

Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Institut für Ökotoxikologie und Ökochemie im Pflanzenschutz, Berlin

Einfluss von Fungiziden auf die Mykotoxinproduktion in Weizen – ein Kurzsüme der Arbeiten am Institut*)

Effect of fungicides on mycotoxin production in wheat – a short summary of the work done in the institute

Frank M. Ellner

Zusammenfassung

Ausgehend von den umfangreichen Daten aus den fünf Jahre lang durchgeführten Untersuchungen zum Auftreten von Fusariumtoxinen in Erntegetreide Deutschlands wurden Strategien entwickelt zur Reduktion bzw. Vermeidung von Mykotoxinen in Getreide. Empfohlen wird eine effiziente Bodenbearbeitung zur Minderung des Infektionsdruckes, Vermeidung enger Fruchtfolgen und speziell von Mais als Vorfrucht, den Anbau gering anfälliger Getreidesorten und den exakt terminierten Einsatz von Fungiziden. Für die Fusariumbekämpfung zugelassene Fungizide erzielten bei Anwendung zur Blüte eine durchschnittliche Reduktion des Befalls mit Ährenfusariosen und der Mykotoxinbildung von 50 %. Im Gegensatz dazu führte der Einsatz von Strobilurin-haltigen Fungiziden in frühen Wachstumsphasen sehr oft zu erhöhten Mykotoxingehalten in Weizenkörnern. Die Ursachen hierfür konnten bisher noch nicht ausreichend geklärt werden.

Aus Getreideproben, die sowohl mit Deoxynivalenol als auch Nivalenol belastet waren, wurden Isolate von *F. graminearum* gewonnen, die eindeutig als NIV- bzw. DON-Chemotypen beschrieben werden konnten. Diese Isolate unterschieden sich nicht in ihrer Empfindlichkeit gegenüber Triazol-Fungiziden, weder im Agar-Plattentest noch im Feldversuch.

Stichwörter: Mykotoxin, Weizen, Deoxynivalenol, Fusarium-Chemotypen, Strobilurine

Abstract

Utilizing the extensive data generated during the five years mycotoxin survey program strategies have been developed to reduce or prevent mycotoxin formation in cereals which includes tillage management, crop rotation, wheat variety, and fungicide use. The effect of fungicides on mycotoxin production has been evaluated. Fungicides recommended for Fusarium control prevent Fusarium Head Blight and deoxynivalenol formation by approximately 50 % if applied at blossom. On the contrary, strobilurins containing fungicides may lead under certain circumstances to increased mycotoxin concentrations after application in early developmental stages. The reason for this effect is still under dispute.

F. graminearum isolates, obtained from nivalenol and deoxynivalenol contaminated wheat samples, have been investi-

gated to belong either to the NIV- or DON-chemotype. No difference could be found according the susceptibility of these isolates to triazole fungicides neither in the agar-plate test nor under field conditions.

Key words: Mycotoxin, wheat, deoxynivalenol, Fusarium-chemotype, strobilurins

Getreide und Getreideprodukte gehören zu den wichtigsten Bestandteilen der Ernährung eines großen Teiles unserer Bevölkerung. Der Produktion gesundheitlich unbedenklicher Produkte kommt deshalb eine große Bedeutung zu. Getreide kann sowohl im Feld als auch im Lager von einer Reihe wichtiger Schadpilze befallen werden, die sowohl zu quantitativen wie auch qualitativen Verlusten führen können. Auf dem Feld sind es vor allem Vertreter der Gattung *Fusarium*, wie z.B. *F. graminearum* Schwabe, *F. culmorum* (W. G. Smith), *F. poae* (Peck) Wollenw., *F. avenaceum* (Fr.) Sacc. und *F. sporotrichoides*, die das Krankheitsbild der „partiellen Taubährigkeit“ – im angelsächsischen Sprachgebrauch als „Fusarium head blight“ oder „scab“ bezeichnet – verursachen. Die Krankheitssymptome an den reifen Körnern sind leicht zu erkennen. Es kommt zu fleckartigen Verbräunungen an den Spelzen und im fortgeschrittenen Stadium zum Ausbleichen der oberen Ährenabschnitte, wenn durch den Befall der Spindel die Versorgung dieser Bereiche mit Nährstoffen unterbunden wurde. Die Krankheit kann sowohl den Ertrag durch die Verminderung der Kornanzahl oder des Korngewichtes reduzieren, den ernährungsphysiologischen Wert und die Backqualität negativ beeinflussen und durch die Anreicherung der von diesen *Fusarium*-Arten gebildeten Mykotoxine sogar zu einer gesundheitlichen Gefährdung der Verbraucher führen.

