

# Teeltmaatregelen ter voorkoming van mycotoxinen

Kwaliteitsreeks nr. 63  
Augustus 2000

# Teeltmaatregelen ter voorkoming van mycotoxinen

Kwaliteitsreeks nr. 63  
Augustus 2000

Auteurs:  
A. Blonk  
drs. P. Enthoven  
dr. ir. M. de Nijs  
(tno-voeding)  
K. Otte  
E. Roberts  
dr. ir. R. Sijtsma

Productschap Diervoeder  
Stadhoudersplantsoen 12  
2517 JL DEN HAAG  
telefoon 070 - 3708503

oplaag: 1000

## Samenvatting

Het ontstaan van mycotoxinen bij teelt, oogst en/of opslag is geïdentificeerd als probleemgebied met hoogste prioriteit in de studie 'risico inventarisatie van veevoedergrondstoffen en mogelijke beheersmaatregelen', uitgevoerd in 1999 in opdracht van het Productschap Diervoeder. De beheersmaatregelen voor dit probleemgebied worden voorgesteld in de hier gepresenteerde studie.

Uitgangspunt voor de hier gepresenteerde studie is het voorkómen van besmetting en/of groei van schimmels in gewassen op het veld of in product na de oogst. Hierdoor zal de besmetting met mycotoxinen ook laag zijn. In deze studie zal niet zozeer ingegaan worden op de mogelijke besmetting met de afzonderlijke, nu bekende mycotoxinen, maar meer generiek met de reeds bestudeerde mycotoxinen als voorbeeld voor mogelijke besmettingsroutes. De maatregelen betreffen tevens alle grondstoffen voor de veevoederindustrie en alle regio's van waaruit de grondstoffen betrokken worden.

De beheersmaatregelen spitsen zich voornamelijk toe op de teelt, oogst en opslag/transport. Er is geconcludeerd dat vele van de voorgestelde beheersmaatregelen op dit gebied nog nader onderzocht moeten worden. Het ontbreken van monitoringdata betreffende mycotoxinen in grondstoffen voor de veevoederindustrie speelt een belangrijke rol in de effectiviteit inschatting van de beheersmaatregelen. Daarnaast zijn er zeer beperkt gegevens beschikbaar op gebied van mycotoxinen die voorkomen in de ruwvoerders die op de bedrijven geteeld, geconserveerd, opgeslagen en gevoerd worden. De gegevens die daarover beschikbaar zijn duiden op de mogelijke aanwezigheid van uitschieters met extreem hoge besmetting met mycotoxinen. De beheersmaatregelen voor de na-oogst producten hebben gemeen dat de producten onder goed geconditioneerde wijze gepreserveerd, opgeslagen en/of vervoerd moeten worden.

Op dit moment wordt aangenomen dat door het kiezen van minder gevoelige rassen, een ruime vruchtwisseling (ten minste 1 jaar) en een kerende grondbewerking de aantasting van de gewassen door schimmels beperkt kan worden. Andere beheersmaatregelen tijdens de teelt moeten nog onderzocht worden. Schimmel besmetting en groei kan vervolgens beperkt worden door het voorkómen van beschadiging en het droog opslaan (m.u.v. silage) en transporteren van producten. Monitoringsprogramma's zouden uitgevoerd moeten worden om inzicht te krijgen in besmetting van veevoedergrondstoffen en ruwvoerders met de indicatormycotoxinen. Dit zou samen moeten gaan met het opzetten van een ketenbeheerssysteem en een Early Warning systeem voor tracing van partijen.

## Inhoud

1.	Inleiding	1
1.1	Algemene inleiding	1
1.2	Doel	1
1.3	Opdrachtgever	1
2.	Randvoorwaarden bij de studie	2
3.	Risico analyse	3
4.	Risico bepaling	4
4.1	Gevaren identificatie-Besmettingroutes mycotoxinen	4
4.2	Blootstelling	6
4.3	Gevarenkarakterisering	7
4.4	Risicokarakterisering	7
5.	Beheersmaatregelen	8
5.1	Teelt	8
5.1.1	Grondbewerking	8
5.1.2	Vruchtwisseling	8
5.1.3	Zaaizaad	8
5.1.4	Raskeuze en zaaien	8
5.1.5	Bemesting	9
5.1.6	Gewasbescherming	9
5.1.7	Omgevingsstress	10
5.2	Oogst en na-oogst	10
5.2.1	Oogst	10
5.2.2	Oogst techniek	10
5.2.3	Opslag en transport	11
5.2.4	Verwerking	11
5.3	Overige beheersmaatregelen	11
5.3.1	Bepalen risicoprofiel met betrekking tot de genoemde contaminanten	12
5.3.2	Informatie beschikbaar stellen door telers/handelaren aan afnemers	12
5.3.3	Beslissing afnemer op basis van rapportage	13
5.3.4	Maatregelen leverancier mengvoeder en afnemer (boer)	13
6.	Discussie	14
7.	Conclusies	15
8.	Samenstelling projectgroep	16
9.	Referenties	17
Tabel 1:	Meest gebruikte grondstoffen in de diervoederindustrie	19
Tabel 2:	Enkele gehalten aan mycotoxinen in enkele veevoedergrondstoffen	20
Tabel 3:	Beheersmaatregelen bij de teelt van de diervoedergrondstoffenketen met betrekking tot mycotoxinen	21
Tabel 4:	Beheersmaatregelen in de diervoedergrondstoffenketen met betrekking tot mycotoxinen, oogst en na oogst	22

# 1. Inleiding

## 1.1 Algemene inleiding

Het ontstaan van mycotoxinen bij teelt, oogst en/of opslag is geïdentificeerd als probleemgebied met hoogste prioriteit in de studie 'risico inventarisatie van veevoedergrondstoffen en mogelijke beheersmaatregelen', uitgevoerd in 1999 in opdracht van het Productschap Diervoeder. De beheersmaatregelen voor dit probleemgebied worden voorgesteld in de hier gepresenteerde studie.

Mycotoxinen worden door schimmels gevormd in de grondstoffen tijdens de teelt van de gewassen en tijdens de opslag en verwerking van de producten. De langdurige of overmatige opname van de mycotoxinen via voedsel of diervoeders kan de gezondheid van mensen en dieren negatief beïnvloed worden. *Fusarium* mycotoxinen worden b.v. in verband gebracht met slokdarmkanker bij de mens, schade aan nieren en het immuunsysteem en met afwijkingen in de hormoonhuishouding. De laatste twee effecten worden tevens bij landbouwhuisdieren waargenomen. Een toename aan zoönotische infecties kan hiervan het gevolg zijn omdat de afweer van het dier niet naar behoren functioneert en de kans groot is dat vaccinaties niet meer aanslaan. Aflatoxine B<sub>1</sub> en ochratoxine A staan bekend als, respectievelijk, hepatotoxisch en nephrotoxisch in zowel dieren als mensen.

Beheersmaatregelen voor mycotoxinen in veevoedergrondstoffen zullen er op gericht moeten zijn in alle stadia van de teelt, oogst en opslag van de grondstoffen en opslag van bewerkte grondstoffen de condities voor schimmelgroei zo ongunstig mogelijk te maken. Deze maatregelen moeten vooral worden getroffen in de herkomstgebieden van de grondstoffen.

## 1.2 Doel

Doel van deze studie omvat het vaststellen van de daadwerkelijk te nemen beheersmaatregel(-en), om de risico's bij het geïdentificeerde probleemgebied, het ontstaan van mycotoxinen bij teelt, oogst en/of opslag, te elimineren of tot een acceptabele niveau te reduceren.

