

Pflanzen

Weniger Fusarien-Toxin durch geeignete Sortenwahl?

Andreas Hecker, Irene Bänziger, Effi Jenny, Hans-Rudolf Forrer und Susanne Vogelgsang, Agroscope FAL Reckenholz, Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau, CH-8046 Zürich
Gabriele Schachermayr, Institut für Biotechnologie, ETH-Hönggerberg, CH-8093 Zürich
Auskünfte: Andreas Hecker, E-Mail: andreas.hecker@fal.admin.ch, Fax +41 (0)1 377 72 01, Tel. +41 (0)1 377 74 03

Zusammenfassung

Anhand von Versuchen mit 20 Winterweizen-Sorten wurden die Auswirkungen einer Sporeneninfektion und einer semi-natürlichen Maisstroh-Infektion auf den Befall mit Fusarium-Pilzen und die Belastung mit dem Toxin Deoxynivalenol (DON) verglichen. Die Maisstroh-Infektion ahmte die Situation einer Weizen-Direktsaat nach Körnermais nach. Die Infektionsart hatte keinen Einfluss auf die Anfälligkeit für Ährenbefall der einzelnen Sorten. Jedoch stand die Toxinbelastung nur nach einer Maisstroh-Infektion in deutlicher Beziehung zum Ähren- beziehungsweise zum Körnerbefall. In den Körnern und im Stroh wurden, je nach Sorte und Jahr, hohe DON-Werte beobachtet, wobei die Toxin-Gehalte im Stroh gleich hoch oder höher waren als die Gehalte im Korn.

Seit einigen Jahren häufen sich in der landwirtschaftlichen Fachliteratur Berichte zum Thema Fusarien. Im Zentrum steht jeweils die Problematik der Mykotoxine, das heisst der Giftstoffe, die durch verschiedene Fusarium-Arten gebildet werden und die Gesundheit von Mensch und Tier gefährden. Beispiele für mutmassliche Vergiftungen durch Fusarientoxine finden sich schon im Altertum und können

Abb. 1. Während der Blüte ist das Getreide besonders anfällig für Fusarium-Infektionen. (Foto: Andreas Hecker, Agroscope FAL Reckenholz)



über Episoden aus dem Mittelalter bis in die jüngste Zeit erweitert werden. So wird zum Beispiel die Vermutung geäussert, dass Mozart an der Fusarium-Mykotoxikose Pellagra starb (Reiss 1998). Als wichtige Gründe für die aktuelle Zunahme der Fusarien werden hohe Maisanteile in Fruchtfolgen mit Weizen und die zunehmende Verbreitung der Minimalbodenbearbeitung angesehen.

In der Schweiz wurden in jüngerer Zeit bei Schweinen massive Probleme mit der Fruchtbarkeit beobachtet, nachdem die Tiere in neuen Aufstallungssystemen mit Stroh-Einstreu gehalten wurden: dutzende von Muttersauen verwarfen (Hege und Schmied 2001, Schmid 2002).

Zyklus und Symptome

Fusarien können alle Getreidearten, inklusive Mais, befallen. Der Pilz überdauert auf Pflanzenrückständen wie Stroh und Stoppeln. Die Weizenähren sind während der Blüte (Abb.1) am anfälligsten für eine Infektion. Dazu sind genügend hohe Temperaturen und Niederschläge oder zumindest eine hohe Luftfeuchtigkeit erforderlich.

Etwa zehn Tage nach der Infektion können die ersten Symptome an der Ähre beobachtet werden: einzelne Ährchen beginnen sich aufzuhellen, was zur so genannten «partiellen Taubährigkeit» führt. In den betroffenen Ährchen bilden sich keine oder nur kümmerliche Körner (Abb. 2), wodurch erheblicher Minderertrag resultiert. Oft ist an den befallenen Ährchen oder an der Ährenspindel ein rosa bis lachsroter Sporenbefall sichtbar.

Mykotoxine

Je nach Fusarium-Art werden unterschiedliche Toxine gebildet, wobei eine Getreideprobe mit mehreren Mykotoxinen belastet sein kann (Ellner 2001). Deoxynivalenol (DON) gehört zusammen mit Zearalenon zu den wichtigsten auf dem Feld gebildeten Mykotoxinen und gilt deshalb als Leittoxin. In Futterrationen für Schweine sollte der DON-Gehalt 1 mg/kg (=1 ppm) nicht überschreiten (Gutzwiller 2001). Für die menschliche Ernährung gilt in der Schweiz gemäss Verordnung über Fremdstoffe und Inhaltsstoffe in Lebensmitteln (anonym 2002) ebenfalls ein Toleranzwert von 1 mg/kg DON in Getreide (genuss- oder gebrauchsfertig). In Deutschland wurde der DON-Grenzwert für Getreidekörner zum direkten Verzehr und für verarbeitete Getreideerzeugnisse vor kurzem auf 0,5 ppm gesenkt (anonym 2004).

