

Fusarien und Mykotoxine bei Körnermais in der Schweiz

Tomke Musa, Eveline Jenny, Hans-Rudolf Forrer und Susanne Vogelgsang
Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, 8046 Zürich

Auskünfte: Tomke Musa, E-Mail: tomke.musa@art.admin.ch, Tel. +41 44 377 72 39



Abb. 1 | Kolben- und Stängelfäule auf Mais, verursacht durch *Fusarium*-Befall. (Fotos: ART)

Einleitung

In der Schweiz wird auf zirka 17000 ha Körnermais angebaut und hauptsächlich – wie auch Silomais – zur Fütterung von Nutztieren verwendet. Verschiedene Krankheitserreger und Schädlinge befallen den Mais, darunter auch Schimmelpilze der Gattung *Fusarium*. Fusarien können sowohl Kolben als auch Stängel und Wurzeln befallen und verursachen Kolben- oder Stängelfäule (Abb. 1). Der Befall führt einerseits zu Ertrags- und Qualitätsverlusten, andererseits produzieren Fusarien giftige Stoffwechselprodukte, so genannte Mykotoxine, welche für Mensch und Tier gesundheits-

schädlich sind. Aus der Literatur geht hervor, dass Mais oft das am stärksten belastete Getreide ist (Munkvold 2003). Im Vergleich zu Weizen wird Mais von einer grösseren Anzahl an *Fusarium*-Arten befallen und das Spektrum an Mykotoxinen ist breiter (Dorn *et al.* 2009, Desjardins 2006). Dadurch kann das Erntegut gleichzeitig mit mehreren Toxinen belastet sein.

Eine erste, lokal und auf Sortenversuchen begrenzte Maisuntersuchung der Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART in den Jahren 2005 bis 2007 (Dorn *et al.* 2009) hat gezeigt, dass die Körnermais-Proben von einer Vielzahl an *Fusarium*-Arten befallen waren und bei den untersuchten Proben zum Teil sehr hohe Mykotoxin-Gehalte auftraten. Basierend auf diesen Ergebnissen wurde über drei Jahre ein schweizweites Körnermais-Monitoring mit Praxisproben durchgeführt.

Körnermais-Proben aus der Praxis

Ziel dieses Monitorings war es, repräsentative Aussagen über das Auftreten und die Bedeutung der einzelnen *Fusarium*-Arten sowie das Risiko für Mykotoxin-Belastungen von Körnermais in der Schweiz machen zu können. Zusätzlich sollten Faktoren, welche den Befall beeinflussen, identifiziert werden, um Empfehlungen für die Praxis abzuleiten. Im Vergleich zu Weizen stehen solche noch nicht zur Verfügung. Die Nachfrage ist in der Praxis jedoch gross, da auch für Mais und Maisprodukte für Futtermittel seit April 2008 entsprechende Richtwerte für die Mykotoxine Deoxynivalenol (DON), Zearalenon (ZEN) und Fumonisine (FUM) gelten (Tab. 1).

Material und Methoden

Die teilnehmenden Landwirte erhielten eine Anleitung zur Probenahme des Erntegutes, um eine repräsentative Stichprobe zu gewährleisten. Zudem erhielten sie einen Fragebogen, in welchem sie die spezifischen Angaben zur angebauten Maissorte, Vor- und Vorvorfrucht, Bodenbearbeitung, Saat- und Erntetermin, Maiszünsler-Befall, *Fusarium*-Befall, Hagelaufreten und Düngersowie Herbizid-Einsatz festhielten. In den Jahren 2008 und 2009 standen Proben aus 14 Kantonen und im Jahr