## 1.3 Opdrachtgever

Dit onderzoek is uitgevoerd in opdracht van het Productschap Diervoeder.

## 2. Randvoorwaarden bij de studie

Uitgangspunt van de studie zijn de risico's voor de consument, in dit geval zowel mens als dier. De mens wordt in beschouwing genomen vanwege de eventuele overdracht van de mycotoxinen of metaboliëten van mycotoxinen via het dier naar de mens. Hierover is weinig bekend. Er zal niet ingegaan worden op de normstelling.

Het probleem zal volgens de methode van de risico analyse aangepakt worden, hierbij zullen de maatregelen per schakel in de diervoedergrondstoffenketen bekeken worden. Het probleem zal generiek benaderd worden wat hier inhoudt dat het voorkómen van de productie van mycotoxinen centraal zal staan.

Er zal uitgegaan worden van zes (groepen) indicatormycotoxinen:

- aflatoxine, ochratoxine A, fumonisine B<sub>1</sub>, zearalenon, deoxynivalenol en ergot alkaloiden.

Alhoewel er voor de aflatoxinen al wetgeving is zullen deze mycotoxinen toch hier nog behandeld worden als indicatormycotoxinen, zoals eerder aangegeven. Het is zeer waarschijnlijk dat er een veelvoud aan mycotoxinen geproduceerd worden door de schimmels en dat die allen aanwezig kunnen zijn in grondstoffen.

Redenen voor de keuze van deze indicatormycotoxinen zijn dat de besmettingsroutes van deze indicatormycotoxinen bekend zijn en dat er bepalingsmethoden voor deze indicatormycotoxinen zijn.

- De voorgestelde beheersmaatregelen zullen betrekking hebben op alle veevoedergrondstoffen uit alle regio's.
- Er zal in deze studie vaak ingegaan worden op de graanketen. Reden hiervoor is dat van die keten het meest bekend is over de schimmel- en mycotoxinebesmetting en de besmettingsroutes. Deze keten zal dus een soort indicatorketenfunctie vervullen.
- De beheersmaatregelen die voorgesteld worden zullen ook betrekking hebben op de ruwvoerders die aan de dieren gevoerd worden. Indien noodzakelijk zullen de maatregelen specifiek voor ruwvoerders ook behandeld worden.

### 3. Risico analyse

De risico analyse bestaat uit een aantal stappen. Het eerste deel, de risico bepaling, inventariseert en beschrijft het probleem. In het tweede deel, het risico management, worden de mogelijke oplossingen nader bestudeert en mogelijke aanbevelingen gedaan.

Binnen de risico bepaling worden 4 stappen uitgevoerd. In de gevaren identificatie worden in het algemeen de mycotoxinen genoemd waarvan gegevens over de toxiciteit of besmettingsroutes bekend zijn. Deze worden als meest relevant beschouwd. Vervolgens moet per mycotoxine bepaald worden wat de blootstelling is en moeten de gevaren gekarakteriseerd worden. Uiteindelijk wordt een uitspraak gedaan over de mogelijke gevaren voor de consumenten door de blootstelling en gevaren karakterisatie te combineren in de risico karakterisatie.

Na de risico bepaling worden in het risico management maatregelen getroffen om de risico's te beheersen. Hierbij speelt de risico taxatie een belangrijke rol. De risico's worden dan gekwantificeerd per schakel in de keten. Alhoewel de risico taxatie op gebied van mycotoxinen nog ontwikkeld moet worden kan hij hier al wel toegepast worden. Per schakel wordt dan een kwantificering gedaan op basis van de risico bepaling.

Nadat de risico's in kaart zijn gebracht en zijn gekwantificeerd kan nagegaan worden op welke punten de effecten van interventie het meest effectief zijn. Op die plaatsen kunnen de mycotoxinen gemonitored worden en correctieve acties ondernomen worden.

## 4. Risico bepaling

### 4.1 Gevaren identificatie-Besmettingroutes mycotoxinen

Schimmels komen wereldwijd voor en kunnen nagenoeg alle landbouwgewassen infecteren of als secundaire infectie optreden. De productie van de verschillende mycotoxinen door de schimmel is echter afhankelijk van de omstandigheden zoals de aanwezige schimmel species, de teeltmethoden en de klimatologische omstandigheden. Consequentie is dat als de levende schimmel in een grondstof wordt aangetroffen, de mycotoxinen niet daadwerkelijk aanwezig hoeven te zijn en vice versa. Op dit moment staan de mycotoxinen van de schimmel genera *Aspergillus*, *Penicillium*, *Fusarium* en *Claviceps* in de belangstelling. De meest bekende mycotoxinen die door schimmels van deze genera geproduceerd worden zijn het hepatotoxische aflatoxine B<sub>1</sub> (*Aspergillus*), het nephrotoxische ochratoxine A (*Aspergillus/Penicillium*), de *Fusarium* mycotoxinen deoxynivalenol (groei- en immunotoxisch), zearalenon (oestrogeen) en fumonisine B<sub>1</sub> (slokdarmkanker, hart afwijkingen in varkens en hersenbeschadiging in paarden) en de neurotoxische ergot alkaloiden (*Claviceps*) (de Nijs *et al.*, 1996; Dalcerro *et al.*, 1996). Door de routes van besmetting te bestuderen kunnen beheersmaatregelen aangegeven worden om de besmetting van levensmiddelen en diervoeders met mycotoxinen zo laag mogelijk te houden.

In de gematigde klimaat zone komen species van het genus *Fusarium* voor als plantpathogeen zowel als niet-plantpathogeen (Langseth *et al.*, 1993; Snijders, 1990). Het gewas wordt op het veld besmet en daar worden ook de mycotoxinen geproduceerd. In deze klimaatregio zijn *Aspergillus* en *Penicillium* schimmels die gaan groeien tijdens opslag van de gewassen als het vochtgehalte in het product stijgt. In de tropische streken zijn *Aspergillus* en *Penicillium* tevens plantpathogenen, naast *Fusarium*. Dat wil zeggen dat in producten uit deze regio's aflatoxinen en ochratoxine bij de oogst verwacht kunnen worden, naast de *Fusarium* mycotoxinen.

Infectie met schimmels kan variëren van jaar tot jaar en de species op de plant kunnen zelfs variëren tijdens het groeiseizoen (Lees en Parry, 1993; Logrieco *et al.*, 1990; Usha *et al.*, 1993). Het weer tijdens het groeiseizoen is van zeer grote invloed op het voorkomen van schimmelbesmetting en op de voorkomende species. Met name neerslag tijdens de bloei zorgt voor een verhoogde infectiedruk. Verder kan de regen er voor zorgen dat er meer conidiën vanaf de grond opgespat worden en de aar besmetten (Jenkinson en Parry, 1994). Het weglaten van grondbewerking zou kunnen leiden tot meer *Fusarium* besmetting (Bailey en Duczek, 1996; Dodman en Wildermuth, 1989). Een kerende grondbewerking zou de besmetting met *Fusarium* sterk verminderen. Verbranden van de stoppel kan resulteren in een verlaging van infectie van het opvolgend gewas (Dodman en Wildermuth, 1989). Een juiste vruchtwisseling kan er voor zorgen dat de infectiedruk minder hoog is (Clear en Abramson, 1986; Duthie *et al.*, 1986; Hall en Sutton, 1998). De invloed van zaaidichtheid, rijdichtheid en zaaidiepte worden onderkend maar zijn nog niet kwantitatief bepaald (Bailey en Duczek, 1996).