Sortenversuche

Um abzuklären, ob man mit der Sortenwahl einem hohen My-

kotoxin-Gehalt in den Ernteprodukten Körner und Stroh vorbeugen kann, wurden von 1999 bis 2002 Winterweizen-Sortenversuche durchgeführt. Während je drei Jahren sind 18 bis 21 Sorten in Versuchen mit vier respektive 1999 mit drei Wiederholungen auf ihre Fusariumanfälligkeit geprüft worden. Die Sporen-Inokulation wurde von 1999 bis 2001 (Jenny *et al.* 2000), die Maisstroh-Infektion von 2000 bis 2002 verwendet.

Die **Sporen-Inokulationen** wurden in getrennten Blöcken mit Sporensuspensionen von *F. graminearum* beziehungsweise *F. culmorum* durchgeführt. Die Sporendichte lag bei etwa 2,3 mal 100'000 Sporen/ml. Da das Sortenspektrum alle Reifegruppen abdeckte und die Sorten somit zu unterschiedlichen Zeitpunkten blühten, infizierten wir zwischen Beginn Ährenschoben und Ende Blüte alle Sorten zwei bis vier Mal im Abstand von zwei bis vier Tagen. So war gewährleistet, dass jede Sorte mindestens ein Mal in einem anfälligen Stadium infiziert wurde. Da sich herausstellte, dass die einzelnen Sorten bezüglich Befallsstärke und Mykotoxinbildung sehr ähnlich auf den Befall durch *F. graminearum* beziehungsweise *F. culmorum* reagierten, wird nachfolgend nicht mehr zwischen den beiden Fusariumarten unterschieden.

Um die Sortenanfälligkeiten auch unter möglichst natürlichen Verhältnissen testen zu können, wie sie nach einer Weizen-Direktsaat nach Körnermais vorliegen, haben wir in den Jahren 2000 bis 2002 **Maisstroh** aus Mais-Sortenversuchen etwa zehn Zentimeter lang gehäckselt und in die Winterweizen-Sortenversuche gestreut. Das Maisstroh stammte von Sorten, die sich als anfällig für Stängelfäule erwiesen haben. Um sicher zu stellen, dass genügend Inokulum auf dem Mais-

stroh vorhanden war, wurde das Stroh vor dem Verteilen mit einer *F. graminearum*-Sporensuspension besprüht (etwa 1,3 mal 10 Millionen Sporen/ml) und zwei Wochen an einem von Frost geschützten Ort bei Tageslicht gelagert. Pro Quadratmeter Versuchsfläche haben wir, je nach Jahrszeit und Verfügbarkeit, zwischen 0,3 bis 1,1kg Stroh ausgestreut.

Ährenbefall

Jeweils Ende Juni bis Anfang Juli haben wir anhand der Taubährigkeit den Fusariumbefall jeder Sorte bestimmt. Dazu wurde der Anteil der aufgehellten Ährenoberfläche nach der Sporen-Infektion geschätzt beziehungsweise der Anteil der Ährchen, die ganz oder teilweise ausgebleicht waren, nach der Maisstroh-Infektion ermittelt.



Abbildung 3A zeigt den Anteil befallener, ausgebleichter Ährchen nach **Maisstroh-Infektion** der Jahre 2000 und 2002. Im Jahr 2001 war der Befall aufgrund der Witterung so gering, dass keine Zählung möglich war. Deutlich zeigt sich, dass zwischen den Sorten grosse Unterschiede in der partiellen Taubährigkeit bestehen. Anhand dieses Befalls unter «natürlichen»

Abb. 2. Kümmerkörner von Ähren mit Fusarium-Befall (links) und gesunde, voll ausgebildete Weizenkörner (rechts). (Foto: Andreas Hecker, Agroscope FAL Reckenholz)