2010 aus 12 Kantonen zur Verfügung: AG, BE, FR, JU, LU, NE, SG, SH, SO, TG, TI, VD, VS, ZH. Die erhaltenen Proben wurden drei Tage bei 35°C getrocknet. Anschliessend wurde mit einem Riffelteiler eine repräsentative Stichprobe von 200 Körnern für die Untersuchung auf *Fusarium*-Befall gezogen. Die Körner wurden oberflächlich sterilisiert und in einem mehrstufigen Labor-Gesundheitstest ausgelegt. Die *Fusarium*-Arten wurden mikroskopisch anhand der morphologischen Merkmale der Sporen und des Koloniewachstums auf den Agarplatten bestimmt (Nelson *et al.* 1983, Leslie und Summerell 2006). Der Anteil der verschiedenen *Fusarium*-Arten am gesamten Befall wurde durch Auszählen der auf den Agarplatten gewachsenen Pilzkolonien ermittelt. Aus den Proben der drei Jahre wurden aus 289 eingesandten Körnerproben insgesamt 57800 Maiskörner ausgelegt und daraus 6482 *Fusarium*-Isolate gewonnen. Für die Ermittlung der Mykotoxin-Belastung wurden die Proben fein gemahlen und die Mykotoxine extrahiert. Mit einem Enzym-Immuntest (ELISA® Ridascreen) wurde der DON-, ZEN- und FUM-Gehalt in den Extrakten gemessen.

Resultate und Diskussion

Fusarium-Befall in Körnermaisproben

Im Jahr 2008 wiesen 14 % aller untersuchten Maiskörner *Fusarium*-Befall auf, in den Jahren 2009 und 2010 waren es 22 % beziehungsweise 31 %. Der *Fusarium*-Befall der Körner in den einzelnen Proben variierte zwischen 0 bis 100 % Befall. In den drei Jahren wurden 16 *Fusarium*-Arten identifiziert und die grosse Artenvielfalt, welche bereits in der ersten, lokal begrenzten Agroscope ART Mais-Studie gefunden wurde (Dorn *et al.* 2009) bestätigt (Tab. 2). In allen drei Jahren traten die folgenden Arten am häufigsten auf: *F. graminearum*, *F. verticillioides*, *F. subglutinans*, *F. proliferatum* und *F. crookwellense* (Abb. 2). Wie aus Abbildung 2 ersichtlich ist, konnte ein deutlicher Jahreseffekt in der Häufigkeit ihres Auftretens festgestellt werden. 2008 dominierte mit 42 % *F. graminearum*, während im Jahr 2009 die vier erst genannten Arten in fast gleichen Verhältnissen auftraten. Im Jahr 2010 traten *F. graminearum* und *F. verticillioides* häufiger als die anderen Arten auf. Solche Jahreseffekte wurden auch in Studien aus Deutschland, Belgien und der Schweiz beschrieben (Goertz *et al.* 2010; Scauflaire *et al.* 2011; Dorn *et al.* 2011). Das unterschiedliche Auftreten der Arten könnte mit der Witterung erklärt werden. Vor allem *F. verticillioides* tritt vermehrt bei trockenen und heissen Bedingungen auf, während *F. graminearum* eher bei feuchter und etwas kühlerer Witterung dominiert.

Zusammenfassung ■ Zwischen 2008 und 2010 führte die Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART ein erstes schweizweites Körnermais-Monitoring mit Proben aus der Praxis durch. Ziel der dreijährigen Studie war es einerseits, das Vorkommen und die Bedeutung der verschiedenen *Fusarium*-Arten abzuklären, um das mögliche Mykotoxin-Risiko abzuschätzen. Andererseits sollten Anbaufaktoren, welche den Befall beeinflussen, identifiziert werden, um Empfehlungen zur Vermeidung von hohen Mykotoxin-Belastungen für die Praxis zu erarbeiten. Bei der Untersuchung der insgesamt 289 Körnermaisproben aus 14 Kantonen wiesen 22 % der Körner *Fusarium*-Befall auf und es wurden 16 verschiedene *Fusarium*-Arten festgestellt. Es dominierten die vier Arten *Fusarium graminearum*, *F. subglutinans*, *F. verticillioides* und *F. proliferatum*. In unserer Untersuchung zeigte sich, dass vor allem Kontaminationen mit dem Mykotoxin Deoxynivalenol eine grosse Rolle spielten: In den Jahren 2008 und 2010 überschritten 57 % beziehungsweise 70 % der Körnermaisproben den Richtwert von 0,9 ppm für Ergänzungs- und Alleinfuttermittel für Schweine. Im Jahr 2009 überschritten 30 % diesen Richtwert. Die Belastung mit den anderen Mykotoxinen war deutlich geringer: Im Mittel der drei Jahre wiesen 19 % und nur 2 % der Proben kritische Gehalte von Zearaleon beziehungsweise Fumonisin auf. Bezüglich Befall beeinflussender Faktoren können trotz umfassendem Datensatz vorerst nur allgemeine Empfehlungen gegeben werden.

