

# Bestrijding van Fusarium in wintertarwe

Verband tussen Fusariumgevoeligheid van rassen en productie van DON.

H.T.A.M. Schepers en H.G. Spits

© 2005 Wageningen, Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Praktijkonderzoek Plant & Omgeving.

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V. is niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen die kunnen ontstaan bij gebruik van gegevens uit deze uitgave.

Dit projectrapport geeft de resultaten weer van het onderzoek dat het Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V. heeft uitgevoerd in opdracht van:

Hoofdproductschap Akkerbouw  
Postbus 29739  
2502 LS 's-Gravenhage

Produktschap granen zadel en Peulvruchten  
Postbus 29739  
2502 LS 's-Gravenhage

Ministerie van Landbouw en voedselkwaliteit  
Postbus20401  
2500 EK 's-Gravenhage

Projectnummer: 5234378

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.  
Sector AGV

Adres : Edelhertweg 1, Lelystad  
: Postbus 430, 8200 AK Lelystad  
Tel. : 0320 – 29 91 11  
Fax : 0320 – 23 04 79  
E-mail : info.ppo@wur.nl  
Internet : www.ppo.wur.nl

# Inhoudsopgave

Pagina

1	INLEIDING .....	5
1.1	Probleemstelling.....	5
1.2	Achtergrond.....	5
1.3	Doelstelling .....	5
1.4	Resultaat en effect.....	6
2	MATERIAAL EN METHODEN .....	7
2.1	Inoculatie en waarnemingen.....	7
2.1.1	2001 .....	7
2.1.2	2002 .....	7
2.1.3	2003 .....	7
2.1.4	2004 .....	7
3	RESULTATEN .....	9
3.1.1	2001 .....	9
3.1.2	2002 .....	11
3.1.3	2003 .....	13
3.1.4	2004 .....	15
4	DISCUSSIE EN CONCLUSIES .....	17
4.1	2001 .....	17
4.2	2002 .....	17
4.3	2003 .....	18
4.4	2004 .....	18
4.5	Conclusies .....	18



# 1 Inleiding

## 1.1 Probleemstelling

Fusarium kan in wintertarwe door een aantasting van de aar (kafjesrood) leiden tot een verminderde opbrengst en een lagere kwaliteit. De vorming van mycotoxinen (met name deoxynivalenol=DON) door *Fusarium culmorum*, *Fusarium avenaceum* en *Fusarium graminearum* is een belangrijk aspect van deze kwaliteitsvermindering. Mycotoxinen kunnen gezondheidsproblemen veroorzaken en zijn uit oogpunt van voedselveiligheid ongewenst. De EU-limieten voor humane consumptie die zijn voorgesteld variëren van 200 ppb voor zuigelingen tot 1250 ppb voor onverwerkte granen (data 2004). Met de huidige maatschappelijke discussie omtrent voedselveiligheid is het van groot belang dat aarfusarium in wintertarwe tot een minimum beperkt wordt.

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.

Er zijn geen waarschuwingssystemen die aangeven welke Fusarium-soorten voorkomen en wanneer er infectiekansen zijn. Fungiciden zijn slechts beperkt werkzaam tegen Fusarium; ook als ze op het juiste tijdstip (= enkele dagen vóór of ná infectie tijdens de bloei) worden gespoten. De probleemstelling is dan ook met welke (combinatie van) maatregelen de aantasting door Fusarium (en de vorming van DON) zo veel mogelijk kan worden beperkt.

## 1.2 Achtergrond

In 1997 en 1998 veroorzaakte aaraantasting door Fusarium aanzienlijke opbrengstreducties. De vele regen tijdens de bloei had voor ideale infectieomstandigheden gezorgd. In West-Europa zijn vier belangrijke schimmels die aantasting van de aar veroorzaken: *Fusarium culmorum*, *F. graminearum*, *F. avenaceum* en *Microdochium nivale*. In de landen om ons heen wijzen surveys op het naast elkaar voorkomen van alle soorten. Uit een monitoringsonderzoek uitgevoerd door Plant Research International in 2000/2001 bleek ook in Nederland *F. graminearum* de meest voorkomende Fusarium-soort. Uit een RIVM-onderzoek werd in 1999 duidelijk dat er DON voorkwam in een aantal graanproducten. In de USA en Duitsland is al veel onderzoek gedaan naar de bestrijding van Fusarium en het voorkómen van DON. Het blijkt dat de drie Fusarium-soorten (*F. culmorum*, *F. graminearum* en *F. avenaceum*) wél DON produceren en *M. nivale* (sneeuwschimmel) géén DON produceert. Steeds weer opnieuw blijkt dat het probleem zeer complex is en alleen kan worden aangepakt door een combinatie van maatregelen. In de USA heeft dit geleid tot het oprichten van een informatieplatform waarin alle disciplines die kunnen bijdragen aan een (deel)oplossing vertegenwoordigd zijn ([www.scabusa.org](http://www.scabusa.org)). De rassenkeuze, teeltmaatregelen waaronder zaadontsmetting, vruchtwisseling, grondbewerking, fungiciden, spuittechniek, bemesting en bewaaromstandigheden bepalen in meer of mindere mate de bestrijding van Fusarium en de vorming van DON.

## 1.3 Doelstelling

Het beschrijven van de “state of the art” van alle mogelijkheden om aarfusarium te bestrijden en de vorming van mycotoxinen te beperken. Aanknopingspunten die uit deze inventarisatie komen, op hun praktische toepasbaarheid en effectiviteit toetsen in veldproeven.

## 1.4 Resultaat en effect

Ervaringen in andere landen geven aan dat de problematiek zeer complex is. Concrete aanknopingspunten uit buitenlands onderzoek worden in dit project getoetst op hun praktische bruikbaarheid. Van deze aanknopingspunten zal het perspectief voor het bijdragen aan het beperken van de aantasting door Fusarium en de vorming van DON bekend worden.

Het effect van het project zal tweeledig zijn:

1. een betere beheersbaarheid van Fusarium en meer inzicht in de bijdrage van de verschillende maatregelen zoals rasresistentie, fungiciden en spuittechniek.
2. een betere kwaliteit van het zaaizaad, betere kwaliteit van baktarwe en voertarwe.

Voor de praktijk is het van belang te weten:

1. Wat het verband is tussen fusariumgevoeligheid van rassen en de productie van mycotoxinen?
2. Wat de productie van mycotoxinen is na toepassing van fungiciden (bij een laag aantastingsniveau)?
3. Hoe de productie van mycotoxinen bij ongunstige oogstomstandigheden kan worden beperkt?

Bovenstaande vragen stonden centraal in een onderzoeksvoorstel, dat in het voorjaar 2000 voor financiering aan het Productschap van Granen, Zaden en Peulvruchten en Hoofd Productschap Akkerbouw werd aangeboden. Het diende mede als aanzet voor een uitgebreidere studie over de problematiek van Fusarium in wintertarwe (project 1234378).

In rapport PPO 5234378 worden alle resultaten van onderzoek uit de periode 2000-2003 beschreven.

Omdat enkele onderzoeken nog doorliepen in een vervolgproject, is besloten om van deze onderwerpen een deelverslag te maken waarin ook de resultaten van 2004 zouden zijn opgenomen.

In dit deelrapport (1) zal alleen worden ingegaan op de resultaten aangaande het verband tussen Fusariumgevoeligheid van rassen en de productie van DON.

In deelrapport 2 en 3 zal respectievelijk worden ingegaan op de bestrijding van Fusarium door fungiciden en welke rol heeft spuittechniek daarin en de productie van DON bij ongunstige bewaaromstandigheden.

## 2 Materiaal en methoden

De gevoeligheid van wintertarwe voor *Fusarium* werd bij verschillende rassen en verschillende aantastingsniveau's onderzocht. Voor het verband tussen *Fusarium*aantasting en mycotoxinevorming (DON) bij verschillende rassen werden korrelmonsters verzameld uit bestaande proeven op het PPO-AGV te Lelystad. Er zijn gevoelige en minder gevoelige rassen opgenomen in het onderzoek.