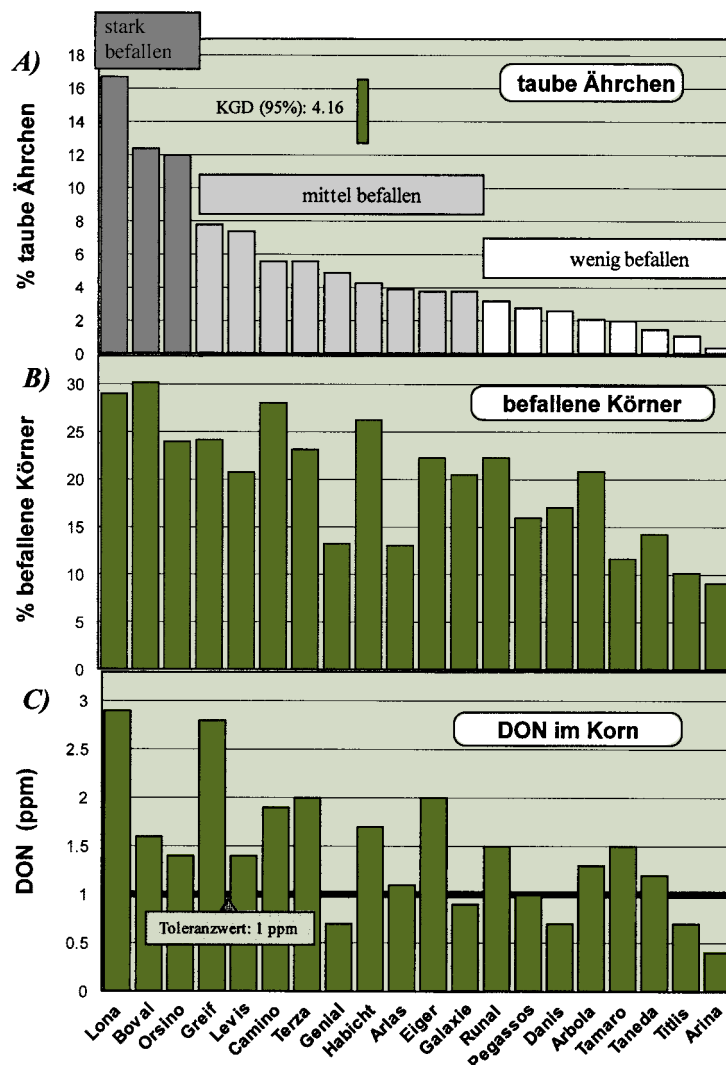


Abb. 3. Befall mit *Fusarium graminearum* und DON-Belastung einiger Winterweizen-Sorten nach halbnatürlicher Infektion durch Ausbringen von mit Fusarium infiziertem Maisstroh im Herbst: 3A: Anteil tauber (ausgebleichter) Ährchen (2000 und 2002), 3B: Anteil befallener Körner (2000 bis 2002), 3C: DON-Gehalt im Korn (2000 bis 2002). KGD = kleinste gesicherte Differenz

Infektionsbedingungen haben wir drei Befallsgruppen gebildet: wenig befallene Sorten mit 0 bis 3 % Befall, mittel und stark befallene Sorten mit 4 bis 8 % beziehungsweise über 8 % Befall.

Aus den Versuchen mit **Sporen-Infektion** 1999 bis 2001 ergab sich, bei deutlich höherem Befallsniveau, bezüglich Sortenanfälligkeit beziehungsweise Taubährigkeit (Abb. 4A) eine ähnliche Rangfolge wie nach den Maisstroh-Infektionen.

Bezüglich visuell beurteiltem Ährenbefall reagierten somit die meisten Sorten bei beiden Infektionsarten fast gleich, was durch die gute Korrelation von $r = 0,79$ bestätigt wird.

Befall der Körner

In Gesundheitstests mit oberflächen-sterilisierten Körnern auf Agarplatten wurde der Fusariumbefall auf den Körnern ermittelt. Durch Bestimmen und Auszählen der auf dem Nährmedium gewachsenen Pilzkolonien wurden die beteiligten Arten und deren Anteil am Befall festgestellt. In unseren Versuchen fanden wir vor allem *Fusarium graminearum*. Andere Fusariumarten traten nur vereinzelt auf.

Durch den hohen Krankheitsdruck waren nach Sporen-Infektion bei allen Sorten die Körner zu fast 100 % befallen. Bei Maisstroh-Infektion hingegen wurden zwischen den einzelnen Sorten grosse Unterschiede im Körnerbefall gefunden