Mykotoxin-Belastung der Körnermaisproben

Dieser Jahreseffekt spiegelte sich auch in der Mykotoxin-Belastung der Proben wider: In den Jahren 2008 und 2010, in denen die DON produzierenden Arten *F. graminearum* und *F. crookwellense* dominierten, erreichten oder überschritten 57 % beziehungsweise 70 % der Proben den für Allein- und Ergänzungsfuttermittel empfohlenen Richtwert für Schweine von 0,9 ppm, 2009 waren dies hingegen «nur» bei 30 % der Proben der Fall (Abb. 2). Anhand dieser Resultate wird deutlich, dass das DON-Belastungsrisiko bei Körnermais sehr hoch ist. Diese Belastung ist von grosser Bedeutung, da der auf dem Betrieb produzierte Körnermais oftmals ohne vorhergehende Mykotoxinanalyse direkt zur Fütterung der Nutztiere verwendet wird. Somit bleiben allfällige Mykotoxinbelastungen unbemerkt und stellen ein Risiko für die Tiergesundheit dar. >

Tab. 1 | Richtwerte zur Fütterung von Mais-Erzeugnissen (Quelle: Amtsblatt der Europäischen Union, 23.8.2006, L 229/7)

| Mykotoxin | Zur Fütterung bestimmte Erzeugnisse | Richtwert in ppm für ein Futtermittel mit einem Feuchtegehalt von 12 % |
|--------------------|--|--|
| Deoxynivalenol | – Maisnebenprodukte | 12 |
| | – Ergänzungs- und Alleinfuttermittel ausser: | 5 |
| | • für Schweine | 0,9 |
| | • für Kälber (< 4 Monate), Lämmer und Ziegenlämmer | 2 |
| Zearalenon | – Maisnebenprodukte | 3 |
| | – Ergänzungs- und Alleinfuttermittel: | |
| | • für Ferkel und Jungsauen | 0,1 |
| | • für Sauen- und Mastschweine | 0,25 |
| | • für Kälber, Milchkühe, Schafe inkl. Lämmer und Ziegen inkl. Ziegenlämmer | 0,5 |
| Fumonisine B1 + B2 | – Mais und Maiserzeugnisse* | 60 |
| | – Ergänzungs- und Alleinfuttermittel für: | |
| | • Schweine, Pferde, Kaninchen und Heimtiere | 5 |
| | • Fische | 10 |
| | • Geflügel, Kälber (< 4 Monate), Lämmer und Ziegenlämmer | 20 |
| | • Wiederkäuer (> 4 Monate) und Nerze | 50 |

*Der Begriff «Mais und Maiserzeugnisse» umfasst nicht nur die aus Mais gewonnenen Futtermittel-Ausgangserzeugnisse, sondern auch andere aus Mais gewonnene Futtermittelerzeugnisse, vor allem Silomais, Maisgrünfütter- und -raufutter.

Die gemessene Belastung mit ZEN war im vorliegenden Körnermais-Monitoring deutlich geringer als diejenige mit DON. Insgesamt wurde der ZEN-Richtwert für Sauen und Mastschweine (0,25 ppm im Ergänzungs- und Alleinfuttermittel) bei 19 % der Proben überschritten. Bei den Fumonisinien überschritten nur sechs (2 %) der 289 Proben den Richtwert von 5 ppm für Schweine und Pferde (Ergänzungs- und Alleinfuttermittel). Vier dieser Proben stammten aus dem Kanton Tessin und je eine Probe aus den Kantonen St. Gallen und Schaffhausen.