### 2.1 Inoculatie en waarnemingen

Afhankelijk van het jaar werden de aren een aantal keren tijdens de bloeiperiode besmet. In 2001 en 2002 werden de aren 1 of 3 keer besmet. In 2003 en 2004 werden de aren 6 keer besmet met een sporensuspensie. In alle jaren werden er ook natuurlijk besmette aren onderzocht. Inoculatie vond plaats met *Fusarium culmorum*.

De mate van *Fusarium* werd bepaald door het aantal pakjes met *Fusarium* te schatten met behulp van een index waarbij 1 (= veel *Fusarium*) was en 10 (= geen *Fusarium*)(2001-2003). In 2004 is het percentage aangetaste pakjes geschat. DON-bepalingen zijn in 2001 verricht met ELISA. In 2002-2004 zijn de DON-bepalingen uitgevoerd op basis van HPLC.

#### 2.1.1 2001

Uit proefveld AGV3211 werden korrelmonsters met een natuurlijke besmetting verkregen. Uit dit proefveld werden 10 rassen geselecteerd, die duidelijk verschilden in vatbaarheid voor *Fusarium* (Rassenlijst 2001): Farandole, Ritmo, Vivant, Drifter, Virtuose, Residence, Bristol, Semper, CEB9802 en Kampa. Op 23-07-2001 zijn het aantal pakjes met *Fusarium* waargenomen per veld.

#### 2.1.2 2002

Er werden 10 rassen geselecteerd, die duidelijk verschilden in vatbaarheid voor *Fusarium* (PPO. Raseigenschappen wintertarwe. Gemiddelden van 1998 tot en met 2001) én zo veel mogelijk overeenkwamen met de rassen uit 2001. Farandole en Ritmo lagen niet meer in de proeven en werden in 2001 vervangen door de rassen Napier en PBIS 98/93. De mate van *Fusarium* in de natuurlijk besmette veldjes werd bepaald op 4 of 25 juli. Bij de drie maal besmette rassen werd waargenomen op 21 juni en 4 juli. De cijfers van de twee data in de 3 maal besmette rassen zijn gemiddeld.

#### 2.1.3 2003

Uit 2 proefvelden werden 10 rassen geselecteerd, die duidelijk verschilden in vatbaarheid voor *Fusarium* (Aanbevelende rassenlijst 2003) én zo veel mogelijk overeenkwamen met de rassen uit 2001 en 2002. De 10 onderzochte rassen waren Napier, Vivant, Drifter, SW Tataros, Bristol, Residence, Semper, Tulsa, Ilias en Kampa. De cijfers voor de *Fusarium*-aantasting zijn gemiddelden van twee waarnemingen in de tijd (2 en 11 juli) en over vier herhalingen.

Uit proefveld AGV4180 werden korrelmonsters met een natuurlijke besmetting verkregen. De bepalingen zijn verricht aan mengmonsters van twee herhalingen per ras.

#### 2.1.4 2004

De geselecteerde rassen verschilden duidelijk in vatbaarheid voor *Fusarium* (Aanbevelende rassenlijst 2003). Resistentiecijfer voor *Fusarium* in de aar én zo veel mogelijk overeenkwamen met de rassen uit 2003. De 10 onderzochte rassen waren Vivant, Drifter, Residence, Bristol, Kampa, SW Tataros, Tulsa, Ilias, Koch en Harlem. Herhaling twee is gekozen voor de DON- en vochtgehaltebepalingen. De cijfers voor de *Fusarium*-aantasting zijn gemiddelden van vier herhalingen. De kunstmatige besmette stroken zijn 6 x geïnoculeerd met een sporensuspensie.





## 3 Resultaten

### 3.1.1 2001

In Tabel 1 zijn de 10 rassen in volgorde van oplopende resistentiecijfer voor Fusarium (76<sup>e</sup> Rassenlijst Landbouwgewassen 2001) geplaatst. Additionele resultaten zijn opgenomen in bijlage 1.

Bij de natuurlijke infectiedruk van Fusarium konden op het veld tussen de rassen geen (duidelijke) verschillen in Fusarium-aantasting worden geconstateerd. Dit is bij natuurlijke infectiedruk ook moeilijk te bepalen, vanwege het feit van verschillende vroegheid van de rassen. De rassen zijn daardoor op verschillende tijdstippen vatbaar voor infectie waarbij de weersomstandigheden op deze tijdstippen enorm kunnen verschillen. Je kunt dus nooit vaststellen of bijvoorbeeld een lage aantasting het gevolg is van resistentie of van ongunstige weersomstandigheden tijdens de periode dat infectie kon optreden.

Er was weinig verschil tussen vroeg of laat besmetten in de proef met kunstmatige besmetting. Dit zijn relatieve cijfers en de 1 en 3 maal besmette objecten konden daarom niet onderling vergeleken worden. Het vochtpercentage [%] en de DON-gehalten (in ppb = mg/ton) van de verschillende rassen zijn weergegeven.

Tabel 1. Rassen 2001: Resistentiecijfer [-], Fusarium-aantasting [-], vochtpercentages [%] & DON-gehalten [ppb]

ras	resistentie*	Fusarium		vocht			DON		
		1x	3x	natuurlijk	1x	3x	natuurlijk	1x	3x
Farandole	5	2,0	3,0	15,1	11,7	11,9	1.632	77.756	92.669
Ritmo	5	4,0	6,5	15,2	12,3	11,9	2.417	79.426	103.702
Vivant	5	2,5	4,5	15,3	12,3	11,9	2.895	91.175	106.048
Drifter	6	2,0	4,0	14,7	12,2	10,8	548	57.480	80.370
Virtuose	6	3,0	5,0	15,1	12,3	11,6	1.289	62.020	97.610
Residence	6,5	2,5	5,0	15,0	13,0	12,7	1.008	49.556	72.868
Bristol	7	5,0	6,5	15,6	12,2	12,0	689	43.098	78.824
Semper	7	4,0	5,5	15,2	12,9	12,5	2.416	48.265	77.376
CEB 9802	7,5	5,5	8,0	14,8	12,5	11,8	482	29.518	70.685
Kampa	8,5	7,0	8,5	16,2	12,9	13,0	513	10.665	40.289
gemiddelde	6,4	3,8	5,7	15,2	12,4	12,0	1.389	54.896	82.044

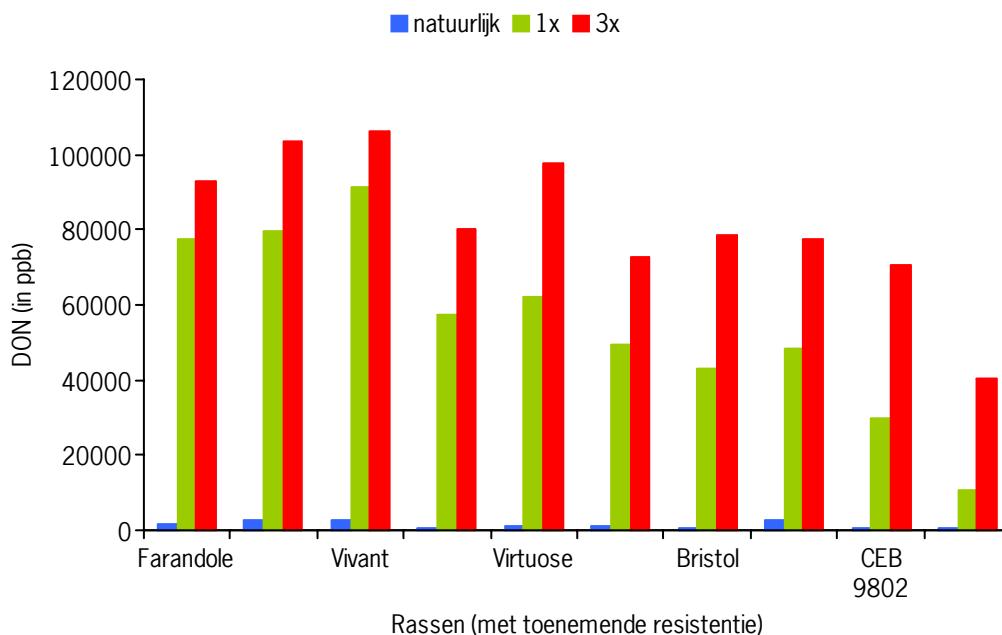
\* 76<sup>e</sup> Rassenlijst Landbouwgewassen 2001

Bij de 1 en 3 maal kunstmatig besmette rassen werden DON-gehalten variërend 10.665 tot 106.048 ppb bereikt (zie ook Figuur 1).

