Academic Publishers, 2004
- Invloed van stresscondities op mycotoxine-productie bij Fusarium ssp., Machteld De Krock, Thesis Katholiek hogeschool Kempen, 2006

- Determination of head blight on ears of winter wheat by means of hyperspectral and chlorophyll fluorescence image analysis. E. Bauriegel, H. Beuche, K.H. Dammer, A. Giebel, W.B. Herppich and B. Rodemann, Institut für Agrartechnik Postdam, 2009

- Sensispray: site specific precise dosing of pesticides by online sensing, J.C. van de Zande, V.T.J.M. Achten, C. Kempenaar, J.M.G.P. Michielssen, D. van der Schans, J. de Boer, H. Stallinga, P. Van Velde en B. Verwijs, WUR Wageningen, 2009

Verhoging van weerbaarheid van zomertarwerassen tegen Fusarium.
Onderzoek

- Commission recommendation on the prevention and reduction of Fusarium toxins in cereals and cereal products, Official Journal of the European Union, 2006, 2006/583/EC
- Hoe is de opbrengst van tarwe te verhogen? , R.D. Timmer en L.P. van Marion, Maart 2009, PPO nr. 3250136800
- Spatially variable herbicide application technology; opportunities for herbicide minimisation and protection of beneficial weeds, P J W Lutman and P C H Miller, HGCA, 2006
- Within-field variability of Fusarium head blight pathogens and their associated mycotoxins, X.-M. Xu, D. W. Parry, P. Nicholson, M. A. Thomsett, D. Simpson, S. G. Edwards, B. M. Cooke, F. M. Doohan, S. Monaghan, A. Moretti, G. Tocco, G. Mule, L. Hornok, E. Béki, J. Tatnell, A. Ritieni
- Evaluation of environmental and management effects on Fusarium head blight infection and deoxynivalenol concentration in the grain of winter wheat, Heinz-Josef Koch, Christodulos Pringas, Bernward Maerlaender, Eur. J. Plant Pathol, 2008 120:21-34

•

Websites

http--www.boerderij.nl-upload-498326_672_1181129549764-Ernst_toxinen_onderschat.pdf

[Climatic models to predict occurrence of Fusarium ... \[Int J Food Microbiol. 2007\] - PubMed result](#)

[Fusarium Kennisakker.nl](#)

[Haalbaarheid opzetten Early Warning in agrarische productiesystemen](#)

<http--journals.uzpi.cz-publicFiles-13965.pdf>

<http--www.boerentaal.nl-referenties-2009-pdf-artikel%207%20AM%20Fusariumtoxinen,%20aug%2009.pdf>

[MYCORED](#)

[Weather Innovations Incorporated - Wheat Models](#)

http://www.maisadvies.nl/index_bestanden/Page3486.htm

Bijlage 2. Kostenberekening

Saldoberekening 2008/ 2009 (Maisadvies.nl)

	Wintertarwe
Opbrengst	9000 x 0,12 € 1080,-
Bijproduct	70
Steun	
Bruto opbrengst €	€ 1150,-
Zaaizaad	82
Meststoffen	167
Herbiciden	94
Fungiciden	134
Overige	23
Totaal	500
Saldo EM	650
Loonwerk	180

Fout! Onbekende naam voor documenteigenschap. Fout! Onbekende naam voor documenteigenschap.

naam voor

documenteigenschap.