Zusammenhang *Fusarium*- und Mykotoxin-Belastung

Im Vergleich zur Studie bei Weizen (Vogelgsang *et al.* 2009) konnte bei dieser Untersuchung für alle Daten und Jahre kein enger Zusammenhang zwischen dem *F. graminearum* (FG)-Befall und dem DON-Gehalt festgestellt werden. Einzig im Jahr 2008 lag der Korrelationskoeffizient (*r*-Wert) bei 0,68 (2009 *r*=0,28; 2010 *r*=0,26). Eine stärkere Korrelation zwischen FG und DON konnte beobachtet werden, wenn nur diejenigen Proben in die Analyse mit einbezogen wurden, welche keinen *F. verticillioides*-Befall aufwiesen. Somit scheinen sich verschiedene, gemeinsam auftretende *Fusarium*-Arten gegenseitig zu beeinflussen, wie dies auch aus Untersuchungen von Reid *et al.* (1999) und Picot *et al.* (2011) hervorgeht. Kein Zusammenhang konnte zwischen dem Befall der FUM-Bildner (*F. verticillioides*, *F. subglutinans* und *F. proliferatum*) und dem FUM-Gehalt der Körnermais-Proben festgestellt werden. Dies kann verschiedene

Tab. 2 | Relative Befallshäufigkeit (%) und Anzahl *Fusarium*-Isolate von Maiskörnern aus dem Schweiz-weiten ART Monitoring in den Jahren 2008 bis 2010. Dargestellt sind die Mittelwerte der Körnermais-Proben pro Jahr. Die Befallshäufigkeit wurde mit dem Gesundheitstest bestimmt. Die fünf häufigsten *Fusarium*-Arten sind hellblau hinterlegt.

| <i>Fusarium</i> -Art | 2008 (n = 94) | 2009 (n = 105) | 2010 (n = 90) |
|----------------------------|--------------------------------|----------------|---------------|
| | Relative Befallshäufigkeit (%) | | |
| <i>F. avenaceum</i> | 2,1 | 3,0 | 2,5 |
| <i>F. crookwellense</i> | 3,7 | 2,1 | 7,3 |
| <i>F. culmorum</i> | 1,5 | 1,6 | 1,3 |
| <i>F. equiseti</i> | 3,3 | 3,3 | 1,7 |
| <i>F. graminearum</i> | 42,0 | 19,8 | 30,9 |
| <i>F. oxysporum</i> | 1,4 | 3,4 | 1,0 |
| <i>F. poae</i> | 2,9 | 5,6 | 1,3 |
| <i>F. proliferatum</i> | 7,9 | 13,0 | 11,2 |
| <i>F. sambucinum</i> | 0,1 | 0,0 | 0,0 |
| <i>F. semitectum</i> | 0,1 | 0,0 | 0,0 |
| <i>F. solani</i> | 0,0 | 0,1 | 0,1 |
| <i>F. sporotrichioides</i> | 0,3 | 0,3 | 0,7 |
| <i>F. subglutinans</i> | 20,1 | 24,1 | 13,4 |
| <i>F. tricinctum</i> | 0,1 | 1,1 | 0,6 |
| <i>F. venenatum</i> | 1,3 | 0,5 | 0,3 |
| <i>F. verticillioides</i> | 13,0 | 22,0 | 26,8 |
| % Körner mit Befall | 14 | 22 | 31 |
| Anzahl Isolate | 1355 | 2354 | 2774 |

n = Anzahl Proben

Gründe haben: Aus der Literatur ist einerseits bekannt, dass es Isolate derselben Art gibt, welche viel oder wenig Mykotoxine produzieren (Logrieco *et al.* 2007). Andererseits könnte es mit so genannten «maskierten» Mykotoxinen zusammenhängen (Berthiller *et al.* 2009). Diese sind lösliche Toxin-Komplexe, welche entweder während chemischer Prozesse in der Pflanze (z. B. Detoxifizierung), in Mikroben, im Pilz selber oder während der Lebensmittelverarbeitung gebildet oder als gebundene Komplexe in die Zellwand eingebaut werden. Durch verschiedene Prozesse wie z.B. der Verdauung können sie wieder in ihre ursprüngliche toxische Form zurückgebildet werden und damit gesundheitsschädlich sein. Somit können maskierte Toxine zum gesamten Toxinrisiko beitragen, obwohl sie nicht durch entsprechende Messungen erfasst werden. Solche Komplexe sind von DON, ZEN und FUM bekannt (Dall'Asta *et al.* 2008).