Bij een natuurlijke infectie voldeed het ras CEB9802 met 482 ppb als enige aan de actielimiet van 500 ppb. Niet veel hoger, lagen de rassen Kampa (513 ppb), Drifter (548 ppb) en Bristol (689 ppb). De overige rassen lagen allen boven de 1000 ppb.

Bij de 1 maal besmette objecten lagen de DON-gehalten zeer hoog, variërend van 10.665 ppb (Kampa) tot 91.175 ppb (Vivant). De rassen Kampa (10.665 ppb) en CEB9802 (29.518 ppb) bevatten bij dit besmettingsniveau duidelijk minder mycotoxinen dan de overige rassen.

Bij de 3 maal besmette objecten variëerden de DON-gehalten van 40.289 tot 106.048 ppb. De minste mycotoxinen bevatten Kampa (40.289 ppb) gevolgd door CEB9802 (70.685 ppb).



Figuur 1. Rassen 2001: DON-gehalten bij een natuurlijke, een lichte en een zware infectie [ppb]

Indien alle besmettingsniveau's in volgorde van toenemende productie van mycotoxinen worden geplaatst en daarbij een cijfer voor de rangorde in die volgorde krijgen (van 1 tot en met 10) dan blijken de rassen Kampa en CEB9802 de laagste hoeveelheden DON te produceren (Tabel 2).

Tabel 2. Rassen 2001: Rangorde mycotoxinen tarwerassen

ras	resistentie*	Besmettingsniveau						rangorde DON**
		natuurlijk	rangorde	1 x	rangorde	3 x	rangorde	
Kampa	8,5	513	2	10665	1	40289	1	4
CEB 9802	7,5	482	1	29518	2	70685	2	5
Bristol	7	689	4	43098	3	78824	5	12
Residence	6,5	1008	5	49556	5	72868	3	13
Drifter	6	548	3	57480	6	80370	6	15
Semper	7	2416	8	48265	4	77376	4	16
Virtuose	6	1289	6	62020	7	97610	8	21
Farandole	5	1632	7	77756	8	92669	7	22
Ritmo	5	2417	9	79426	9	103702	9	27
Vivant	5	2895	10	91175	10	106048	10	30

\* 76<sup>e</sup> Rassenlijst Landbouwgewassen 2001

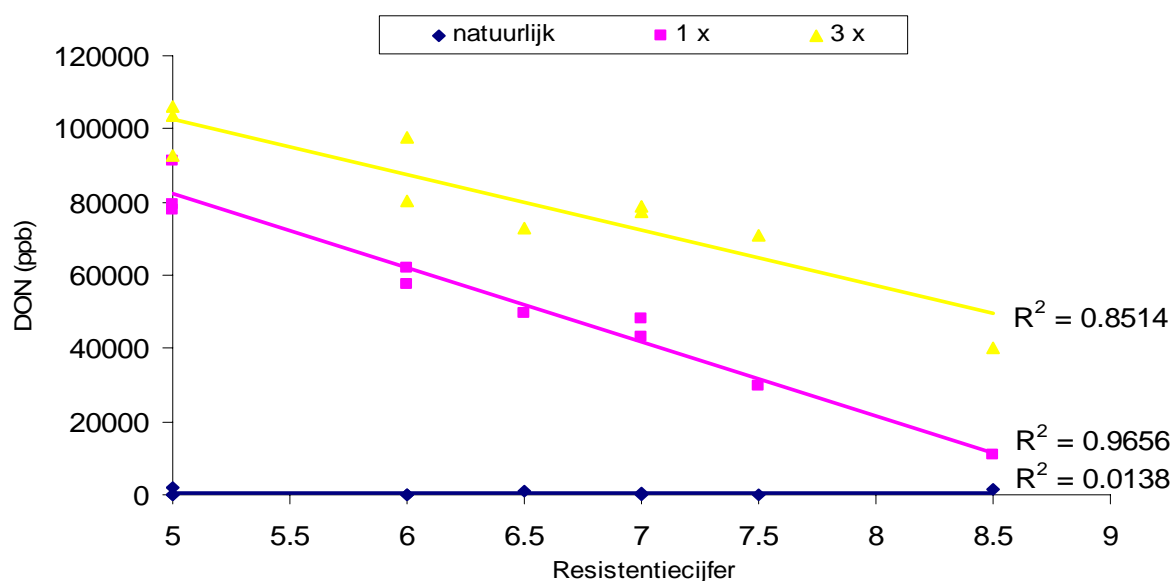
\*\* som van de rangorde van natuurlijke en kunstmatige infectie.

Ritmo bezette bij alle besmettingsniveau's een 9<sup>e</sup> plaats. Vivant bezette de 10<sup>e</sup> plaats en produceerde daarmee op alle besmettingsniveau's de hoogste DON-gehalten. De overige rassen verschilden bij de verschillende besmettingsniveau's in rangorde van DON-gehalte.

De in volgorde van toenemend DON-gehalte in rangorde over de verschillende besmettingsniveau's is Kampa, CEB 9802, Bristol, Residence, Drifter, Semper, Virtuose, Farandole, Ritmo en Vivant.

De rangorde van de resistentiecijfers van de verschillende rassen bleek aardig overeen te komen met de rangorde van de hoeveelheden DON die door de rassen geproduceerd werden. Het ras Semper had een hoger resistentiecijfer dan de resultaten van de gemeten DON-gehalten deed vermoeden. Dit werd veroorzaakt door het relatief hoge DON-gehalte dat bij de natuurlijke besmetting werd gemeten.

Uit Figuur 2 blijkt dat rassen met een lager resistentiecijfer voor Fusarium meer DON produceerden dan de rassen met een hoger resistentiecijfer.



Figuur 2. Rassen 2001: Relatie DON-gehalten en resistentiecijfer bij verschillend besmettingsniveau van *F. culmorum*

### 3.1.2 2002

In Tabel 3 zijn de 10 rassen in volgorde van oplopend resistentiecijfer voor Fusarium geplaatst. De vochtpercentages (%) en de DON-gehalten (in ppb = mg/ton) van de verschillende rassen zijn weergegeven.