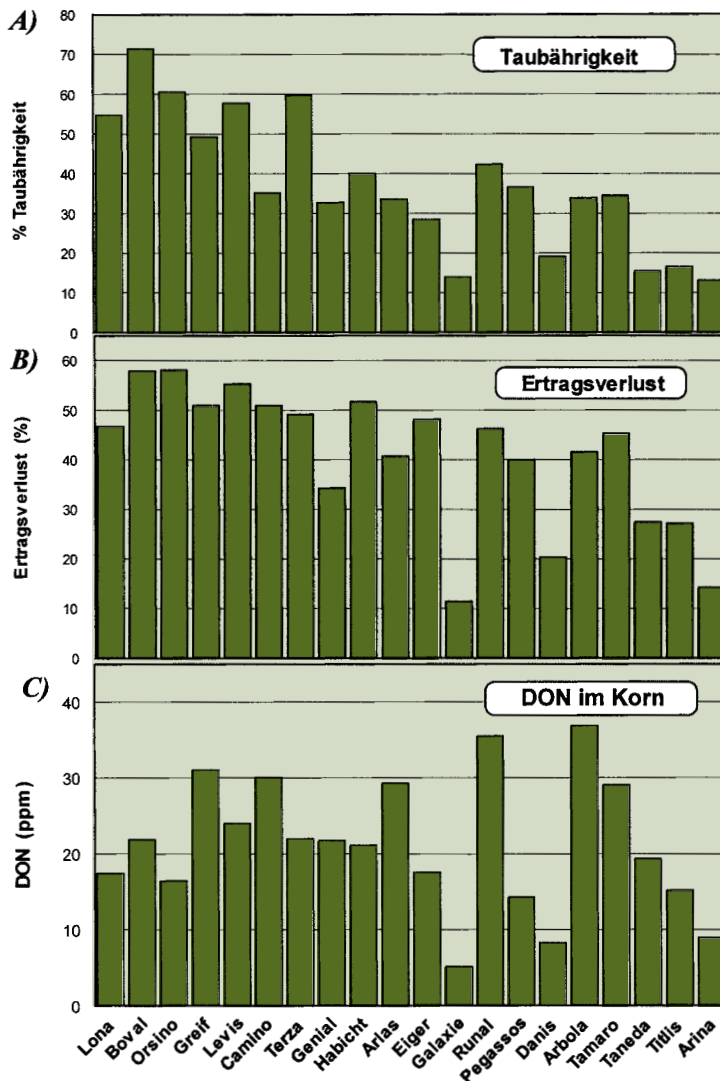
(Abb. 3B). Die Sortenreihenfolge des Körnerbefalls entspricht im Wesentlichen derjenigen des Ährenbefalls. Grössere Abweichungen beobachteten wir jedoch bei den Sorten Génial und Arlas mit mittlerem Ährenbefall und einem geringen Anteil befallener Körner. Die Beziehung zwischen dem Anteil befallener, tauber Ährchen und dem Anteil befallener Körner ist mit einem Korrelationskoeffizient von $r = 0,75$ recht eng.

DON-Gehalt der Körner

Neben dem Fusarium-Befall wurde der Gehalt des Mykotoxins DON in den Körnern bestimmt. Für den ELISA-Test benützten wir bis zum Jahr 2000 das EZ-Quant Vomitoxin (DON) Plate Kit (Diagnostix, Mississauga, Kanada), ab 2001 den Ridascreen Fast DON-Kit (R-Biopharm, Darmstadt, De). Ein Teil der Proben wurde mit chemischer Analyse (GC-MS) von Agroscope Liebefeld-Posieux (ALP), der Eidgenössischen Forschungsanstalt für Nutztiere und Landwirtschaft in Posieux, untersucht. Beim Vergleich der Methoden stellte sich heraus, dass die ELISA-Werte für DON im Korn etwa um den Faktor 1,7 und im Stroh um den Faktor 3 über denjenigen der chemischen Analyse liegen. Entsprechend haben wir die ELISA-Werte umgerechnet.

Bei der **Maisstroh-Infektion** entsprach die Sorten-Rangfolge der DON-Gehalte der Körner (Abb. 3C) ungefähr derjenigen des Ähren- beziehungsweise des Körnerbefalls. Das bedeutet, dass in der Regel bei einer Sorte mit wenig Fusariumbefall auch die DON-Belastung geringer war. Es gab aber einige Ausnahmen: Tamaro zum Beispiel wies bei relativ geringem Befall einen erstaunlich hohen DON-Gehalt auf, während Boval und Orsino mit sehr hohem Befall entgegen der Erwartung eher wenig DON enthielten. Der Anteil befallener

Abb. 4. Befall mit *Fusarium graminearum* (4A), Ertragsverlust (4B) und DON-Gehalte im Korn (4C) von Winterweizensorten nach Infektion mit Sporensuspension zum Zeitpunkt der Weizenblüte (1999 bis 2001; Habicht und Pegassos wurden nur in den Jahren 2000 und 2001 geprüft). Sortenreihenfolge wie in Abbildung 3.



Körner war mit dem DON-Gehalt recht eng korreliert ($r = 0,73$), während die Beziehung zwischen dem Anteil befallener Ährchen und dem DON-Gehalt im Korn etwas schlechter war ($r = 0,63$).

Dass diese Ergebnisse den Verhältnissen in der Praxis entsprechen, wurde in einer Untersuchung von 2001 bis 2003 von Proben aus landwirtschaftlichen Betrieben bestätigt, die Agroscope FAL Reckenholz, die Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau, und die Zentralstelle für Pflanzenschutz des Kantons Aargau durchgeführt haben. Im Durchschnitt wurden in Körnern von Winterweizen mit Direktsaat nach Körnermais bei anfälligen Sorten 1,9 ppm und bei wenig anfälligen Sorten 0,8 ppm DON gemessen.