Suche nach den Befall beeinflussenden Faktoren

Der Schwerpunkt für die Identifikation der möglichen beeinflussenden Anbaufaktoren lag bei der am häufigsten vorhandenen Art *F. graminearum* (FG) und dem Mykotoxin DON. In Anlehnung an das Agroscope ART Weizen-Monitoring, bei welchem der deutliche Einfluss der Vorfrucht, der Bodenbearbeitung sowie ihrer Kombination auf den FG-Befall und die DON-Belastung gezeigt werden konnte (Vogelgsang *et al.* 2009), wurden diese Faktoren bei der Körnermais-Untersuchung ebenfalls betrachtet. Bei der Bodenbearbeitung wurde zwischen den Verfahren Pflug und Mulchsaat (Direktsaat inbegriffen) unterschieden, für den Vorfruchteffekt zwischen den Gruppen Getreide (Weizen und Gerste) und anderen Vorfrüchten (Mais, Kartoffeln, Soja, Sonnenblumen, Buntbrache, Kunstwiesen, Erbsen, Karotten). Für alle Daten und Jahre wurde einzig ein signifikanter Unterschied bei der Bodenbearbeitung gefunden. Weder die Vorfrucht alleine noch die Kombination Vorfrucht x Bodenbearbeitung ergaben signifikante Unterschiede. Körnermais-Proben von gepflügten Feldern wiesen im Vergleich zu Proben aus Mulchsaaten einen signifikant geringeren FG-Befall und DON-Gehalt auf (Abb. 3). Auch die Vor-Vorfrucht hatte für alle Daten und Jahre keinen Einfluss auf den FG-Befall und den DON-Gehalt. Im Jahr 2008 wiesen jedoch Proben, bei welchen eine Zwischenfrucht (meist Klee-Grasmischung) angebaut wurde, einen signifikant höheren FG-Befall und DON-Gehalt auf.

Spätere Erntetermine führten zu einem höheren Befall. Körnermaisproben, welche erst gegen Ende Oktober oder im November geerntet wurden, hatten einen signifikant höheren FG-Befall, DON- sowie ZEN-Gehalt als

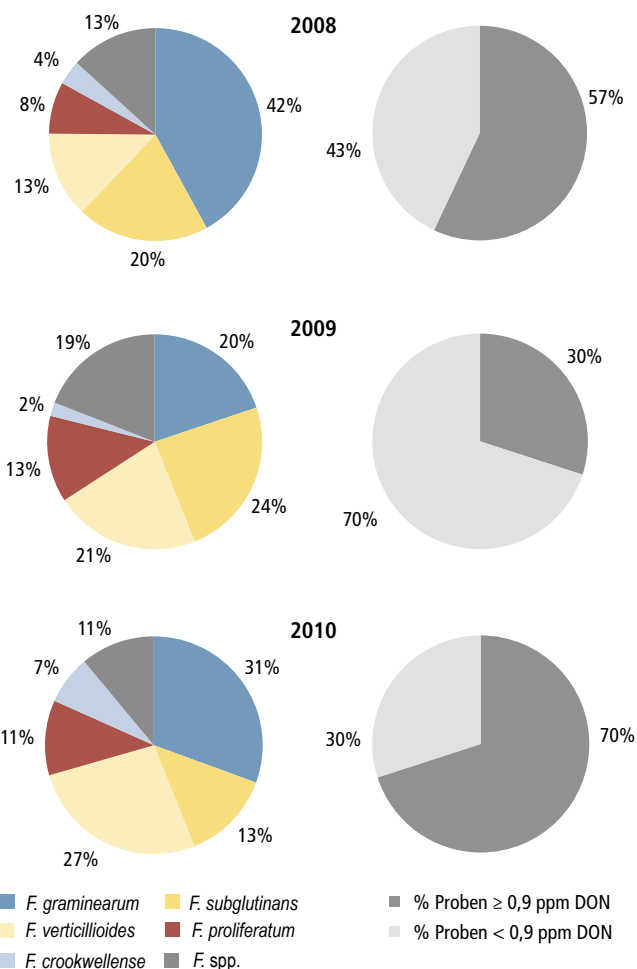


Abb. 2 | *Fusarium*-Artenspektrum und Häufigkeit des Artenvorkommens in befallenen Maiskörnern in den Jahren 2008 bis 2010 (linke Spalte), sowie der prozentuale Anteil der Körnermaisproben, welche den Deoxynivalenol Richtwert von 0,9 ppm überschritten haben (rechte Spalte). *F. spp.*: Summe aller anderen identifizierten *Fusarium*-Arten. *F. graminearum* v.a. Deoxynivalenol- und Zearalenon-Bildner, *F. verticillioides*, *F. subglutinans*, *F. proliferatum* Fumonisin-Bildner, *F. crookwellense* v. a. Deoxynivalenol- und Nivalenol-Bildner.