Het onjuist gebruik van mest kan ook leiden tot een toename aan schimmels in de plant (Daamen *et al.*, 1991). Een hoger stikstofgehalte in de plant zou er voor zorgen dat er meer schimmelbesmetting optreedt (Smiley *et al.*, 1996).

Tevens zou een snelle groei van de planten een verzwakte afweer tot gevolg kunnen hebben. Tijdstip van bemesting speelt hierbij een belangrijke rol.



*Fusarium* wordt beschouwd als het meest resistente plantpathogeen tegen fungiciden. Het lijkt erop dat het gebruik van fungiciden de productie van bepaalde mycotoxinen in de hand zou werken (Lees en Parry, 1993). Dit is zeer wel mogelijk omdat fungiciden een bepaald deel van de energicyclus van de schimmel remmen of stoppen waardoor de schimmel een andere metabooliet gaat vormen om de energicyclus te voltooien. Andere gewasbeschermingsmiddelen, zoals insecticiden, zouden op dezelfde manier als een fungicide ervoor zorgen dat een bepaald mycotoxine niet meer geproduceerd wordt (Dalcero *et al.* 1996). Het is onbekend wat de effecten op mycotoxine productie zijn van het elimineren of minimaliseren van een deel van de natuurlijk aanwezige schimmels door het gebruik van fungiciden. Tijdstip van toepassen van de gewasbeschermingsmiddelen is hier ook weer van groot belang voor de gevolgen op gebied van schimmelbesmetting en mycotoxine productie.

Het is mogelijk om plantenrassen te kweken die minder gevoelig zijn voor de schimmelinfectie (Assabgui *et al.*, 1993). Dit is echter geen oplossing voor de niet-pathogene species van de genera. Deze schimmel species infecteren de plant nadat b.v. een insect of droogte voor een toegangsweg heeft gezorgd (Jenkinson en Parry, 1994). Het is daarom belangrijk dat de teeltmaatregelen gericht zijn op het limiteren van de stress voor de plant. Het ontwikkelen van planten die mycotoxinen kunnen afbreken is een mogelijkheid om het probleem te benaderen.

De meeste mycotoxinen zijn stabiel tijdens verwerkingsprocessen en de concentraties in de eindproducten worden nauwelijks beïnvloed door de processen die gebruikt worden bij de verwerking van de grondstoffen tot levensmiddelen (Pittet *et al.*, 1992; Scott *et al.*, 1993). Het is wel mogelijk dat concentratie van mycotoxinen optreedt in een bepaalde fase. De wateroplosbare mycotoxinen worden bijvoorbeeld geconcentreerd in de waterfase in processen waarbij water gebruikt wordt. De korrels die gevormd worden in de aar bij de moederkoren besmetting van rogge met *Claviceps purpurea* hebben een lager soortelijk gewicht dan gezonde korrels. De aangetaste korrels kunnen voor een groot deel uit het product verwijderd worden zodat het ergot alkaloid gehalte verlaagd wordt tot een tot een aanvaardbaar niveau. De *Claviceps purpurea* mycotoxinen bevinden zich alleen in de aangetaste korrels die donker van kleur zijn en een laag soortelijk gewicht hebben waardoor deze methode zeer effectief is in het verwijderen van ergot alkaloiden.

Carry-over van ochratoxine A is bekend via varkensvlees. Het vetoplosbare ochratoxine A wordt door de dieren opgenomen via het voer. Het toxine wordt vervolgens in het vetweefsel van de dieren opgeslagen. Aflatoxine B<sub>1</sub> wordt door de koe omgezet tot het eveneens carcinogene aflatoxine M<sub>1</sub> dat in de melk wordt uitgescheiden. Momenteel bestaat het vermoeden dat een aantal *Fusarium* mycotoxinen vanuit gecontamineerd voer via dieren op mensen wordt overgedragen.

De voorgenoemde besmettingsroutes met schimmels zijn vaak wel duidelijk. Echter, of schimmelbesmetting ook altijd leidt tot mycotoxine productie is nog niet altijd duidelijk. In deze studie wordt ervan uitgegaan dat de besmetting van grondstoffen met schimmels en dus met mycotoxinen zo laag mogelijk moet worden gehouden zodat ook de gevaren van carry-over vrijwel uit te sluiten zijn. De hier genoemde lijst is ongetwijfeld niet geheel compleet.

## 4.2 Blootstelling

In tabel 1 wordt een kort overzicht gegeven van de meest gebruikte grondstoffen in veevoeders. Tabel 2 geeft een kort overzicht van enkele gehalten aan mycotoxinen die in een aantal grondstoffen aangetroffen zijn. Tabel 2 dient enkel als illustratie, er is in dit project geen uitgebreid (literatuur-)onderzoek verricht naar het voorkomen van mycotoxinen in veevoedergrondstoffen. Er zijn wel enkele algemene kanttekeningen te plaatsen over gepubliceerde gehalten aan mycotoxinen.

- In een groot aantal publicaties wordt gerapporteerd over gehalten die werden aangetroffen in de diervoeders of grondstoffen in geval van een calamiteit. Verwacht mag worden dat deze gehalten uitzonderlijk zijn alhoewel de calamiteit opgetreden kan zijn in een uitzonderlijk gevoelige diergroep.
  - Monitorings onderzoek wordt niet altijd gepubliceerd omdat de gegevens vaak vertrouwelijk zijn. Verder worden onderzoeken waarbij nauwelijks meetbare gehalten worden aangetroffen zelden gepubliceerd.
  - Het komt voor dat alleen de range waarin de monsters besmet waren met het mycotoxine gepubliceerd wordt. Dit is vaak het geval als er veel analyses zijn uitgevoerd. Het vermelden van de mediaan, het gemiddelde of de frequentieverdeling geeft vaak wel weer inzicht.
  - In veel rapporten worden de detectie- en bepalingslimieten niet vermeld. Het is belangrijk om dat wel te doen om een goede indruk te krijgen van de range in niveau's waarin bepaald is.
  - Niet altijd wordt goed de bepalingsmethode weergegeven.
  - De range van de ijklijn wordt niet altijd weergegeven. Daarnaast wordt niet altijd uitgelegd hoe de gehalten ver boven de maximale detectieniveau zijn berekend. Dit kan grote invloed hebben op de nauwkeurigheid van de bepaling.
  - In de meeste gevallen worden de hoge besmettingsniveau's niet bevestigd met een andere analysemethode.
  - Het komt voor dat alleen de gehalten vermeld worden van de monsters waarin de mycotoxinen boven de bepalingsgrens zijn aangetroffen.
  - Bij de gepubliceerde data ontbreken vaak gegevens over het echte land van herkomst van de monsters.

Uit de literatuur blijkt dat er wel gegevens beschikbaar zijn voor de besmetting met aflatoxinen van grondnoten en granen, met name tarwe. Van de besmetting van de overige diervoedergrondstoffen met andere mycotoxinen is weinig bekend. Het is wel belangrijk om ook die grondstoffen te onderzoeken want een zeer hoge besmetting van een product dat laag is in concentratie in de receptuur kan toch significant bijdragen aan de belasting van het diervoeder.