In den vergangenen Jahren kann eine Zunahme der Fusariuminfektion in Getreide festgestellt werden, die mit hoher Wahrscheinlichkeit auf die immer enger werdende Fruchtfolge mit hohem Getreideanteil und vor allem auf den gestiegenen Anteil an Mais in der Fruchtfolge zurückzuführen ist. In Jahren mit ungünstigen Witterungsbedingungen, kann es zur massiven Ausbreitung der Pilze in der Ähre und somit zur erhöhten Bildung von Mykotoxinen und in Extremfällen sogar zu einer Überschreitung der gesetzlich festgelegten Mykotoxin-Höchstmengen kommen. Zur Bekämpfung von Fusarien an Weizen sind in Deutschland die Mittel Caramba, Folicur, Fandango, Juwel, Proline, Pronto Plus und Swing Gold zugelassen. Die Wirksamkeit

*) Herrn Direktor und Professor Prof. Dr. agr. Dr. habil. W. PESTEMER zum 65. Geburtstag gewidmet.

der Mittel hängt sehr vom Anwendungszeitpunkt ab. Der Wirkungsgrad einer Behandlung ist umso größer, je näher diese am Zeitpunkt der Infektion erfolgt. Schon die Abweichung um 2 Tage vom Optimum kann zu einem Wirkungsverlust von ca. 20 % führen (SUTY und MAULER-MACHNIK, 1996).

Obwohl zum Teil schon lange im Einsatz, wird der Effekt von Fungiziden auf den Befall mit Ährenfusariosen und die Mykotoxinbildung kontrovers diskutiert. GAREIS und CEYNOWA (1994) beschrieben die Förderung der Nivalenolproduktion in Weizen nach Behandlung mit Matador, einer Mischung aus Tebuconazol und Triadimenol. Unterschiedliche Wirkungen von Fungiziden auf ausgewählte *F. culmorum*-Isolate aus verschiedenen Ländern Europas erzielten MAGAN et al. (2002). Während die Wirkung der getesteten Fungizide immer gegeben war, konnten je nach den gewählten Versuchsbedingungen reduzierte oder auch erhöhte Deoxynivalenolkonzentrationen in Weizen nachgewiesen werden. Im Gegensatz dazu gibt es Untersuchungen, bei denen in Weizen eine gute Fusariumkontrolle bei gleichzeitiger Reduktion der Mykotoxinkontamination durch den Einsatz von Triazolfungiziden erzielt werden konnte (SUTY und MAULER-MACHNIK, 1996; JENNINGS et al., 2000). Sehr unterschiedlich wird auch der Effekt Strobilurin-haltiger Fungizide auf die Mykotoxinproduktion in Getreide diskutiert. OBST et al. (1997) bewerten den Einsatz von Strobilurinen vor der Blüte als Risikofaktor für die Mykotoxinbelastung im Getreideanbau, während MATTHIES et al. (2000) keine negativen Effekte feststellen konnten, sondern bei Applikation in die Blüte Befallsminderungen und reduzierte Deoxynivalenol (DON)-Werte erhielten.

In den vergangenen acht Jahren wurden am Institut für Ökotoxikologie und Ökochemie im Pflanzenschutz der BBA umfangreiche Ergebnisse zu verschiedensten Fragestellungen, die das Vorkommen von Mykotoxinen, deren Bildung und Vermeidung betreffen, erarbeitet. Das von 1998 bis 2001 durchgeführte Untersuchungsprogramm zum Vorkommen von Fusariumtoxinen in Erntegetreide Deutschlands ergab einen guten Überblick über die Belastungssituation des Getreides mit Mykotoxinen und ermöglichte eine Ranking der Faktoren, die die Mykotoxinproduktion maßgeblich beeinflussen (ELLNER, 2000, 2001, 2002). Daraus abgeleitet wurden Strategien für die Landwirte zur Risikominderung des Auftretens von Mykotoxinen im Getreide, beinhaltend die Wahl geeigneter Sorten mit niedriger Fusariumanfälligkeit, die Vermeidung enger Fruchtfolgen mit hohem Mais und Getreideanteil, die Minimierung von Infektionsquellen und Inokulum durch eine geeignete Bodenbearbeitung und den gut terminierten Einsatz wirksamer Fungizide. Aus den an vielen Standorten in Deutschland durchgeführten Freilandversuchen zur Wirkung von Fungiziden ergaben sich keine Anhaltspunkte, dass die zur Bekämpfung von Ährenfusariosen in Weizen zugelassenen Mittel eine verstärkte Mykotoxinproduktion induzieren. Durch eine einmalige Behandlung zur Blüte jeweils mit der empfohlenen Aufwandmenge konnte im Durchschnitt eine 50%ige Reduktion des DON-Gehaltes in Winterweizen erreicht werden. Eine Differenzierung zwischen den Mitteln Caramba, Pronto Plus oder Folicur hinsichtlich ihres Effektes auf den Fusariumbefall oder der Bildung von Mykotoxinen war nicht gegeben (Tab. 1).