Proben, die Mitte September bis Mitte Oktober geerntet wurden. Dies wurde auch in anderen Feldstudien beobachtet (z. B. Blandino *et al.* 2009).

Da sehr viele Maissorten vorlagen, wurde der Sortenaspekt aufgrund der entsprechenden Reifegruppen (früh, mittelfrüh und mittelspät) analysiert. Frühe Sorten hatten einen signifikant geringeren Gehalt an DON und FUM als mittelspäte Sorten. Auf die ZEN-Belastung hatten die Reifegruppen jedoch keinen Einfluss.

In den Feldern, in denen Maiszünsler-Befall beobachtet wurde, lag der gesamte *Fusarium*-Befall signifikant höher als in den anderen Feldern. Es liess sich jedoch kein Einfluss auf die einzelnen *Fusarium*-Arten nachwei-

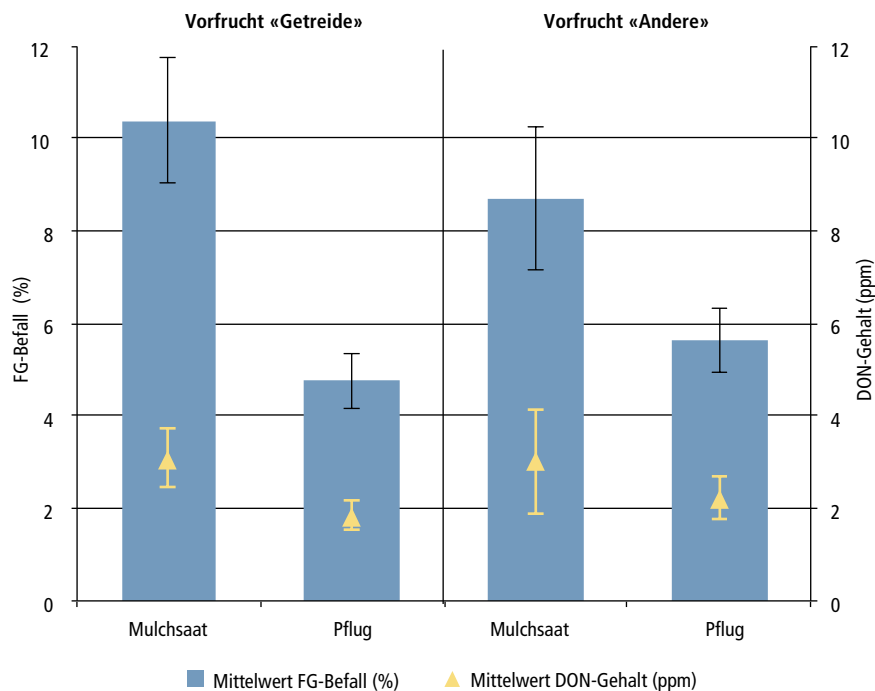


Abb. 3 | Einfluss der Vorfrucht und der Bodenbearbeitung auf den *F. graminearum*-Befall (FG, blaue Säulen) und die Belastung mit dem Mykotoxin Deoxynivalenol (DON, gelbe Dreiecke). Mittelwerte aus den Erntejahren 2008 bis 2010 mit Standardfehler als Mass der Variabilität. n = 289, Vorfrucht «Getreide» = Weizen, Gerste; Vorfrucht «Andere» = Mais, Kartoffeln, Soja, Sonnenblumen, Erbsen, Karotten.

sen, obwohl andere Studien zeigen konnten, dass Maiszünslerbefall zu einem stärkeren *F. verticillioides*-Befall führt (Blandino *et al.* 2009).

- Bei Verwendung des Körnermaises auf dem Hof sollte der Mais gut gereinigt werden, da Kümmerkörner und Bruchstücke stark mit Mykotoxinen belastet sein können.