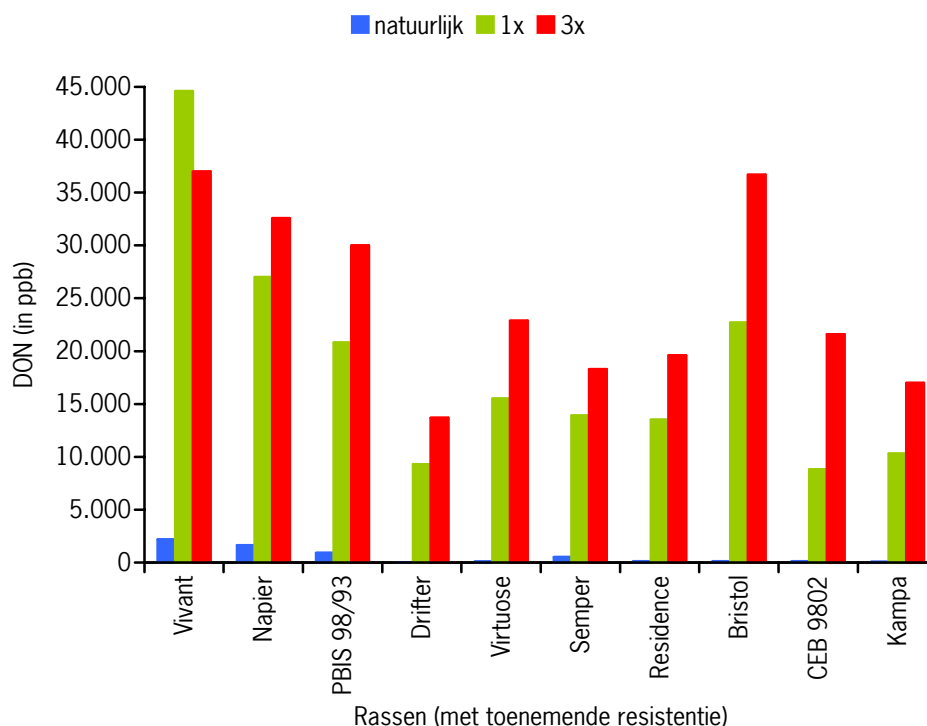
Tabel 3. Rassen 2002: Resistentiecijfer (-), Fusarium-aantasting (-), vochtpercentage (%) en DON-gehalten (ppb)

ras	resistentie*	fusarium			vocht			DON		
		nat.	1 x	3 x	nat.	1 x	3 x	nat.	1 x	3 x
Vivant	5,0	4,5	4,0	3,5	12,7	13,9	*	2.189	44.600	37.000
Napier	5,0	3,5	1,5	3,3	13,0	13,7	13,7	1.631	27.000	32.600
Drifter	6,0	6,9	5,0	6,3	12,7	13,6	13,7	10	9.300	13.700
PBIS 98/93	6,0	6,0	2,5	4,4	13,2	13,8	13,6	900	20.800	30.000
Virtuose	6,0	6,8	5,5	5,9	12,5	13,5	13,2	91	15.500	22.900
Semper	7,0	7,5	5,0	6,4	13,6	14,1	13,8	529	13.900	18.300
Bristol	7,0	8,5	4,0	6,1	12,9	13,7	13,6	122	22.700	36.700
Residence	7,0	6,3	5,3	7,3	13,6	13,6	13,8	133	13.500	19.600
CEB 9802	7,5	7,5	7,0	7,6	13,0	13,4	12,9	111	8.800	21.600
Kampa	8,5	7,9	7,5	8,0	13,3	14,1	13,8	50	10.300	17.000
Gemiddelde	6,5	6,5	4,7	5,9	13,1	13,7	13,6	577	18.640	24.940

\* PPO Raseigenschappen winter tarwe. Gemiddelden van 1998 tot en met 2001. Resistentiecijfer voor fusarium in de aar

Tussen de rassen kwamen duidelijk verschillen in aantasting voor op het veld. Door verschillen in tijdstippen waarop een ras in bloei komt (vroeg of laat ras) was het tijdstip van de beoordeling van belang voor de mate van Fusarium-besmetting.

Het gemiddelde DON-gehalte lag in 2002 veel lager dan in het jaar 2001. Bij een natuurlijke infectie voldeden de rassen Semper (529 ppb), PBIS 98/93 (900 ppb), Napier (1.631 ppb) en Vivant (2.189 ppb) niet aan de actielimiet (< 500 ppb). De rassen Drifter, Kampa, Virtuose, CEB 9802, Bristol en Residence voldeden bij de natuurlijke infectie hier wel aan. De DON-gehalten bij 1 en 3 maal besmette tarwe lagen alle boven de actielimiet van 500 ppb.



Figuur 3. Rassen 2002: DON-gehalten bij een natuurlijke, een lichte en een zware infectie [ppb]

Indien alle besmettingsniveau's in volgorde van toenemende productie van mycotoxinen worden geplaatst en daarbij een cijfer voor de rangorde in die volgorde krijgen (van 1 tot en met 10) dan blijkt het ras Drifter de laagste hoeveelheden DON te produceren.

Tabel 4. Rassen 2002: Rangorde mycotoxinen tarwerassen

ras	resistentie*	Besmettingsniveau						Rangorde DON**
		natuurlijk	rangorde	1x	rangorde	3x	rangorde	
Drifter	6,0	10	1	9.300	2	13.700	1	4
Kampa	8,5	50	2	10.300	3	17.000	2	7
CEB 9802	7,5	111	4	8.800	1	21.600	5	10
Residence	7,0	133	6	13.500	4	19.600	4	14
Semper	7,0	529	7	13.900	5	18.300	3	15
Virtuose	6,0	91	3	15.500	6	22.900	6	15
PBIS 98/93	6,0	900	8	20.800	7	30.000	7	22
Bristol	7,0	122	5	22.700	8	36.700	9	22
Napier	5,0	1.631	9	27.000	9	32.600	8	26
Vivant	5,0	2.189	10	44.600	10	37.000	10	30

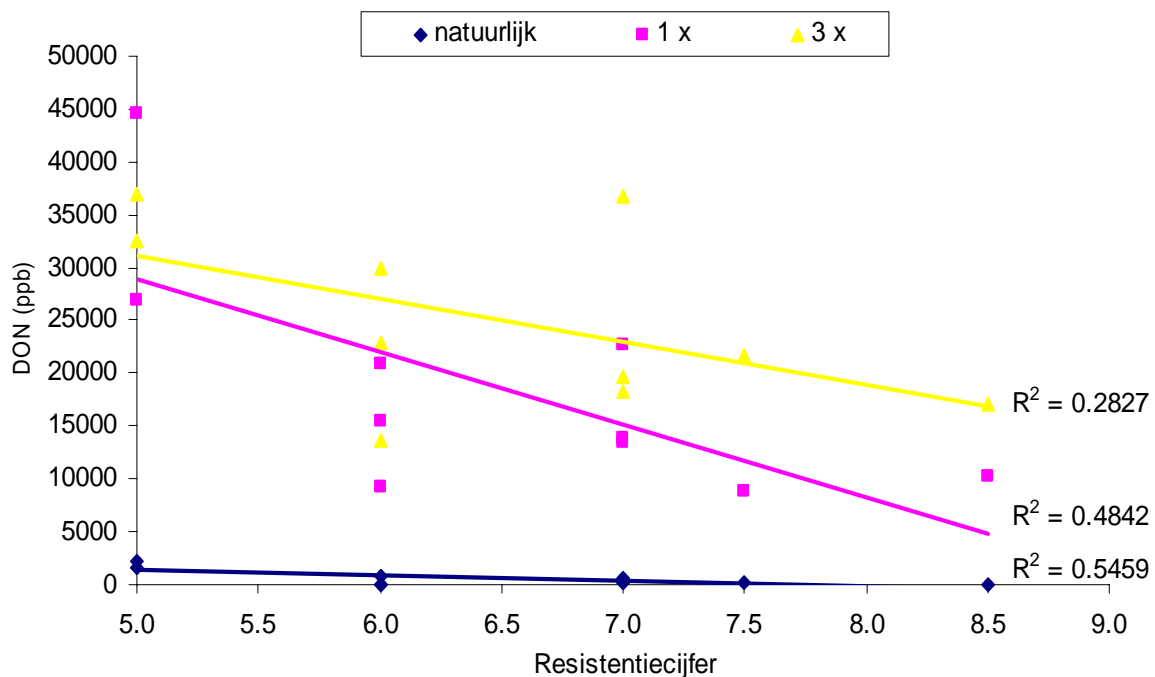
\* PPO Raseigenschappen wintertarwe. Gemiddelden van 1998 tot en met 2001. Resistentiecijfer voor fusarium in de aar.