Nach **Sporen-Infektion** (1999 bis 2001) wurden mit bis zu 37 ppm DON, je nach Sorte, sehr hohe Toxinwerte gemessen (Abb. 4C). Die DON-Gehalte der Körner hatten nur einen geringen Bezug zum Ährenbefall ($r = 0,39$). Durch die Infektion mit einer Sporensuspension werden natürliche Gegebenheiten wie zum Beispiel die Sortenarchitektur wie Halmlänge und Blattabstand und die daraus resultierenden Unterschiede im Mikroklima der verschiedenen Sorten umgangen und die Sporen gelangen in hoher Konzentration direkt auf die Ähren. Somit bestehen deutlich veränderte Verhältnisse gegenüber den Praxisbedingungen. Dies könnte ein Grund dafür sein, dass zwischen den beiden Infektionsarten die Sortenanfälligkeiten für Ährenbefall ähnlich waren ($r = 0,79$; siehe oben), die DON-Belastungen hingegen relativ schlecht übereinstimmten ($r = 0,41$).

DON-Gehalte im Stroh

In den Jahren 2001 und 2002 haben wir auch den DON-Gehalt im Weizenstroh aus den Versu-

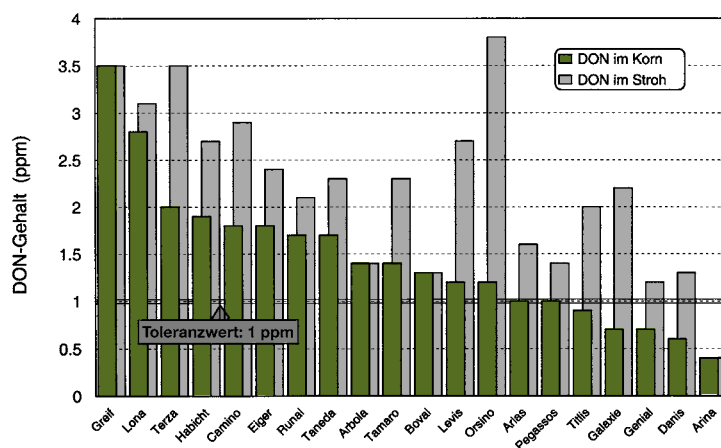


Abb. 5. Deoxynivalenol-Gehalte im Korn und im Stroh von Winterweizensorten nach Maisstroh-Infektion (2001 und 02).

chen mit Maisstroh-Infektion analysiert. Während im fast befallsfreien Jahr 2001 die Toxin Gehalte im Stroh kaum in einer Beziehung zum DON-Gehalt im Korn lagen ($r = 0,44$), war die Korrelation 2002 (starker Befall) recht eng ($r = 0,73$).

Zu beachten ist das hohe DON-Niveau im Stroh (Abb. 5): im Mittel der Jahre 2001 und 2002 lag nur Arina unter 1 ppm, während die übrigen Sorten fast bis zu 4 ppm DON aufwiesen. In allen Sorten fand sich im Stroh ebensoviel oder zum Teil massiv mehr Toxin als im Korn.

Ertragsverluste nach Sporen-Inokulation

Der durch die Sporen-Inokulation (1999 bis 2001) hervorgerufene starke Fusarium-Befall äusserte sich in einer hohen Taubährigkeit. Das bedeutet, dass ein grosser Anteil der Ährchen keine oder nur schwach ausgebildete Körner entwickelte, was sich natürlich in einem entsprechend hohen Ertragsverlust niederschlug. Dieser lag je nach Sorte zwischen etwa 10 % und 60 % (Abb. 4B) und war sehr gut mit der Taubährigkeit korreliert ($r = 0,87$).

Witterungseinfluss

Die drei Jahre, in denen wir Maisstroh-Infektionen durchführten, haben gezeigt, dass die Befallssituation je nach Jahr und Witterung völlig anders aussehen kann. Im nassen Jahr 2002

trat starker Befall auf, während er im Jahr zuvor so schwach war (Abb. 6), dass wir nicht einmal eine Feld-Bonitur vornehmen konnten.

Entsprechend der Höhe des Befallsniveaus in einem Jahr (Anteil befallener Ährchen beziehungsweise Körner) verhielt sich jeweils auch der Toxin Gehalt im Erntegut (Abb. 6). 2001 fanden wir in Körnern und Stroh nur tiefe DON-Werte: bei keiner Sorte wurde im Korn über 0,6 ppm gemessen. Im günstigen «Fusariumjahr» 2002 hingegen lag der Gehalt nur bei Arina unter 1 ppm, während die übrigen Sorten Werte bis über 6 ppm aufwiesen.