Schlussfolgerungen

Im Vergleich zur Faktoren-Analyse bei Weizen mit einer klaren Ausrichtung auf die FG/DON-Problematik, ist die Analyse bei Körnermais viel komplexer. Mais wird von einer grösseren Zahl von *Fusarium*-Arten befallen, welche einander in ihrem Wachstum und in ihrer Mykotoxin-Produktion beeinflussen können. Die Witterung hat einen grossen Einfluss auf die Zusammensetzung des *Fusarium*-Arten- und Mykotoxinspektrums. Aufgrund der Resultate aus dem Körnermais-Monitoring 2008 bis 2010 sollten folgende Aspekte zur Vermeidung von FG-Befall und DON-Belastung beachtet werden:

- Das FG-Befalls- und das DON-Belastungsrisiko sind bei Mulchsaat grösser als bei gepflügten Feldern.
- Die Bekämpfung des Maiszünslers reduziert das *Fusarium*-Befallsrisiko.
- Die Ernte sollte so früh wie möglich durchgeführt werden.
- Der Anbau von frühen Sorten verringert aufgrund des früheren Erntetermins das DON-Belastungsrisiko.

Fazit und Ausblick

Da bei Körnermais häufig mit *Fusarium*-Befall gerechnet werden muss und sich das Mykotoxin-Risiko allein mit Anpassungen der Bodenbearbeitung und der Fruchtfolge nicht genügend vermindern lässt, sollte die *Fusarium*-Anfälligkeit der Maissorten möglichst gering sein. Um den Einfluss der Maissorten besser einschätzen zu können, sind Untersuchungen in den Körnermais-Sortenversuchen von Agroscope geplant. In Zusammenarbeit mit Agroscope ACW werden von verschiedenen Sorten Körnerproben genommen und diese auf ihren *Fusarium*-Befall und Mykotoxin-Gehalt untersucht. Durch die standardisierten Bedingungen (weniger diverse Anbaufaktoren, Wiederholungen) hoffen wir, das komplexe Zusammenspiel zwischen *Fusarium*-Befall und Mykotoxin-Belastung bei Körnermais noch besser zu verstehen und weitere Empfehlungen für die Praxis abgeben zu können. ■

Riassunto

Fusarium e micotossine nel mais da granella in Svizzera

Tra il 2008 e il 2010, la Stazione di ricerca Agroscope Reckenholz-Tänikon ART ha svolto il primo monitoraggio della contaminazione da micotossine su campioni di mais da granella svizzeri. L'obiettivo era di chiarire l'importanza delle diverse specie di *Fusarium* presenti e di valutare il rischio dovuto alla micotossina. Si trattava inoltre di identificare i fattori legati ai metodi colturali sull'infestazione ed elaborare raccomandazioni per evitare contaminazioni. L'esame di 289 campioni (da 14 cantoni) ha rivelato un tasso di *Fusarium* del 22 %. Ne sono state identificate 16 specie. Le più frequenti erano *Fusarium graminearum*, *F. subglutinans*, *F. verticillioides* e *F. proliferatum*. La nostra analisi ha indicato che le contaminazioni sono dovute soprattutto alla micotossina deossinivalenolo: nel 2008 e 2010, il 57 %, risp. il 70 % dei campioni di mais ha superato il valore indicativo di 0,9 ppm (complementi nutritivi e foraggi completi per suini). Nel 2009, il 30 % ha superato questo valore. La contaminazione da altre micotossine era molto inferiore. Nonostante la gravità dei dati, per ora si possono formulare solo raccomandazioni generali per evitare il rischio di contaminazione.