Uit tabel 2 blijkt onder meer dat de concentraties deoxynivalenol in ruwvoeders enorm hoog kunnen liggen. In de tabel zijn de resultaten van slechts een beperkt aantal monsters gegeven en van slechts twee ruwvoeders. Mycotoxinen kunnen ook voorkomen in gras, ingekuild gras en balen.

Jongere, oude, zwangere dieren en mensen of dieren en mensen die een verzwakt immuunsysteem hebben worden beschouwd als extra gevoelig voor de effecten van mycotoxinen.

Onderdeel van de blootstelling is de opname van hoeveelheden grondstoffen door de dieren en mensen. Vanwege de generieke aanpak van het probleem in deze setting is dit punt nu niet aan de orde.

### **4.3 Gevarenkarakterisering**

Om de gevaren van mycotoxinen te karakteriseren worden toxiciteitsstudies uitgevoerd. De tolerable daily intake wordt berekend op basis van deze toxiciteit gegevens. De evaluatie van toxiciteitsstudies ligt buiten het doel van deze studie.

### **4.4 Risicokarakterisering**

Het hiervoor genoemde is een indicatie van de nu bekende besmettingsroutes en de mogelijke omstandigheden voor mycotoxine productie van een zestal indicatormycotoxinen. Deze routes kunnen ook gelden voor de tot nu toe niet bekende mycotoxinen die naast de voorgenoemde voorkomen in grondstoffen. De uitkomst van deze risico bepaling is daarom dat het vóórkomen van schimmelbesmetting en -groei geminimaliseerd moet worden.

## **5. Beheersmaatregelen**

Het risico-management is de volgende fase in de risico-analyse. Hier worden de mogelijkheden bekeken om een risico te beheersen. Duidelijk is wel dat de hele productieketen betrokken moet worden bij het oplossen en beheersbaar maken van de mycotoxine-problemen.

In tabel 3 en 4 zijn de opzetten weergegeven voor de beheersmaatregelen. Hierbij worden de beheersmaatregelen gegroepeerd. Per groep en per onderdeel wordt een inschatting gegeven wat de effecten op de schimmelbesmetting of het mycotoxine gehalte zou kunnen zijn. Opgemerkt moet worden dat veel van de genoemde maatregelen gebaseerd zijn op aannames of op basis van een zeer beperkte hoeveelheid kennis betreffende de maatregel.

### **5.1 Teelt**

#### **5.1.1 Grondbewerking**

Het is bekend dat bepaalde grondbewerkingsstappen, met name het keren van de grond, de kans op overleving van de schimmels in de bodem verkleinen. Meer onderzoek is echter nodig om het effect op de schimmelbesmetting vast te stellen van het tijdstip in het seizoen waarop deze bewerking uitgevoerd wordt. Een kerende bewerking is echter niet in alle regio's mogelijk, denk hierbij aan erosieproblemen.

Het is bekend dat het branden van stoppel de infectiedruk verkleint. Het branden van de stoppel is echter verboden in Nederland.

Tijdens het groeiseizoen moet er voor gezorgd worden dat de planten niet beschadigd worden. Een aantal grondbewerkingsstappen, zoals mechanisch schoffelen of aanaarden, kunnen de planten beschadigen waardoor de plant gevoeliger wordt voor schimmelinfecties en het zorgt voor een entree voor niet-pathogene schimmels.

#### **5.1.2 Vruchtwisseling**

Een goede vruchtwisseling, ruimer dan 1 jaar, zorgt voor een lagere infectiedruk in het opvolgende gewas. De meest optimale vruchtwisseling voor het voorkomen van mycotoxinen moet echter nog onderzocht worden. Hierbij zou maïs als voorvrucht voor andere granen uitgesloten moeten worden. De huidige praktijk in de snijmaïsteelt, d.w.z. elk jaar maïs op hetzelfde perceel, zorgt voor een hoge schimmeldruk in de gewassen.

#### **5.1.3 Zaaizaad**

Het gebruikte zaaizaad moet zoveel mogelijk vrij zijn van plantpathogene kiemen. Door het gebruik van besmet zaaizaad kan niet alleen het gewas besmet worden, het kan ook de introductie bevorderen van pathogene species. De hier voorgestelde teeltmaatregelen zullen ook van invloed zijn op de schimmelbesmetting van het geteelde zaaizaad zelf. Daarnaast zijn er methoden beschikbaar of zullen ontwikkeld moeten worden, voor zaaizaadontsmetting, zowel chemisch als biologisch (zuren).

#### **5.1.4 Raskeuze en zaaien**

Het gebruikte ras van een gewas moet ook een minder gevoelig zijn voor de plantpathogenen die in het gebied voorkomen. Tegen de niet-plantpathogene schimmels kan niet veredeld worden. Het is wel mogelijk om de omstandigheden waaronder deze schimmels infecteren in de hand te houden, zoals controle van insecten. In de toekomst zouden er rassen gekozen kunnen worden die de gevormde mycotoxinen af kunnen breken. De haalbaarheid van deze beheersmaatregel is erg onzeker.

Bij de granen is bekend dat de aren van een kortstrotoras sneller worden besmet met schimmels dan de aren van een langstrotoras. Dit komt o.a. omdat de infectie vanaf de grond opgespat wordt tijdens regen. Het langstrogewas droogt ook sneller na neerslag. Kortstrotorassen hebben echter op dit moment de voorkeur omdat legeren hierin minder vaak voorkomt. Echter, gebruik van groeiremmers en een juiste bemesting kunnen dit voorkomen. De twee-rijige aren, zoals die bij gerst voorkomen, drogen sneller waardoor de infectiedruk met schimmels lager is. Minder dicht opeen zaaien zou leiden tot stevigere planten die sneller drogen.

#### **5.1.5 Bemesting**

Het toedienen van een overmaat mineralen (N) leidt tot een verhoogd stikstof niveau in de plant. Dit zou resulteren in een toename aan schimmel infecties. Achterliggende gedachte is dat de plant zo snel groeit dat de plant zwak is. Verder geeft een overmaat aan mineralen meer blad aan de plant waardoor het gewas minder snel droogt. Een hoger eiwit gehalte maakt de plant aantrekkelijker voor luizen en levert een tragere afrijping waardoor het risico op schimmelbesmetting verhoogd is. Het moment waarop bemest wordt speelt ook een rol.

#### **5.1.6 Gewasbescherming**

Het gebruik van fungiciden kan de schimmeldruk verlagen, mits op een juiste manier toegepast. De schimmel *Fusarium* is echter weinig gevoelig voor fungiciden. Hierdoor kan deze schimmel juist een heel groot deel gaan vormen van de besmetting. Het gebruik van fungiciden zal zo de totale schimmeldruk kunnen verlagen maar enkele resistente schimmel species, waaronder *Fusarium* species, zullen dominant aanwezig blijven.

Fungiciden, maar ook insecticiden, kunnen het metabolisme van de schimmel beïnvloeden. Hierdoor kan de schimmel overschakelen op de productie van een geheel ander mycotoxine. Dit mycotoxine zou wel eens giftiger kunnen zijn dan het eerder geproduceerde. De productie van een bepaald soort mycotoxine kan zo wel onderdrukt worden.

Onkruid, met name grassen, tussen de planten kunnen een bron van besmetting zijn van waaruit de planten voortdurend geïnfecteerd worden met schimmels. Ze kunnen ook een overlevingsplaats zijn voor insecten. De insecten kunnen vervolgens het gewas aantasten waardoor er ingangen ontstaan voor schimmelbesmetting van niet-pathogene schimmels. Het is dus noodzakelijk om onkruid goed te bestrijden.