\*\* som van de rangorde van natuurlijke en kunstmatige infectie.

De in volgorde van toenemend DON-gehalte in rangorde over de verschillende besmettingsniveau's is Drifter, Kampa, CEB 9802, Residence, Semper, Virtuose, Bristol, PBIS 98/93, Napier, Vivant.

De rangorde van de resistentiecijfers van de verschillende rassen bleken dit jaar minder overeen te komen met de rangorde van de hoeveelheden DON die door de rassen geproduceerd werden.

Uit Figuur 4 blijkt bij de lichte (1x besmet) besmetting rassen met een lager resistentiecijfer meer DON produceerden. Bij de natuurlijke en zware (3x besmet) besmettingsniveau's was dit minder het geval.



Figuur 4. Rassen 2002: DON-gehalten verschillend besmettingsniveau van *Fusarium culmorum*

### 3.1.3 2003

In Tabel 5 zijn de 10 rassen in volgorde van oplopend resistentiecijfer voor *Fusarium* geplaatst, waarbij de *Fusarium*-aantasting, de vochtpercentages en de DON-gehalten van de verschillende rassen zijn weergegeven.

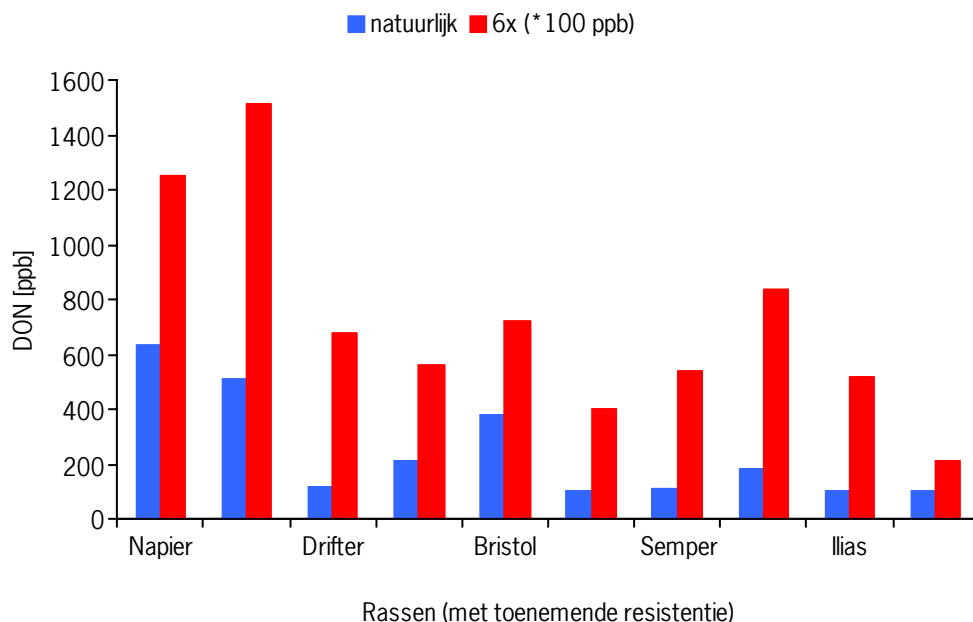
Tabel 5. Rassen 2003: Resistentiecijfer (-), *Fusarium*-aantasting (-), vochtpercentage (%) en DON-gehalten (ppb)

ras	resistentie*	fusarium		vocht		DON	
		nat.	6 x	nat.	6 x	nat.	6 x
Napier	5	4,0	5,1	13,3	11,5	630	125.000
Vivant	5	4,5	4,0	12,6	11,2	510	151.000
Drifter	6,5	6,0	4,6	13,1	11,5	120	68.000
SW Tataros	6,5	5,0	4,1	13,2	12,2	210	55.900
Bristol	7	7,3	5,5	12,7	11,2	380	71.700
Residence	7	6,0	5,6	13,2	12,5	<100	39.900
Semper	7	7,5	5,7	13,3	12,5	110	53.800
Tulsa	7	6,5	4,9	12,9	11,7	180	84.000
Ilias	8	8,8	7,5	13,1	12,5	<100	51.700
Kampa	8,5	9,5	8,8	14,0	13,0	<100	21.300
Gemiddelde	6,8	6,5	5,6	13,1	12,0	306	72.230

\* Landbouwgewassen. Aanbevelende rassenlijst 2003. 78<sup>e</sup> rassenlijst. Resistentiecijfer voor *fusarium* in de aar

Tussen de rassen kwamen ook in 2003 nog steeds duidelijke verschillen in aantasting voor op het veld in *Fusarium*-aantasting, hoewel de verschillen kleiner waren dan in de voorgaande jaren vanwege de gemiddelde lage natuurlijke aantasting in 2003. Het gemiddelde DON-gehalte van het natuurlijk besmette perceel lag in 2003 (306 ppb) lager dan in 2001 (1.389 ppb) en 2002 (577 ppb).

Bij een natuurlijke infectie voldeden de rassen Napier (630 ppb) en Vivant (510 ppb) niet aan de actielimiet (< 500 ppb). De rassen Residence, Ilias, Kampa, Semper, Drifter, Tulsa, SW Tataros en Bristol voldeden bij de natuurlijke infectie hier wel aan. De DON-gehalten bij de besmette tarwe lagen alle boven de actielimiet van 500 ppb.



Figuur 5. Rassen 2003: DON-gehalten bij een natuurlijke en een zware infectie [ppb]

Indien de twee besmettingsniveau's in volgorde van toenemende productie van mycotoxinen worden geplaatst en daarbij een cijfer voor de rangorde in die volgorde krijgen (van 1 tot en met 10) dan blijkt het ras Kampa de laagste hoeveelheden DON te produceren (Tabel 6).

Tabel 6. Rassen 2003: Rangorde mycotoxinen tarwerassen

ras	resistentie*	besmettingsniveau			rangorde	rangorde DON**
		natuurlijk	rangorde	zwaar		
Kampa	8,5	< 100	1	21300	1	2
Residence	7	< 100	1	39900	2	3
Ilias	8	< 100	1	51700	3	4
Semper	7	110	4	53800	4	8
Drifter	6,5	120	5	68000	6	11
SW Tataros	6,5	210	7	55900	5	12
Tulsa	7	180	6	84000	8	14
Bristol	7	380	8	71700	7	15
Napier	5	630	10	125000	9	19
Vivant	5	510	9	151000	10	19

\* Landbouwgewassen. Aanbevelende rassenlijst 2003. 78<sup>e</sup> rassenlijst. Resistentiecijfer voor fusarium in de aar.