Literatur

- Berthiller F., Schuhmacher R., Gerhard A. & Krška R., 2009. Formation, determination and significance of masked and other conjugated mycotoxins. *Analytical and Bioanalytical Chemistry* **395**, 1243–1252.
- Blandino M., Reyneri A. & Vanara F., 2009. Effect of sowing time on toxicogenic fungal infection and mycotoxin contamination of maize kernels. *Phytopathology* **157**, 7–14.
- Dall'Asta C., Galcerà G., Aureli G., Dossena A. & Marchelli R., 2008. A LC-MS/MS method for the simultaneous quantification of free and masked fumonisins in maize and maize-based products. *World Mycotoxin Journal* **1**, 237–246.
- Desjardins A.E., 2006. *Fusarium* Mycotoxins, Chemistry, Genetics and Biology. St. Paul, APS, 260 S.
- Dorn B., Forrer H.R., Schürch S. & Vogelgsang S., 2009. *Fusarium* complex on maize in Switzerland: occurrence, prevalence, impact and mycotoxins in commercial hybrids under natural infection. *European Journal of Plant Pathology* **125**, 51–61.
- Dorn B., Forrer H.R., Jenny E., Wettstein F.E., Bucheli T.D. & Vogelgsang S., 2011. *Fusarium* species complex and mycotoxins in grain maize from maize hybrid trials and from grower's fields. *Journal of Applied Microbiology*, **11**, 693–706.
- Goertz A., Zuehlke S., Spiteller M., Steiner U., Dehne H., Waalwijk C., de Vries I. & Oerke E., 2010. *Fusarium* species and mycotoxin profiles on commercial maize hybrids in Germany. *European Journal of Plant Pathology* **128**, 101–111.
- Leslie J.F. & Summerell B.A., 2006. *The Fusarium Laboratory Manual*. Blackwell Publishing. Oxford, UK. 388 S.

Summary

Fusaria and mycotoxins in grain maize in Switzerland

Between 2008 and 2010, Agroscope Reckenholz-Tänikon ART conducted a first Swiss-wide monitoring of commercial grain maize samples. The aim was to determine the occurrence and impact of different *Fusarium* species in order to assess the potential risk of mycotoxin contamination. In addition, we evaluated the potential influence of different cropping factors in order to provide advice for growers on how to avoid high mycotoxin loads. 289 grain-maize samples from 14 cantons were analysed. Overall, 22 % of the grains were infected with *Fusarium* and 16 different species were identified. *Fusarium graminearum*, *F. subglutinans*, *F. verticillioides* and *F. proliferatum* were the most dominant species. In 2008 and 2010, 57 % and 70 % of the samples, respectively, exceeded the guidance value of 0,9 ppm deoxynivalenol (complementary and complete feedingstuffs for pigs). In 2009, 30 % of the samples exceeded this value. The levels of the other mycotoxins were substantially lower. Despite the extensive dataset, as of yet, only general recommendations can be defined with respect to influencing cropping factors that reduce the risk of mycotoxin contamination in grain maize.

Key words: maize, fusarium ear rot, mycotoxins, cropping factors.

- Logrieco A., Moretti A., Perrone G. & Mulè G., 2007. Biodiversity of complexes of mycotoxigenic fungal species associated with *Fusarium* ear rot of maize and *Aspergillus* rot of grape. *International Journal of Food Microbiology* **119**, 11–16.
- Munkvold G.P., 2003. Cultural and genetic approaches to managing mycotoxins in maize. *Annual Reviews of Phytopathology* **41**, 99–116.
- Nelson P.E., Tousson T.A. & Marasas W.F.O., 1983. *Fusarium* species: An Illustrated Manual for Identification. Pennsylvania State: University Press. 89 S.
- Picot A., Hourcade-Marcolla, Barreau C., Pinson-Gadais, Caron D., Richard-Forget F. & Lannou C., 2011. Interactions between *Fusarium verticillioides* and *Fusarium graminearum* in maize ears and consequences for fungal development and mycotoxin accumulation. *Plant Pathology*, DOI 10.1111/j.1365-3059.2011.02503.x, published online 13.7.2011.
- Reid L.M., Nicol R.W., Ouellet T., Savard M., Miller J.D., Young J.C., Stewart D.W. & Schaafsma A.W., 1999. Interaction of *Fusarium graminearum* and *F. moniliforme* in maize ears: disease progress, fungal biomass, and mycotoxin accumulation. *Phytopathology* **89**, 1023–1037.
- Scauflaire J., Mahieu O., Louvieux J., Foucart G., Renard F. & Munaut F., 2011. Biodiversity of *Fusarium* species in ears and stalks of maize plants in Belgium. *European Journal of Plant Pathology* **131** (1), 59–66.
- Vogelgsang S., Jenny E., Hecker A., Bänziger I. & Forrer H.R., 2009. Fusarien und Mykotoxine bei Weizen aus Praxis-Ernteproben. *Agrarforschung* **16** (7), 238–243.