Het is bekend dat vertegenwoordigers van sommige species niet in staat zijn om een bepaald mycotoxine te maken.

Als deze stammen de wel producerende stammen vervangen zou de productie van bepaalde mycotoxine kunnen afnemen. Dit is echter een riskante zaak omdat heel snel de nieuwe species verdrongen kunnen worden of dat de nieuwe species andere, misschien nog giftigere stoffen kunnen maken.

### 5.1.7 Omgevingsstress

De schimmelbesmetting kan afhankelijk zijn van de omgevingsfactoren. Zo zal de totale schimmelbesmetting hoog zijn als het groeiseizoen nat is geweest. Dit is tevens van invloed op de voorkomende pathogene schimmel species. Het is bekend dat de productie van bepaalde mycotoxinen beperkt is tot enkele schimmel species zodat mycotoxineproductie afhankelijk kan zijn van het klimaat tijdens het groeiseizoen. In perioden van extreme droogte in combinatie met het afwezig zijn van beregening, kunnen de gewassen door stress beschadigd raken. Er ontstaat een entree voor schimmelinfecties. Hierdoor zullen de niet-plantpathogene schimmel species die weinig vocht nodig hebben voor groei de gewassen kunnen infecteren en mycotoxinen vormen. In veel gevallen zijn dit *Aspergillus* en *Penicillium* species die aflatoxinen en ochratoxine A kunnen vormen.

De omgevingstemperatuur heeft invloed op de mycotoxineproductie van sommige species. Zo zou een hogere gemiddelde temperatuur nodig zijn voor de vorming van fumonisine B<sub>1</sub> in maïs door *Fusarium proliferatum*.

## 5.2 Oogst en na-oogst

### 5.2.1 Oogst

De gewassen moeten op het juiste tijdstip geoogst worden. Dit is meestal het moment waarop de gewassen goed zijn afgerijpt. Voor granen is een juist vochtgehalte op moment van oogst belangrijk. Het kan nodig zijn om de geoogste gewassen na te drogen. Als het gewas door omstandigheden, b.v. regen, pas veel later geoogst kan worden dan moet men zeer beducht zijn voor de vorming van mycotoxinen tijdens de periode dat het rijpe gewas nog op het veld staat.

### 5.2.2 Oogst techniek

De oogst methode moet de juiste zijn om met name beschadiging van het product te voorkomen. Zo zorgt de beschadiging van de graankorrels ervoor dat zetmeel beschikbaar komt voor infectie en groei van schimmels en de daarmee gepaard gaande mogelijke productie van mycotoxinen. Op snijmaïs is dit niet van toepassing omdat het gewas na oogst direct verwerkt wordt.

Een scheidingstechniek voor het verwijderen van afwijkende producten, bijvoorbeeld beschadigde zaden of korrels, kan tijdens de oogst, of voorafgaand aan opslag uitgevoerd worden. Hierdoor zou het mycotoxine gehalte verlaagd kunnen worden (ergot alkaloiden) of de schimmelbesmetting verminderd worden (gebroken zaden).

### 5.2.3 Opslag en transport

De producten moet behandeld worden zodat schimmelbesmetting en met name schimmelgroei vermeden wordt. De granen kunnen nagedroogd worden. Alle geoogste producten zullen zo veel mogelijk onder gecontroleerde omstandigheden opgeslagen moeten worden. Met name vraat door knaagdieren of insecten, het voorkomen van grote temperatuurswisselingen en het ontstaan van condensatie moeten vermeden worden. Dit geldt tevens voor het transport van de producten. De producten zullen in schone wagens getransporteerd moeten worden onder een dekzeil en zoveel mogelijk gevrijwaard moeten worden van temperatuurschommelingen. Denk hierbij ook aan transport met treinwagons of schepen. Het behandelen van de geoogste producten met een anti-schimmelmiddel is een van de mogelijkheden voor na-oogst conservatie. Dit kan zowel chemisch als biologisch.

Een groot aantal producten wordt gefermenteerd. Dit geldt voor een groot deel van de ruwvoeders die op de bedrijven geteeld, opgeslagen en gevoerd worden. Middelen om de kwaliteit te verbeteren kunnen toegevoegd worden. Zo kan er gedacht worden aan het toevoegen van conserveringsmiddelen, zoals startercultures, zouten of zuren.

De gewassen die geteeld, opgeslagen en gevoerd worden op het bedrijf zelf of direct aan anderen verkocht worden als veevoeder (komen niet in de handel), zoals gras, silage of granen, vormen een risico. De kwaliteit van het geoogste gewas, met name het vochtgehalte, en de opslag condities moeten voldoen aan hoge eisen. Hierbij moeten de condities zodanig zijn dat er geen schimmelbesmetting of groei kan optreden. Tijdens een gebrekkige opslag, zoals veel vocht, kunnen aflatoxinen en/of ochratoxine A gevormd worden in granen die geteeld zijn in de gematigde klimaat zone.

### 5.2.4 Verwerking

De producten kunnen geschoond worden voor, tijdens of na opslag. Hierbij moet gedacht worden aan het verwijderen van beschadigde producten. In geval van besmetting met *Claviceps purpurea*, kunnen de moederkoren korrels mechanisch verwijderd worden op basis van het gewicht van de korrels. Het gehalte aan ergot alkaloiden van de het geschoonde graan daalt dan zeer sterk. Bij aankomst van producten kunnen ook de gebroken en beschadigde korrels uit het product gezeefd worden. Het zetmeel, b.v. in gebroken graankorrels, kan makkelijk geïnfecteerd worden door de schimmels *Aspergillus* en *Penicillium* die de aflatoxinen en ochratoxine A kunnen produceren. De uitgezeefde fractie kan dus hoog besmet zijn met mycotoxinen. Bij natte processen kunnen de wateroplosbare mycotoxinen geconcentreerd worden in de waterfractie.

Bij de verwerking van de producten moet ervoor gezorgd worden dat er geen omstandigheden optreden waarin schimmels kunnen groeien en mycotoxinen kunnen produceren. Dit geldt ook voor de bijvalproducten die eventueel verwerkt worden in de diervoeders. Per productstroom zal nagegaan moeten worden wat de risico's zijn. De natte producten zijn in dit geval vrijwel altijd risicovol en worden daarom vaak geconserveerd door de pH te verlagen.

## 5.3 Overige beheersmaatregelen

Naast beheersmaatregelen die direct ingrijpen op de teelt, oogst of na-oogst fase kunnen er door de schakelsverderop in de keten ook een aantal beheersmaatregelen geformuleerd worden. Uiteindelijk zullen deze beheersmaatregelen ook het beoogde effect kunnen hebben op het voorkomen van de vorming van mycotoxinen tijdens de voorliggende schakels. Immers, grondstoffen van telers of leveranciers die niet kunnen voldoen aan de wensen en eisen van hun afnemers zullen moeten worden geweerd in de diervoederketen.

De volgende aanvullende maatregelen kunnen geformuleerd worden tussen de verschillende ketenpartijen.

### **5.3.1 Bepalen risicoprofiel met betrekking tot de genoemde contaminanten**

Een afnemer van diervoedergrondstoffen zou de gevoeligheid voor besmetting met mycotoxinen voor een bepaalde grondstof per grondstof kunnen vastleggen. Deze activiteit zou omschreven kunnen worden als het vastleggen van het risicoprofiel per grondstof.