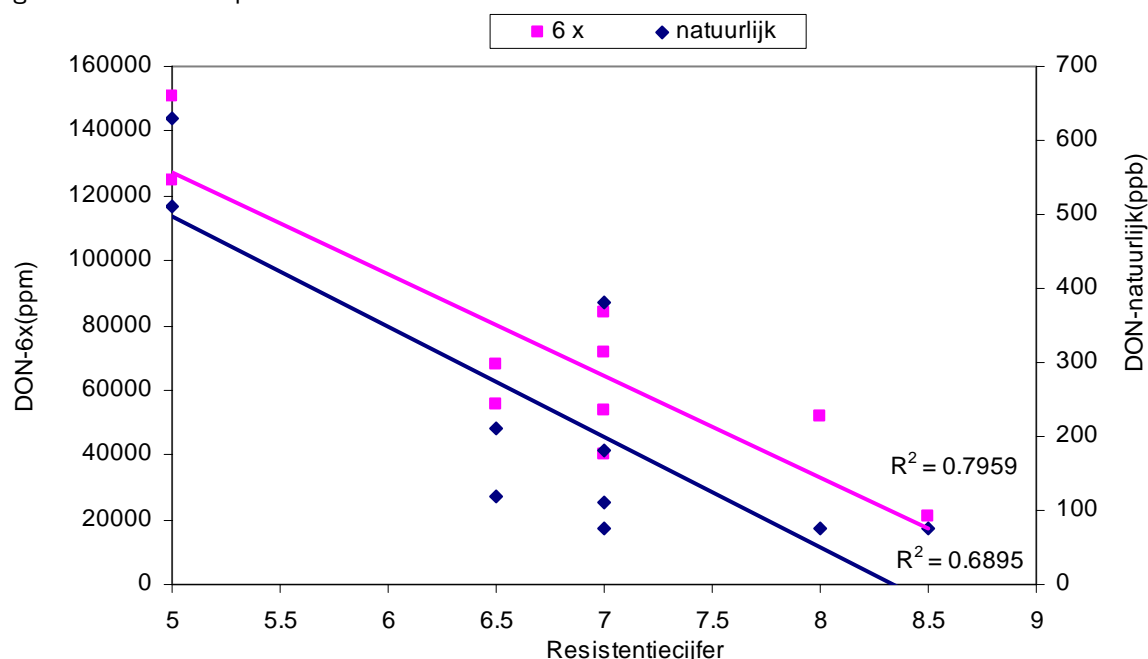
\*\* som van de rangorde van natuurlijke en kunstmatige infectie.

De volgorde van toenemend DON-gehalte in rangorde over de verschillende besmettingsniveau's is Kampa, Residence, Ilias, Semper, Drifter, SW Tataros, Tulsa, Bristol, Napier en Vivant.

De rangorde van de resistentiecijfers van de verschillende rassen bleken dit jaar redelijk overeen te komen met de rangorde van de hoeveelheden DON die door de rassen geproduceerd werden.

Uit Figuur 6 blijkt dat bij de afzonderlijk besmettingsniveau's rassen met een lager resistentiecijfer over het

algemeen meer DON produceren.



Figuur 6. Rassen 2003: DON-gehalten verschillend besmettingsniveau van *Fusarium culmorum*

### 3.1.4 2004

In Tabel 7 en 8 zijn van 10 wintertarwerassen de mate van aantasting en het DON-gehalte van de korrels weergegeven. Bij de veldjes die waren blootgesteld aan de natuurlijke ziektedruk werd geen *Fusarium* waargenomen. Echter, bij de analyse van de graankorrels werd wel DON aangetroffen. Bij de natuurlijk besmette veldjes was het DON-gehalte niet betrouwbaar gecorreleerd aan het resistentiecijfer (Figuur 7). Bij de kunstmatige besmette aren was er een sterk verband tussen het resistentiecijfer en het percentage waargenomen *Fusarium*. Het DON-gehalte was sterker gecorreleerd aan het resistentiecijfer dan aan percentage (waargenomen) *Fusarium*. De correlatie tussen resistentiecijfer en DON-gehalte was sterk significant. De correlatie tussen het DON-gehalte en het DNA is zowel bij natuurlijke infectie als bij de kunstmatige besmette aren niet betrouwbaar.

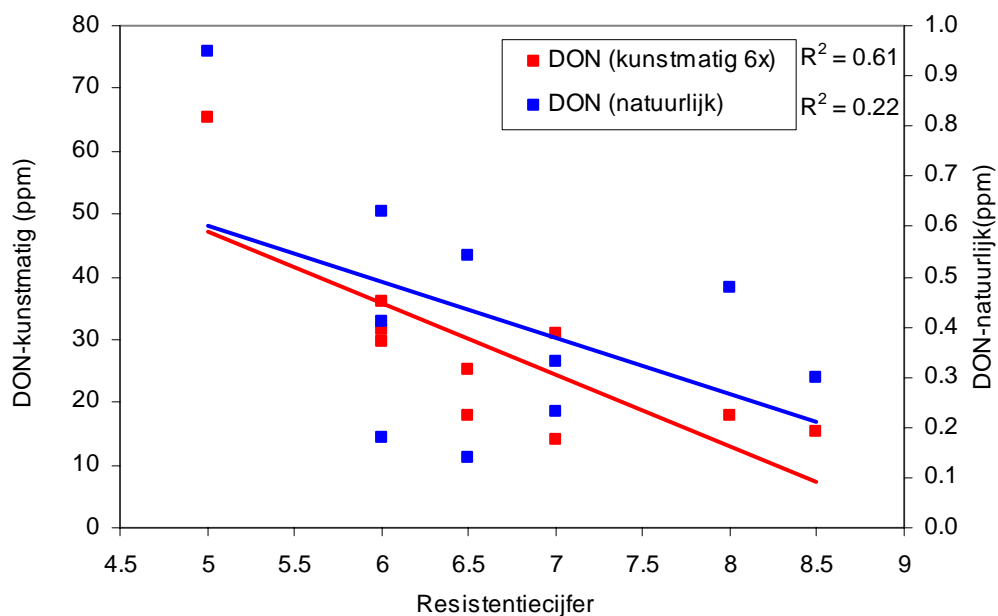
Tabel 7. Resistentiecijfer, *Fusarium*-aantasting, DON-gehalte, en DNA *F. culmorum* van 10 wintertarwe rassen.

ras	resistentiecijfer	natuurlijk			kunstmatig		
		Fusarium (%)	DON (ppm)	DNA (Pg)	Fusarium (%)	DON (ppm)	DNA (Pg)
Vivant	5	.1	0,95	90	70	65,3	8262
Drifter	6	-	0,18	15	68	31,6	753
SW Tataros	6	-	0,41	81	66	35,9	8595
Koch	6	-	0,63	22	53	29,6	10265
Harlem	6,5	-	0,54	61	45	17,8	9323
Tulsa	6,5	-	0,14	41	41	25,2	5106
Bristol	7	-	0,33	92	31	31,0	12836
Residence	7	-	0,23	105	45	13,9	5559
Ilias	8	-	0,48	191	29	18,0	9649
Kampa	8,5	-	0,30	31	11	15,3	11861
gemiddelde	6,4		0,42		45,9	28,4	

<sup>1)</sup> geen *Fusarium* waargenomen.

Tabel 8. Rangorde van 10 winterarwerassen op basis van DON-gehalte bij natuurlijke en kunstmatige besmetting.

ras	resistentie	natuurlijk DON (ppm)	rangorde	ras	resistentie	Kunstmatig (6x) DON (ppm)	rangorde
Tulsa	6,5	0,14	1	Residence	7	13,9	1
Drifter	6	0,18	2	Kampa	8,5	15,3	2
Residence	7	0,23	3	Harlem	6,5	17,8	3
Kampa	8,5	0,30	4	Ilias	8	18,0	4
Bristol	7	0,33	5	Tulsa	6,5	25,2	5
SW Tataros	6	0,41	6	Koch	6	29,6	6
Ilias	8	0,48	7	Bristol	7	31,0	7
Harlem	6,5	0,54	8	Drifter	6	31,6	8
Koch	6	0,63	9	SW Tataros	6	35,9	9
Vivant	5	0,95	10	Vivant	5	65,3	10



Figuur 7. Relatie tussen resistentiecijfer en DON-gehalte bij kunstmatige en natuurlijke besmetting van 10 rassen in 2004



## 4 Discussie en conclusies

### 4.1 2001

De DON-bepalingen zijn verricht aan twee herhalingen per ras, die zijn gemiddeld. De natuurlijke variabiliteit tussen de experimentele eenheden is hierdoor onduidelijk vast te stellen.

Bij een hoog DON-gehalte van de tarwe is een beïnvloeding van de Elisa-analyse waarschijnlijk.

De volgorde van toenemend DON-gehalte in rangorde over de verschillende besmettingsniveau's is Kampa, CEB9802 (Ilias), Bristol, Residence, Drifter, Semper, Virtuouse, Farandole, Ritmo en Vivant.