Die Menge des ausgebrachten Maisstrohs spielte offensichtlich kaum eine Rolle, denn im Jahr 2001 mit sehr schwachem Befall brachten wir mit 0,55 kg/m² die doppelte Menge aus als im Jahr 2000 mit mittlerem Befall. Im Jahr 2002 wurden etwa 1,1 kg Maisstroh pro Quadratmeter dem Versuchsfeld verteilt, was knapp derjenigen Menge entsprechen dürfte, die in der Praxis nach dem Dreschen von Körnermais zurück bleibt. Mit den günstigen Wetterbedingungen kam es dann zum erwähnten starken Befall. Auch Obst (1997) vermutet, dass für das *F. graminearum*-Befallsgeschehen weniger die Inokulationsituation als vielmehr die nötige besondere Witterungskonstellation begrenzend sei.

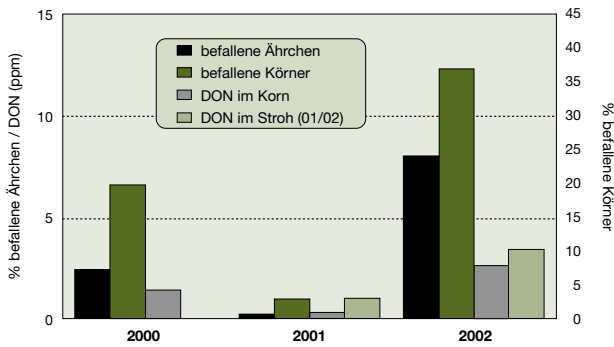


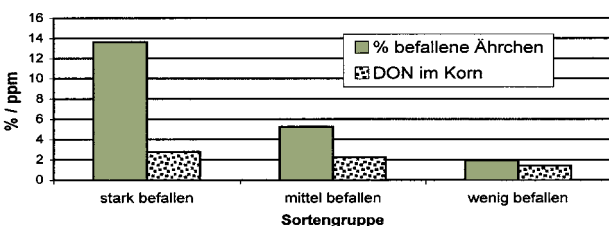
Abb. 6. Befall mit *Fusarium graminearum* von Ähren und Körnern, sowie DON-Belastung von Korn und Stroh nach Maisstroh-Infektion in den Jahren 2000 bis 2002 (Mittel von 20 Winterweizen-Sorten).

Hoher Befall = viel DON?

Der Vergleich der Maisstroh- mit der Sporeninfection zeigt, dass beide Infektionsarten zu einem ähnlichen Resultat bezüglich Anfälligkeit auf sichtbaren Ährenbefall der einzelnen Sorten führten. Aus dieser Taubährigkeit kann aber nur bedingt auf die Belastung der Körner mit DON geschlossen werden ($r = 0,63$). Die Ursache des Ausbleichens beruht auf einer vollständigen oder teilweisen Unterbrechung der Leitbahnen in der Ährenspindel, was zu schlechter Kornausbildung führt. Das bedeutet aber nicht zwangsläufig, dass alle betroffenen Ährchen vom Fusariummyzel auch wirklich erreicht worden sind. Beck *et al.* (1997) konnten keinen klaren Zusammenhang zwischen Schmachtkornbildung und *F. graminearum*-Befall beziehungsweise DON-Gehalt im Korn erkennen. Es gibt Berichte, nach denen die Körner aus ausgebleichten Ährchen zwar schlecht ausgebildet, aber weniger mit Mykotoxinen belastet sein können als normal aussehende Körner (Tischner und Doleschel 2003).

So ist die schlechte Beziehung zwischen Ährenbefall und DON-Gehalt im Korn nach Sporeninfection vielleicht darauf zurückzuführen, dass durch den sehr hohen Befallsdruck in kur-

Abb. 7. Verhältnis zwischen dem Anteil befallener Ährchen und dem DON-Gehalt im Korn nach Maisstroh-Infektion (2000 und 2002). Dargestellt ist das Mittel der Sortengruppen, die wenig, mittel respektive stark befallen sind.



zer Zeit viele Ährchen abstarben und sich der Pilz dort nicht weiter entwickelte. Folglich wurde gerade bei Sorten mit hohem Befall im Verhältnis wenig DON gebildet (Abb. 4).