#### **Voorbeeld**

Bepaling van het risicoprofiel van grondstoffen zou bijvoorbeeld uitgevoerd kunnen worden door de grondstoffen in categorieën in te delen. Op basis van een (arbitrair gekozen) rangorde kunnen grondstoffen ingedeeld worden van *mycotoxinenongevoelig* tot *zeer mycotoxinengevoelig*. Het mogelijk voorkomen van de eerder in dit rapport genoemde indicator-mycotoxinen zou ingeschat moeten worden (op een kwalitatieve manier).

Op deze wijze zou er bijvoorbeeld een indeling in 4 klassen kunnen ontstaan, waarbij:

1. gevaar van besmetting met mycotoxinen niet relevant
2. gevaar van besmetting met mycotoxinen onwaarschijnlijk
3. gevaar van besmetting met mycotoxinen aanwezig
4. gevaar van besmetting met mycotoxinen hoog

### **5.3.2 Informatie beschikbaar stellen door telers/handelaren aan afnemers**

Op basis van het opgestelde risico-profiel kan de afnemer beslissen, welke maatregelen er van de leverancier gevraagd worden.

Een afnemer heeft de mogelijkheid zijn (toe)leverancier te bevragen omtrent een aantal zaken. Vooruitlopend op uitbreiding van kwaliteitssystemen in de keten (waarbij de tendens is, dat kwaliteitssystemen steeds verder opkruipen de keten in), kan de afnemer nu al een aantal eisen stellen aan zijn toeleverancier met betrekking tot mycotoxinen. Hoe hoger het risico-profiel, hoe uitgebreider de overeen te komen maatregelen moeten zijn. De leveranciers die in klasse 3 of 4 vallen, worden in elk geval gevraagd gegevens aan te leveren.



- De teler/leverancier moet (per teeltperiode) inzage geven in de volgende gegevens:
- ?? het voortbrengingsproces (middels een beschrijving of stroomschema in kaart brengen) (eenmalig)
  - ?? relevante teeltgegevens (gebruikte zaaizaad, op welke wijze is het zaad ontsmet, welke gewasbeschermingsmiddelen zijn gebruikt tijdens de teelt, op welke wijze heeft de bemesting plaatsgevonden, hoe zijn de klimatologische omstandigheden geweest gedurende de teelt)
  - ?? gegevens van herkomst (in het kader van traceerbaarheid)
  - ?? overige relevante gegevens of maatregelen ter voorkoming van vorming van mycotoxinen
  - ?? het aantal monsters dat, op basis van voorgaande gegevens, geanalyseerd is op mycotoxinen, onder vermelding van de analysemethode (afstemmen van de analysefrequentie op basis van analyseresultaten, risico-profiel, literatuur, etc.).

**N.B.:** Indien leverancier niet over een monsternamprogramma beschikt moet de afnemer (voorlopig) een aantal monsters analyseren voor afname van de partij. (op 6 indicator-mycotoxinen per partij (commodity)).

**N.B.:** Als individuele partijen aan de (interne) normen voldoen, dan wordt er vanuit gegaan dat gemengde partijen ook voldoen.

Van deze gegevens, inclusief de analyseresultaten van de onderzochte monsters, wordt een rapport opgesteld (het rapport kan desgewenst door een onafhankelijke inspectie-instelling opgesteld worden).

Het rapport is o.a. bestemd voor de afnemer, die op deze wijze inzicht verkrijgt in de kwaliteit van de aangeleverde partij(en).

### **5.3.3 Beslissing afnemer op basis van rapportage**

Op basis van het aangeleverde rapport moet de kwaliteitsdienst van de afnemer beslissen of een partij geaccepteerd kan worden, of dat er gedurende een bepaalde periode partijen geleverd kunnen worden.

Naast het beslissen over het wel of niet accepteren van een partij kan een afnemer natuurlijk ook een aantal maatregelen op langere termijn nemen. Zo kunnen de overeengekomen maatregelen opgenomen worden in contracten. De afnemer kan ook meer streven naar het aangaan van partnerships met goedgekeurde leveranciers. Als een leverancier te vaak met hoge waardes komt, dan bestaat de mogelijkheid om over te stappen naar een andere leverancier. Het terugbrengen van het aantal leveranciers tot een beheersbaar aantal hangt hier ook weer mee samen.

### **5.3.4 Maatregelen leverancier mengvoeder en afnemer (boer)**

(Meng)voederbedrijven onderhouden de relaties met hun afnemers, de boeren. Voorlichters van voerbedrijven begeleiden de boer. Deze voorlichters die de boer begeleiden kunnen afwijkende situaties die zich op de boerderij afspelen in de gaten houden. Verdachte uitval van dieren of voerweigering door dieren moeten direct teruggemeld worden. De maatregel bestaat dus uit het opzetten van een terugmeldsysteem door voorlichters. In de toekomst zou dit terugmeldsysteem op het Early Warning System aangesloten kunnen worden.

## 6. Discussie

In het algemeen wordt aangenomen dat door het kiezen van minder gevoelige gewassen, een ruime vruchtwisseling van ten minste 1 jaar, en een kerende grondbewerking de aantasting van de gewassen door schimmels beperkt kan worden. De precieze effecten van de andere beheersmaatregelen moeten nog verder onderzocht worden. De voorgestelde beheersmaatregelen zijn in de Nederlandse situatie goed uit te voeren. De landbouw in andere landen, met name buiten de Europese Unie, zal waarschijnlijk moeilijker aan te passen zijn. Daar zal nagegaan moeten worden wat overige maatregelen zijn die genomen kunnen worden. Hiervoor is onderzoek naar die beste beheersmaatregelen noodzakelijk

Voor wat betreft de behandeling tijdens en na de oogst kunnen wel in alle regio's de beheersmaatregelen geïmplementeerd worden. Met name het voorkomen van beschadiging en het droog opslaan (m.u.v. silage) en transporteren van gewassen is uitvoerbaar. Het opzetten van een ketenbewakingssysteem is noodzakelijk om de partijen te kunnen traceren in geval van calamiteiten.

Het blijkt dat voor slechts een zeer beperkt aantal veevoedergrondstoffen data bekend zijn over de besmetting met mycotoxinen. De data die wel beschikbaar zijn geven niet altijd de juiste situatie weer, b.v. omdat het betreffende voer een intoxicatie heeft veroorzaakt. Het is daarom noodzakelijk om een monitoringsprogramma op te zetten waarin de veevoedergrondstoffen geanalyseerd worden op de indicator mycotoxinen. Door dit monitoringsprogramma gedurende een aantal jaren uit te voeren zal een indruk verkregen worden over de schommelingen per regio, jaar en gewas. De gegevens die in dit monitoringsprogramma verzameld worden kunnen gebruikt worden in een Early Warning Systeem. Dit systeem zou ook regionale en weersgegevens moeten bevatten. Als er problemen gesignaleerd worden met grondstoffen uit een bepaalde regio of jaar kan er actie genomen worden. Een goed ketenbewakingssysteem is hierbij onontbeerlijk.

Ruwvoeders vormen een apart probleem. Er is weinig tot niets bekend over de besmetting met mycotoxinen. Er zal eerst een monitoringsprogramma gestart moeten worden. Dit houdt in dat het mycotoxinegehalte van de voerkuil gevolgd moet worden in de tijd. De beheersmaatregelen voor de teelt van ruwvoeders zullen in grote lijnen dezelfde zijn als die voor de overige gewassen. Echter, de regel voor de ruime vruchtwisseling gaat voor grasland niet op. Speciale aandacht zal uit moeten gaan naar granen die niet in de handel gebracht worden maar worden opgeslagen en gevoerd op het bedrijf. Deze vormen, in Nederland, een risico voor vorming van aflatoxine en ochratoxine A.