Uit dit onderzoek komt naar voren, dat ook bij een natuurlijke infectie van fusarium de DON-productie bij alle rassen zodanig was dat het oogstproduct niet voldeed aan de actielimiet van 500 ppb. Alleen bij het nieuwe ras CEB9802 (Ilias)(482 ppb) werd de norm van 500 ppb niet overschreden. Bij een matige, maar duidelijke aanwezigheid van Fusarium in de aren, verkregen door kunstmatige infectie, werd door alle rassen te veel DON geproduceerd; zelfs de weinig gevoelige rassen waren niet meer geschikt voor consumptiedoeleinden. Hoe hoger het resistentiecijfer, des te hoger het rapportcijfer voor de Fusarium-aantasting in 2001. Het DON-gehalte was niet betrouwbaar gecorreleerd aan de Fusarium-aantasting in het veld, maar wel aan het resistentiecijfer. Bij de eenmalige en driemaalige infectie bleek het DON-gehalte vrij goed met het resistentiecijfer voor Fusarium van het ras overeen te komen. De samenhang tussen het resistentiecijfer en het DON-gehalte van de rassen bij een natuurlijke infectie was gering.

### 4.2 2002

Tussen de rassen kwamen duidelijk verschillen in aantasting voor op het veld. Het gemiddelde DON-gehalte lag in 2002 veel lager dan in het jaar 2001.

Bij een natuurlijke infectie voldeden de rassen Drifter, Kampa, Virtuouse, CEB 9802(Ilias), Bristol en Residence aan de actielimiet (< 500 ppb). Bij de 1 maal kunstmatig besmette tarwe voldeed alleen het ras Vivant (332 ppb) nog aan de actielimiet. Bij de drie maal kunstmatig besmette proef lagen Kampa (344 ppb), Semper (466 ppb) en PBIS 98/93 (Excellenz)(490 ppb) onder de norm. Kampa produceerde gemiddeld de laagste hoeveelheid DON, maar voldeed bij de lichte aantasting niet aan de actielimiet. De DON-gehalten op 13 maart bepaald door HPLC bij 1 en 3 maal besmette tarwe lagen alle boven de actielimiet.

De volgorde van toenemend DON-gehalte met behulp van ELISA bepaald in rangorde over de verschillende besmettingsniveau's is Kampa, Drifter, Excellenz, Virtuouse, Vivant, Ilias, Semper, Bristol, Napier en Residence.

De volgorde van toenemend DON-gehalte met behulp van HPLC bepaald voor de 1 en 3 maal besmette tarwe in rangorde over de verschillende besmettingsniveau's is Drifter, Ilias, Residence, Virtuouse, Semper, Excellenz, Bristol, Napier, Vivant. Het ras Kampa kon door de ontbrekende waarde bij de licht besmette tarwe niet worden gerangschikt, maar komt op basis van de overige gemeten DON-gehalten, vermoedelijk voor of na Drifter.

De rangorde van de resistentiecijfers van de verschillende rassen bleken dit jaar minder overeen te komen met de rangorde van de hoeveelheden DON die door de rassen geproduceerd werden.

De natuurlijke besmette rassen bleken bij een lager resistentiecijfer meer DON te produceren. Bij de lichte en zware besmettingsniveau's was dit minder het geval.

Een toename van het DON-gehalte volgens ELISA bepaald ging samen met een lager resistentiecijfer en een toename van de Fusarium-aantasting. Een toename van het DON-gehalte volgens HPLC bepaald ging samen met een toename van de Fusarium-aantasting.

## 4.3 2003

Tussen de rassen kwamen ook in 2003 nog steeds duidelijke verschillen in aantasting voor op het veld in Fusarium-aantasting, hoewel de verschillen kleiner waren dan in de voorgaande jaren vanwege de gemiddelde lage natuurlijke aantasting in 2003. Het gemiddelde DON-gehalte van het natuurlijk besmette perceel lag in 2003 (306 ppb) lager dan in 2001 (1.389 ppb) en 2002 (577 ppb).

Bij een natuurlijke infectie voldeden de rassen Napier (630 ppb) en Vivant (510 ppb) niet aan de actielimiet. De rassen Residence, Ilias, Kampa, Semper, Drifter, Tulsa, SW Tataros en Bristol voldeden bij de natuurlijke infectie hier wel aan. De DON-gehalten bij de besmette tarwe lagen alle boven de actielimiet.

De volgorde van toenemend DON-gehalte in rangorde over de verschillende besmettingsniveau's is Kampa, Residence, Ilias, Semper, Drifter, SW Tataros, Tulsa, Bristol, Napier en Vivant.

De rangorde van de resistentiecijfers van de verschillende rassen bleken dit jaar redelijk overeen te komen met de rangorde van de hoeveelheden DON die door de rassen geproduceerd werden.

Bij de afzonderlijk besmettingsniveau's bleken rassen met een lager resistentiecijfer over het algemeen meer DON produceren. Echter het DON-gehalte was in 2003 niet betrouwbaar gecorreleerd aan het resistentiecijfer. Het DON-gehalte is betrouwbaar negatief gecorreleerd aan het rapportcijfer voor de Fusarium-aantasting. Negatief gecorreleerd met het rapportcijfer voor de Fusarium-aantasting dat wil zeggen meer Fusarium, hoe hoger het DON-gehalte.

## 4.4 2004

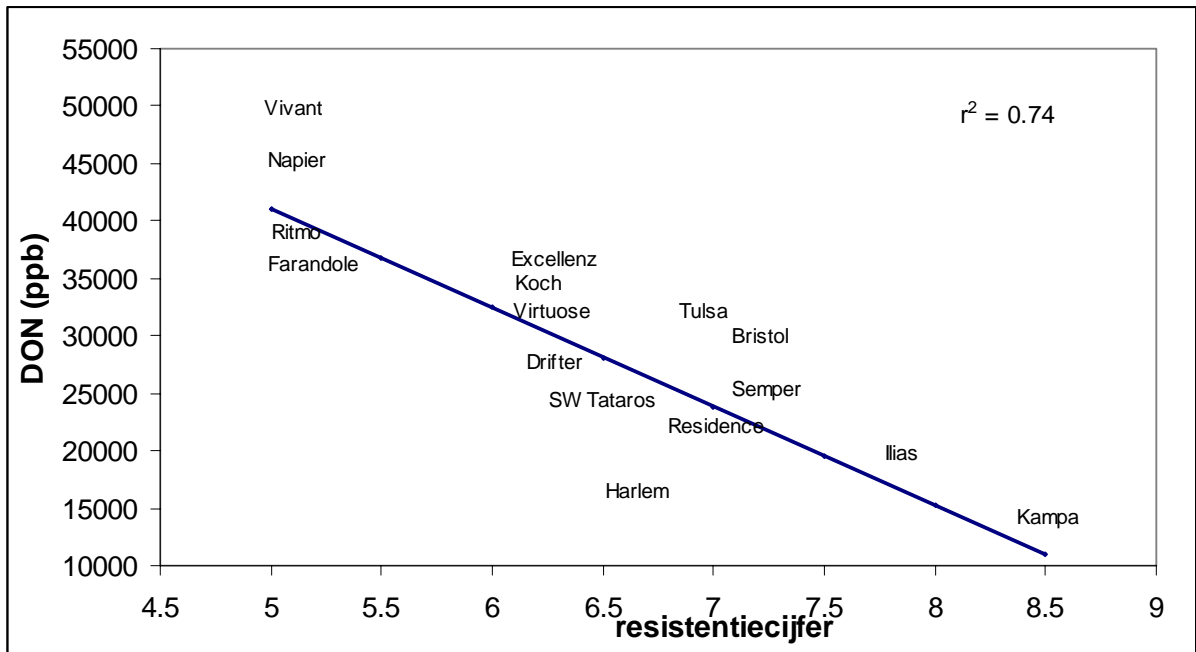
Tussen de rassen kwamen in 2004 duidelijke verschillen in aantasting naar voren. Dat bij de natuurlijk besmette aren geen aantasting werd waargenomen ligt hoogstwaarschijnlijk aan het warme droge weer. Hierdoor kwam de ziekte nauwelijks tot expressie, terwijl hij wel aanwezig was. Dat de schimmel de aren wel gekoloniseerd had bleek wel uit het feit dat er wel degelijk DON werd aangetroffen in de korrels. Opmerkelijk was dat het DON-gehalte beter correleerde met het resistentiecijfer dan met het percentage fusarium. Dit komt waarschijnlijk door de beperkte monsternamen en analyse van het DON-gehalte (1 herhaling).