Im Vergleich zu Taubährigkeit und Toxinbildung konnten wir eine bessere Beziehung zwischen dem Anteil befallener Körner und dem DON-Gehalt im Korn feststellen ($r = 0,73$). Es ist aber offenbar nicht so, dass jedes befallene Korn auch mit Mykotoxinen belastet sein muss. Hart *et al.* (1984) vermuteten, dass die DON-Bildung erst einsetzt, wenn der Pilz in das Korn eingedrungen ist und nicht bereits, wenn das Myzel darüber wächst. Über die nötigen Bedingungen für die Ausbreitung des Pilzes und die Toxinbildung im Korn liegen aber noch wenige Erkenntnisse vor (Obst, A. und Bechtel 2000; Tischner und Doleschel 2003). Es scheint, dass die Toxinbildung vor allem durch Feuchtperioden gefördert wird, wobei der Einfluss der Temperatur bisher nicht vollständig klar ist.

Ist es möglich, aufgrund des sichtbaren Ährenbefalls im Feld den voraussichtlichen Toxin-Gehalt der Körner zu schätzen? Aus unseren Sortenversuchen mit Maisstroh-Infektion lassen sich folgende Tendenzen ablesen: das Verhältnis zwischen Ährenbefall und dem DON-Gehalt im Korn nimmt mit abnehmender Sortenanfälligkeit ab (Abb. 7). Es lag im Mittel bei den stark anfälligen Sorten bei etwa 4,9, bei den mittel anfälligen bei 2,5 und bei den wenig anfälligen bei 1,3. Das bedeutet, dass bei geringerer Sortenanfälligkeit der Ährenbefall zwar stark zurückging, der DON-Gehalt aber nicht in gleich starkem Mass reduziert wurde. Im Gegensatz zum Ährenbefall zeigte sich beim Vergleich des Körnerbefalls mit dem DON-Gehalt kaum ein Un-

terschied zwischen den Anfälligkeitsgruppen. Das Verhältnis lag bei 14,4, das heisst, dass nach unseren Ergebnissen bei einem Anteil von 14,4 % befallenen Körnern ein DON-Gehalt von 1 ppm resultiert.

Empfehlungen für die Praxis

Die bisher gängige Methode der Fusarium-Sortenprüfung mittels Sporeninfection scheint den natürlichen Verhältnissen nur teilweise gerecht zu werden. Zwar stimmte der sichtbare Ährenbefall der einzelnen Sorten bei Sporen- und Maisstrohinfektion weitgehend überein, die DON-Belastung der Körner stand jedoch nur nach Maisstroh-Infektion in einem engeren Zusammenhang zum Befall. Das Toxin-Belastungspotenzial der einzelnen Sorten sollte also in Versuchen mit natürlichen oder zumindest semi-natürlichen Infektionen ermittelt werden.

Unter ähnlichen Bedingungen wie sie in der Praxis bei Winterweizen-Direktsaat nach Körnermais herrschen, fanden wir in den Ernteprodukten Körner und Stroh bedeutende Mykotoxin-Gehalte, die sich jedoch je nach Sorte beträchtlich unterschieden: wird der Toxin-Gehalt der am stärksten belasteten Sorte demjenigen der am wenigsten belasteten Sorte gegenüber gestellt, ergibt sich eine Reduktion von 86 %. Andere an der FAL durchgeführte Fusarium-Versuche ergaben, dass die DON-Gehalte mit Fungizidbehandlungen im besten Falle um etwa 70 % gesenkt werden können (Forrer *et al.* 2000). Somit kommt der Sortenwahl eine entscheidende Bedeutung zu.

Visuelle Fusarium-Bonituren und die darauf basierende Einteilung der Sorten bezüglich Fusariumanfälligkeit eignen sich nur bedingt für zuverlässige Schätzungen des zu erwartenden DON-

Gehalts der Sorten. Brauchbare Vorhersagen des sortenspezifischen Toxin-Gehalts erlaubt hingegen die Bestimmung des Fusariumbefalls der Weizenkörner im zeitaufwändigen Labor-Gesundheitstest. Die tatsächliche Belastung kann jedoch nur mit einer direkten Analyse des Toxingehalts erfasst werden.

Auf Betrieben mit Aufstallungssystemen, in denen die Tiere, insbesondere Schweine, bedeutende Mengen vom eingestreuten Stroh aufnehmen können, sollte besonders darauf geachtet werden, aus welcher Anbaumethode und von welcher Sorte das Stroh stammt.

Die Sortenwahl, insbesondere bei reduzierter Bodenbearbeitung nach Mais, sollte aufgrund des DON-Belastungspotenzials der Sorten geschehen (Abb. 3C). Arina ist nicht nur bezüglich Ähren- und Körnerbefall sondern auch bei der DON-Belastung sehr gut geeignet.

Literatur

■ Anonym, 2002. Verordnung des EDI über Fremd- und Inhaltsstoffe in Lebensmitteln vom 26. Juni 1995 (Stand 21. Mai 2002). Eidg.

Departement des Innern. Anhang 5: Liste der Höchstkonzentrationen (Toleranz- und Grenzwerte) für mikrobielle Toxine.