De werkgroep is tot slot van mening, dat het beschikken over (haalbare) normen met betrekking tot mycotoxinen erg belangrijk is om de in dit rapport genoemde beheersmaatregelen te vergezellen en verder kracht bij te zetten. Bovendien is bij het formuleren van de voorgestelde beheersmaatregelen belangrijk dat de maatregelen internationaal ingevoerd gaan worden.

## 7. Conclusies

Op basis van de verschillende overwegingen weergegeven in dit rapport worden de volgende te nemen beheersmaatregelen door de subwerkgroep voorgesteld:

### *Teelt*

- ?? Kiezen van minder gevoelige rassen
- ?? Het toepassen van een ruime vruchtwisseling, waarin maïs niet de voorvrucht is van de andere granen
- ?? Het toepassen van een kerende grondbewerking

Andere beheersmaatregelen tijdens de teelt moeten nog nader onderzocht worden.

### *Opslag*

- ?? Voorkomen van beschadigingen en het droog opslaan en transporteren van grondstoffen

### *Kwaliteitssysteem-maatregelen binnen (overeen te komen tussen de relevante schakels van de keten)*

- ?? Opstellen van risico-profiel van grondstoffen (door mengvoederbedrijf of afnemer)
- ?? Overeenkomen van (contractuele) afspraken tussen (toe)leverancier en afnemer (overleggen uitslagen analyseresultaten, overleggen rapportages/audituitslagen)

### **Monstername**

- ?? Ingangscontrole middels (periodieke) monstername uitvoeren op binnenkomende grondstoffen (inpassen in kwaliteitssysteem), of
- ?? Inzage in analyseresultaten van de leverancier

In aanvulling op deze maatregelen moet er in de toekomst meer kennis ontwikkeld worden op het gebied van mycotoxinen. Monitoringprogramma's zouden uitgevoerd moeten worden om inzicht te krijgen in besmetting van diervoedergrondstoffen en ruwvoerders met de indicatormycotoxinen. Dit zou per jaar en per regio gemonitord moeten worden. Data over de klimatologische omstandigheden zouden verzameld moeten worden. Dit zou samen moeten gaan met het opzetten van een ketenbeheerssysteem (inclusief een traceerbaarheidssysteem) en een Early Warning System.

## 8. Samenstelling projectgroep

Dhr. A. Blonk	Blonk C.V.	
Dhr. drs. P. Enthoven	Cehave CCL	
Mw. dr. ir. M. de Nijs	TNO Voeding	Secretaris
Dhr. K. Otte	ACM	
Dhr. E. Roberts	Meneba N.V.	
Dhr. dr. ir. R. Sijtsma	Hendrix UTD	Voorzitter

## 9. Referenties

- Assabgui, R. A., Reid, L. M., Hamilton, R. I. en Arnason, J. T. (1993) Correlation of kernel (E)-ferulic acid content of maize with resistance to *Fusarium graminearum*. *Phytopathology* 83, 949-953.
- Bailey, K. L. en Duczek, L. J. (1996) Managing cereal diseases under reduced tillage. *Can. J. Plant Pathol.* 18, 159-167.
- Clear, R. M. en Abramson, D. (1986) Occurrence of *Fusarium* head blight and deoxynivalenol (vomitoxin) in two samples of Manitoba wheat in 1984. *Can. Plant Dis. Surv.* 66, 9-11.
- Daamen, R. A., Langerak, C. J. en Stol, W. (1991) Surveys of cereal diseases and pests in The Netherlands. 3. *Monographella nivalis* and *Fusarium* spp. in winter wheat fields and seed lots. *Neth. J. Plant Pathol.* 97, 105-114.
- Dalcerio, A., Combina, M., Etcheverry, M., Chulze, S. en Rodrigues, M. I. (1996) Effect of dichloorvos on growth and mycotoxin production by *Alternaria alternata*. *Food Addit. Contam.* 13, 315-320.
- Dodman, R. L. en Wildermuth, G. B. (1989) The effect of stubble retention and tillage practices in wheat and barley on crown rot caused by *Fusarium graminearum* Group 1. *Plant Prot. Quarterly* 4, 98-99
- Duthie, J. A., Hall, R. en Asselin, A. V. (1986) *Fusarium* species from seed of winter wheat in eastern Canada. *Can. J. Plant Pathol.* 8, 282-288.
- Hall, R. en Sutton, J. C. (1998) Relation of weather, crop, and soil variabilities to the prevalence, incidence, and severity of basal infections of winter wheat in Ontario. *Can. J. Plant Pathol.* 20, 69-80.
- Jenkinson, P. en Parry, D. W. (1994) Splash dispersal of conidia of *Fusarium culmorum* and *Fusarium avenaceum*. *Mycol. Res.* 98, 506-510.
- Langseth, W., Stenwig, H., Sogn, L. en Mo, E. (1993) Growth of moulds and production of mycotoxins in wheat during drying and storage. *Acta Agric. Scand. Sect. B Soil Plant Sci.* 43, 32-37.
- Lees, A. K. en Parry, D. W. (1993) Effect of prochloraz and fusilazole on the growth of cereal *Fusarium* species in vitro and in vivo. *Pestic. Sci.* 39S, 360-362.
- Logrieco, A., Bottalico, A. en Ricci, V. (1990) Occurrence of *Fusarium* species and their mycotoxins in cereal grains from some Mediterranean countries. *Phytopathol. Mediterr.* 29, 81-89.

Maathuis, E. en van Dijk, H. (1994) Kolfrot in maïs en de gevolgen voor de vervoeding. Info-Bulletin varkenshouderij 1-94

de Nijs, M, Soentoro, P., Delfgou-van Asch, E., Kamphuis, H., Rombouts, F.M. en Notermans, S.H.W. (1996) Fungal infection and presence of deoxynivalenol and zearalenone in cereals grown in The Netherlands. J. Food Prot. 59, 772-777

Pittet, A., Parisod, V. en Schellenberg, M. (1992) Occurrence of fumonisins B<sub>1</sub> and B<sub>2</sub> in corn-based products from the Swiss market. J. Agric. Food Chem. 40, 1352-1354.

Scott, P. M., Kanhere, S. R. en Weber, D. (1993) Analysis of Canadian and imported beers for *Fusarium* mycotoxins by gas chromatography-mass spectrometry. Food Addit. Contam. 10, 381-389.

Smiley, R. W., Collins, H. P. en Rasmussen, P. E. (1996) Diseases of wheat in long-term agronomic experiments at Pendleton, Oregon. Plant Dis. 80, 813-820.

Snijders, C. H. A. (1990) *Fusarium* head blight and mycotoxin contamination of wheat, a review. Neth. J. Plant Pathol. 96, 187-198.

Usha, C. M., Patkar, K. L., Shetty, H. S., Kennedy, R. en Lacey, J. (1993) Fungal colonization and mycotoxin contamination of developing rice grain. Mycol. Res. 97, 795-798.