Tab. 1. Reduktion von DON-Gehalt und Fusariumbefall in Winterweizen nach Applikation zugelassener Fungizide in Versuchen an mehreren Standorten

Behandlung	Anzahl Versuche	DON (%)	Ährenbefall (%)
Folicur (1,0 l/ha)	18	42	51
Pronto Plus (1,5 l/ha)	12	57	62
Caramba (1,5 l/ha)	10	50	56

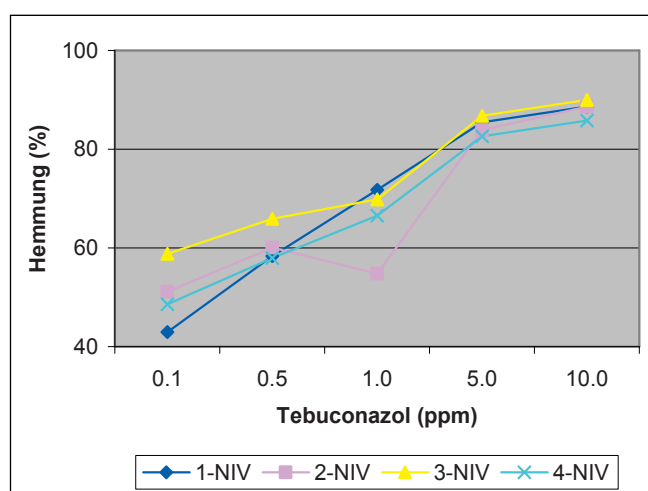
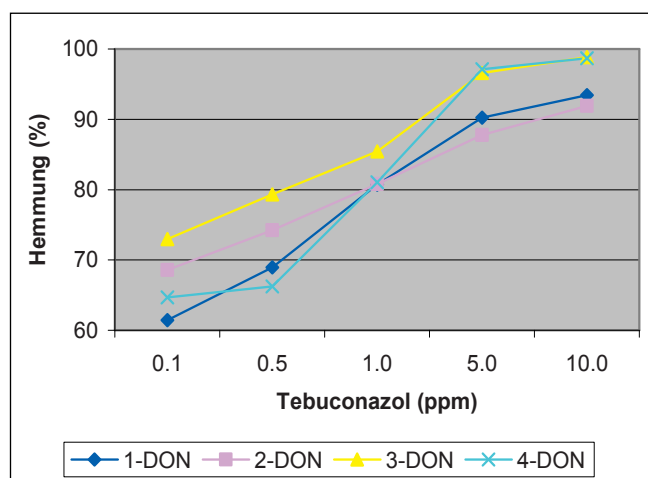


Abb. 1 und 2. Einfluss von Tebuconazol auf das Wachstum von *F. graminearum*-Isolaten des DON- bzw. NIV-Chemotyps auf künstlichem Nährmedium.

Aus den immer häufiger aufgetretenen Proben, in denen Nivalenol nachzuweisen war, gelang es Einzelisolate von *F. graminearum* zu gewinnen, die eindeutig unterschiedlichen Chemotypen zugeordnet werden konnten. Während die einen Nivalenol produzierten, war der andere Teil zur Bildung von Deoxynivalenol befähigt. Bei Wachstum auf künstlichem Weizenschrotmedium produzierten alle Vertreter der beiden Chemotypen Zearalenon und dessen Alkohole, allerdings in sehr verschiedenen Konzentrationen. Eine unterschiedliche Empfindlichkeit der Isolate gegenüber Tebuconazol, was eine mögliche Erklärung für die von GAREIS und CEYNOWA (1994) beschriebenen Effekte nach Einsatz von Matador sein könnte, war nicht nachzuweisen. Isolate beider Chemotypen zeigten im Agar-Plattentest die gleiche konzentrationsabhängige Wachstumskurve (Abb. 1 und 2).

Im Feldversuch konnten nach künstlicher Sprühinokulation mit einem Isolatgemisch aus beiden Chemotypen in den mit Triazolen behandelten Parzellen beide Gruppen paritätisch reisoliert werden, und die Toxinkonzentrationen lagen deutlich unter denen der unbehandelten Kontrolle.