## 4.5 Conclusies

Op de DON-cijfers is variantie-analyse uitgevoerd met de factoren jaar, wijze van besmetten en ras. De voorspelling van het DON-gehalte per ras uit deze analyse had een correlatie met het resistentie cijfer voor de rassen van -0.86 (Figuur 8). Het resistentiecijfer was het gemiddelde resistentiecijfer van elk ras uit de dataset. Het resistentiecijfer van een ras kan enigszins veranderen van het ene naar het andere jaar.

### **Conclusies rassenonderzoek**

- DON-gehalte van de korrels is betrouwbaar negatief gecorreleerd met het resistentiecijfer.
- De fusarium-aantasting van de aren is betrouwbaar negatief gecorreleerd met het resistentiecijfer.



Figuur 8. Doncijfer per ras gemiddeld over jaar en besmettingniveau uitgezet tegen het resistencijfer per ras



## Bijlage 1 Additionele resultaten

### 2001

Tabel 9 geeft de omschrijvingen van de trendlijnen weer. Bij de eenmalige en driemaalige infectie bleek het DON-gehalte vrij goed met het resistentiecijfer voor fusarium van het ras overeen te komen. De r-kwadraat was bij de eenmalige infectie 0,97 en bij de driemaalige infectie 0,85. De r-kwadraat van de natuurlijke infectie was 0,41, waarmee de samenhang tussen het resistentiecijfer en het DON-gehalte van de rassen gering bleek te zijn.

Tabel 9. Rassen 2001: Omschrijving trendlijnen

	Trendlijn	R <sup>2</sup>
natuurlijk	$y = -494,26x + 4527,5$	0,41
1 x	$y = -20233x + 183372$	0,97
3 x	$y = -15185x + 178467$	0,85

Uit Tabel 10 blijkt dat het DON-gehalte zeer betrouwbaar negatief gecorreleerd aan het resistentiecijfer ( $p = 0,05$ ;  $\alpha < 0,001$ ) en het vochtgehalte bij de oogst ( $p = 0,05$ ;  $\alpha < 0,01$ ). Het DON-gehalte is niet betrouwbaar gecorreleerd aan de Fusarium-aantasting in het veld.

Tabel 10. Rassen 2001: Correlatiematrix

DON-gehalte	1,000			
Resistentie	-0,796 ****	1,000		
Fusarium	-0,231 n.s.	0,676 ***	1,000	
Vochtgehalte	-0,626 ***	0,509 **	0,153 n.s.	1,000
	DON-gehalte	Resistentie	Fusarium	Vochtgehalte

\*  $df = 18$ ; \* :  $\alpha < 0,10$ ; \*\* :  $\alpha < 0,05$ ; \*\*\* :  $\alpha < 0,01$ ; \*\*\*\* :  $\alpha < 0,001$ ; n.s. = niet significant

### 2002

Tabel 11 geeft de omschrijvingen van de trendlijnen weer. Het DON-gehalte van de verschillende besmettingsniveaus bleek weinig met het resistentiecijfer voor fusarium van het ras overeen te komen. De r-kwadraat van de natuurlijke infectie was 0,546 was het hoogste, en hiermee leek de samenhang tussen het resistentiecijfer en het DON-gehalte van de rassen gering te zijn.

Tabel 11. Rassen 2002: Omschrijving trendlijnen

	Trendlijn	R <sup>2</sup>
natuurlijk	$y = -511,59x + 3901,9$	0,546
1X	1 x $y = -6886,4x + 63401$	0,484
3X	3 x $y = -4072,7x + 51413$	0,287

Uit Tabel 12 blijkt dat het DON-gehalte in 2002 niet betrouwbaar is gecorreleerd aan het resistentiecijfer, betrouwbaar negatief gecorreleerd aan het rapportcijfer voor de Fusarium-aantasting ( $p = 0,05$ ;  $\alpha < 0,05$ ) en zeer betrouwbaar positief aan het vochtgehalte van de tarwe bij de oogst. Negatief gecorreleerd met het rapportcijfer voor de Fusarium-aantasting ( $p = 0,05$ ;  $\alpha < 0,01$ ), dat wil zeggen meer Fusarium, hoe hoger het DON-gehalte.

Tabel 12. Rassen 2002: Correlatiematrix

DON-gehalte	1,000			
Resistentie	-0,249 n.s.	1,000		
Fusarium	-0,474 **	0,744 ****	1,000	
Vochtgehalte	0,535 ***	0,198 n.s.	-0,255 n.s.	1,000
	DON	Resistentie	Fusarium	Vochtgehalte

df = 27; \* :  $\alpha < 0,10$ ; \*\* :  $\alpha < 0,05$ ; \*\*\* :  $\alpha < 0,01$ ; \*\*\*\* :  $\alpha < 0,001$ ; n.s. = niet significant

## 2003

Tabel 13. Rassen 2003: Omschrijving trendlijnen

	Trendlijn	R <sup>2</sup>
natuurlijk	$y = -142,47x + 1205,7$	0,6661
6 x besmet	$y = -31436x + 284423$	0,7959

Uit Tabel 14 blijkt dat het DON-gehalte in 2003 niet betrouwbaar gecorreleerd is aan het resistentiecijfer. Het DON-gehalte is betrouwbaar negatief gecorreleerd aan het rapportcijfer voor de Fusarium-aantasting ( $p = 0,05$ ;  $\alpha < 0,05$ ) en zeer betrouwbaar positief aan het vochtgehalte van de tarwe bij de oogst. Negatief gecorreleerd met het rapportcijfer voor de Fusarium-aantasting dat wil zeggen meer Fusarium, hoe hoger het DON-gehalte.

Tabel 14. Rassen 2003: Correlatiematrix

DON-gehalte	1,000			
Resistentie	-0,374 n.s.	1,000		
Fusarium	-0,460 **	0,837 ****	1,000	
Vochtgehalte	-0,873 ****	0,425 *	0,586 ***	1,000
	DON	Resistentie	Fusarium	Vochtgehalte

df = 18; \* :  $\alpha < 0,10$ ; \*\* :  $\alpha < 0,05$ ; \*\*\* :  $\alpha < 0,01$ ; \*\*\*\* :  $\alpha < 0,001$ ; n.s. = niet significant

## 2004

Uit Tabel 15 blijkt dat het DON-gehalte in 2004 betrouwbaar negatief gecorreleerd is aan het resistentiecijfer. Het DON-gehalte is betrouwbaar gecorreleerd aan het rapportcijfer voor de Fusarium-aantasting. Negatief gecorreleerd met het resistentiecijfer dat wil zeggen hoe hoger resistentiecijfer, hoe lager het DON-gehalte.

Tabel 15. Rassen 2004: Correlatiematrix (kunstmatig besmet)

DON-gehalte	1,000		
Resistentie	-0,780 ***	1,000	
Fusarium	0,675 **	-0,929 ****	1,000
	DON	Resistentie	Fusarium

df = 8; \* :  $\alpha < 0,10$ ; \*\* :  $\alpha < 0,05$ ; \*\*\* :  $\alpha < 0,01$ ; \*\*\*\* :  $\alpha < 0,001$