**Tabel 1: Meest gebruikte grondstoffen in de diervoederindustrie**

Grondstof	Mycotoxinen in aangetroffen
Aardappelstoomschillen	Onbekend
Bierbostel (vers of ingekuild)	Onbekend
Biergist	Onbekend
Bieten(pers)pulp	Onbekend
Erwten	Onbekend
Gerst	Aflatoxine B <sub>1</sub> , ochratoxine A, deoxynivalenol, zearalenon, T-2 toxine, ergot alkaloiden
Gierst	Aflatoxine B <sub>1</sub> , ergot alkaloiden
Gluten	Zearalenon
Grondnoten	Aflatoxine B <sub>1</sub> , zearalenon, ochratoxine A
Haver	Aflatoxine B <sub>1</sub> , ochratoxine A, deoxynivalenol, zearalenon, T-2 toxine
Hooi	Deoxynivalenol, T-2 toxine
Katoenzaad	Aflatoxine B <sub>1</sub>
Koolzaad en bijproducten	Onbekend
Luzerne	Aflatoxine B <sub>1</sub>
Maïs en bijproducten	Aflatoxine B <sub>1</sub> , ochratoxine A, deoxynivalenol, zearalenon, fumonisine B <sub>1</sub> , T-2 toxine
Myceliumspoeling	Onbekend
Oliën	Onbekend
Rijst en bijproducten	Aflatoxine B <sub>1</sub> , zearalenon, ochratoxine A
Rogge	Aflatoxine B <sub>1</sub> , ochratoxine A, deoxynivalenol, zearalenon, ergot alkaloiden
Soja	Aflatoxine B <sub>1</sub>
Sorghum	Aflatoxine B <sub>1</sub> , zearalenon, ochratoxine A, T-2 toxine
Stro	Deoxynivalenol, T-2 toxine
Tapioca	Aflatoxine B <sub>1</sub> , zearalenon
Tarwe en bijproducten	Aflatoxine B <sub>1</sub> , ochratoxine A, deoxynivalenol, zearalenon, ergot alkaloiden
Tarwebijproducten	Zie tarwe
Triticale	Ergot alkaloiden
Vetten	Onbekend
Zonnebloempitten	Alternariol
Zuivelbijproducten-wei	Aflatoxine M <sub>1</sub>

**Tabel 2: Enkele gehalten aan mycotoxinen in enkele veevoedergrondstoffen**

Grondstof	DON (ppb)	NIV (ppb)	ZEA (ppb)	FB1 (ppb)
Tarwe	4-20500 2000-40000 0-1800 450-4300 20-230 2-43800 0-3310 0-4500 0-5000 0-2390	3-320 10 7-203	1-840 10-2000 0-120 2-174	
Maïs	3960-20000			10-1500 700 8-3350
Gerst	2200-13330 4-152	30-145	4-9	
Haver	1300-2600 7200-62050 56-147	17-39	16-29	
Rogge	8-384	10-34	11 133	
Tapioca			5-106	
Maïssilage	10000-20000			
Maïskernen	4000-320000			
Corn cobs+spil (CCM)	9000-927000			
Maïsafvalvoermeel			3710	
Maïsglutenvoer(meel)			94-681	500-2560 2050-2500
Rijstschroot			117	

\* DON = deoxynivalenol; NIV = nivalenol; ZEA = zearalenon; FB1 = fumonisine B<sub>1</sub>



**Tabel 3: Beheersmaatregelen bij de teelt van de diervoedergrondstoffenketen met betrekking tot mycotoxinen**

Beheersmaatregel	Procesparameter	Effect op schimmelbesmetting of mycotoxine gehalte	Toe- of afname mycotoxinen
Grondbewerking	- Niets - Ploegen - Stro verwijderen - Stoppel branden - Gewas beschadigen	- Hoge infectiedruk schimmels - Verminderde infectiedruk schimmels - Verminderde infectiedruk schimmels - Verminderde infectiedruk schimmels - Hoge infectiedruk schimmels	> < < < >
Vruchtwisseling	- Krappe vruchtwisseling - Ruime vruchtwisseling	- Hoge infectiedruk schimmels - Lagere infectiedruk schimmels	> <
Zaaizaad	- Schimmelvrij zaaizaad - Schimmelarm zaaizaad - Fungicide behandeld - Biologisch behandeld	- Verminderde infectiedruk schimmels - Verminderde infectiedruk schimmels - Verminderde infectiedruk schimmels - Verminderde infectiedruk schimmels	< < < <
Raskeuze en zaaien	- Kortstrorassen - Langstrorassen - 6-rijige aren - 2 rijige aren - Minder gevoelige gewassen - GMO ras dat resistent is <sup>#</sup> - Ras dat mycotoxine afbreekt - GMO ras dat mycotoxine afbreekt <sup>#</sup> - Dicht opeen zaaien	- Gevoeliger voor schimmels - Minder gevoelig voor schimmels - Gevoeliger voor schimmels - Minder gevoelig voor schimmels - Sterk verminderde infectiedruk pathogene schimmels - Sterk verminderde infectiedruk pathogene schimmels - Sterk verminderde mycotoxine besmetting - Sterk verminderde mycotoxine besmetting - Gevoeliger voor schimmels	> < > < < < <sup>#</sup> < < <sup>#</sup> >
Bemesting	- Overmaat mest	- Gevoeliger voor schimmels	>
Gewasbescherming	- Fungiciden - Insecticiden, onkruidbescherming: chemisch - Insecticiden, onkruidbescherming: biologisch - Substitutie met niet pathogene stam	- Verminderde schimmelaantasting, toename mycotoxinen - Verminderde schimmelaantasting, afname mycotoxinen - Verminderde schimmelaantasting - Verminderde mycotoxine productie	> < < <
Omgevingsstress	- Nat groeiseizoen - Warm groeiseizoen - Nat groeiseizoen (natte perioden)	- Hoge infectiedruk schimmels - Lagere infectiedruk schimmels - Hoge infectiedruk schimmels	> < >

\* Er moet worden voldaan aan de residu normen.

<sup>#</sup> nog geen regelgeving op dit gebied

**Tabel 4: Beheersmaatregelen in de diervoedergrondstoffenketen met betrekking tot mycotoxinen, oogst en na oogst**

Beheersmaatregel	Procesparameter	Effect op schimmelbesmetting of mycotoxine gehalte	Toe- of afname mycotoxinen
Oogst	- Nat - Droog - Warm - Fungiciden* - Biologisch	- Hoge infectiedruk schimmels - Lage infectiedruk schimmels - Lage infectiedruk schimmels - Hoge infectiedruk schimmels - Verminderde schimmelaantasting	> < < > <
Oogstechniek	- Voorkomen beschadiging product	- Voorkomen van schimmelgroei	<
Opslag en transport	- Drogen van gewas - Anti schimmel behandeling, chemisch* - Anti schimmel behandeling, biologisch - Geconditioneerde opslag - Niet-geconditioneerde opslag - Transport middel, geconditioneerd - Transport middel, niet geconditioneerd - Inkuilen	- Voorkomen van schimmelgroei - Voorkomen van schimmelgroei - Voorkomen van schimmelgroei - Voorkomen van vraat en schimmelgroei - Vraat en schimmel schimmelgroei - Voorkomen van vraat en schimmelgroei - Vraat en schimmel schimmelgroei - Voorkomen van schimmelgroei	< < < < > < > <
Verwerking	- Schonen van gewas - Bijproducten van schonen - Concentratie in b.v. zetmeelwaswater  - Bijproducten ander producties	- Minder schimmels en mycotoxinen - Meer mycotoxinen - Meer mycotoxinen, eventueel meer schimmels in geval van vochtige fracties. - ?	< > > ?

\* Er moet worden voldaan aan de residu normen.