■ Anonym, 2004. Verordnung zur Änderung der Mykotoxin-Höchstmengenverordnung und der Diätverordnung 04.02.2004.

■ Beck R., Lepeschy J. und Obst A., 1997. Gefahr aus der Maisstoppel. *DLG-Mitteilungen* **119** (5), 34-38.

■ Ellner F.M., 2001. Fusarium-Toxine in Getreide – Vorkommen und Vermeidungsstrategien. 13. Wissenschaftliche Fachtagung 7.11.2001. In: Schriftenreihe des Lehr- und Forschungsschwerpunktes Umweltverträgliche und Standortgerechte Landwirtschaft, Universität Bonn, Band 92, 14-22.

■ Forrer H.R., Hecker A., Külling C., Kessler P., Jenny E. und Krebs H., 2000. Fusarienbekämpfung mit Fungiziden? *Agrarforschung* **7** (6), 258-263.

■ Gutzwiller A., 2001. Mykotoxinschäden beim Schwein vermeiden. RAP aktuell 2/2001. Eidg. Forschungsanstalt für Nutztiere, Posieux, 1-4.

■ Hart L.P., Pestka J.J. and Liu M.T., 1984. Effect of kernel development and wet periods on production of deoxynivalenol in wheat infected with *Gibberella zeae*. *Phytopathology* **74** (12), 1415-1418.

■ Hege R. und Schmied D., 2001. Mykotoxine - ein ernst zu nehmendes Problem. *Die Grüne* **137** (5), 10-17.

■ Jenny E., Hecker A., Kessler P., Külling C. und Forrer H.R., 2000. Getreidefusariosen: Sortenresistenz und Toxingehalte. *Agrarforschung* **7** (6), 270-273.

■ Obst A., 1997. Zur Epidemiologie und Bekämpfung von *F. graminearum* und *F. culmorum* - Erkenntnisse aus den Rahmenplanversuchen Nr. 955. Bodenkultur und Pflanzenbau, Sondernummer 1/97. Bayerische Landesanstalt für Bodenkultur und Pflanzenbau, München, 3-5.

■ Obst A. und Bechtel A., 2000. Witterungsvoraussetzungen für den Ährenbefall des Weizens mit *Fusarium graminearum*. Bayerische Landesanstalt für Bodenkultur und Pflanzenbau, *Bodenkultur und Pflanzenbau* **4** (3), München, 81-88.

■ Schmid B., 2002. Weniger Gefahr mit trockenem Stroh. *Die Grüne* **138** (14), 8-11.

■ Tischner H. und Doleschel P., 2003. Einflussfaktoren auf den Befall und die Toxinbildung durch Ährenfusariosen an Weizen. *Getreide Magazin* **8** (2), 68-74.

■ Reiss J., 1998. Schimmelpilze. Springer-Verlag, 216-224.

RÉSUMÉ

Moins de toxines de fusariose grâce à un choix de variétés judicieux?

Des essais en champs (1999 à 2002) avec 20 variétés de blé d'automne ont été réalisés afin de comparer l'influence des inoculations artificielles (application de suspensions de spores durant la floraison) et des inoculations semi-naturelles (étalement de paille de maïs attaquée par *Fusarium graminearum* en automne) quant à l'atteinte par les fusarioses et les teneurs en déoxynivalénol (DON). L'inoculation par la paille du maïs a été utilisée pour imiter le semis direct de blé avec du maïs grain comme culture précédente. Pour une variété donnée, le choix de la méthode d'inoculation n'a pas fortement changé le degré de sensibilité à l'infection de l'épi. Cependant, seules les inoculations par la paille de maïs ont permis de mettre en évidence des corrélations étroites entre la teneur en DON et l'infection de l'épi ou des grains. Suivant la variété et l'année, des teneurs élevées en DON ont été trouvées dans les grains et la paille. Dans la paille, les teneurs en toxines était égales ou supérieures à celles détectées dans les grains.

SUMMARY

Less fusarium toxins by choosing the right varieties?

In field experiments in 1999 to 2002, using 20 winter wheat varieties, the effects of artificial inoculations (application of spore suspensions at flowering) and semi-natural inoculations (spreading of *Fusarium graminearum*-colonised maize straw after sowing in autumn) on Fusarium head blight incidence and DON contamination were investigated. The maize straw method was used to mimic direct seeding with the pre-crop grain maize. For a given variety, the choice of inoculation method did not strongly alter the observed degree of susceptibility to ear infestation. However, only maize straw inoculations led to a rather close correlation between the toxin content and ear or grain infestation. Depending on the variety and the year, high contents of DON occurred in both grains and straw. In straw, the toxin contents were as high or exceeded those detected in grains.

Key words: *Fusarium graminearum*, wheat, varieties, inoculation, mycotoxin, DON