Strobilurin-haltige Fungizide besitzen neben dem breiten Wirkungsspektrum einen deutlich ausgeprägten physiologischen Effekt auf die Getreidepflanze, auch als „Greening-Effekt“ beschrieben, der sich in Ertragssteigerungen niederschlägt. Mit diesen Mitteln können wichtige Krankheiten im Getreide bekämpft werden (die sich stärker ausbreitende Resistenzbildung soll hier nicht diskutiert werden), allerdings besitzen sie keine ausgewie-

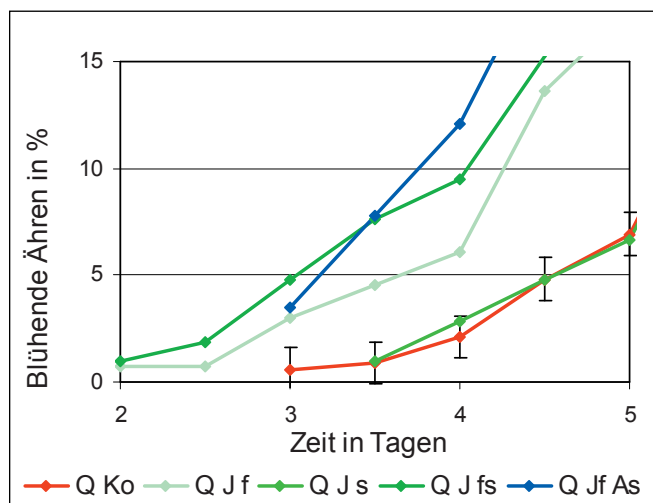


Abb. 3. Einfluss von Juwel Top auf den Blühbeginn der Sorte Quattro. Die Anzahl blühender Ähren an 16 Pflanzen pro Variante wurde zweimal täglich gezählt. Juwel Top (J, grün) bzw. Amistar (A, blau) wurden früh (f) [BBCH-Code: 31/32], spät (s) [51–59] oder früh und spät (fs) gespritzt. Ko (rot) ist die unbehandelte Kontrolle. Die vertikalen Balken geben den Standardfehler des Mittelwertes der Kontrollvarianten an (n = 3).

sene Wirksamkeit gegenüber Fusarien. Unsere vielfältigen Untersuchungen haben gezeigt, dass es durch die Anwendung von Strobilurinen unter Feldbedingungen zu einer verstärkten Mykotoxinbildung im Getreidekorn kommen kann. Dieser Effekt kann über viele Weizensorten hinweg und unter verschiedensten Bedingungen reproduziert werden (ELLNER, 2005). Die Ursachen hierfür sind allerdings noch weitgehend ungeklärt. In Gewächshausversuchen unter standardisierten Bedingungen konnten wir einen Einfluss der Strobilurine auf das Blühverhalten des Weizens nachweisen. Zwei Sorten Sommerweizen (Quattro und Nandu) mit leicht unterschiedlicher Fusariumanfälligkeit wurden früh [BBCH-Code: 31/32], spät [51–59] oder früh und spät mit zwei verschiedenen Strobilurinen behandelt: mit Azoxystrobin, gespritzt als Amistar, und mit Kresoxim-methyl als Kombination mit Epoxiconazol und Fenpropimorph in Juwel Top. Während der Blüte wurde über infizierte Haferflocken mit *F. graminearum* und *F. culmorum* inokuliert. Die Bestimmung der Infektionsstärke über den Gehalt an Ergosterol und des DON-Gehaltes ergab im Vergleich zu den unbehandelten Kontrollen nach der frühen Strobilurin-Behandlung innerhalb beider Sorten einen Anstieg für beide Größen zwischen 3 und 162 Prozent. Während beide Sorten ein gleichwertiges Infektionsniveau aufwiesen, waren in der für Fusarien anfälligeren Sorte Nandu deutlich niedrigere DON-Gehalte nachweisbar.

Bei den Untersuchungen des Blühvorganges zeigten sich innerhalb beider Sorten Veränderungen bei Strobilurin-behandelten Pflanzen: Die frühe Spritzung mit Juwel Top bewirkte eine eindeutige Vorverlegung des Blühbeginns (Abb. 3). Bezüglich der Blühdauer, der allein Auswirkungen auf den Infektionsprozess zugeschrieben werden könnten, waren jedoch keine Veränderungen festzustellen.

Die Untersuchungen zum Blühverhalten des Weizens, dem Infektionsprozess und des Einflusses von Fungiziden werden am Institut fortgeführt.

Literatur

- ELLNER, F. M., 2000: Occurrence of Fusarium toxins in the 1999's harvest. *Mycotoxin Research* **16**(1), 21–25.
- ELLNER, F. M., 2001: Fusarium toxins in cereals – results from eight German Federal States in 2000. *Mycotoxin Research* **17** A (1), 41–44.
- ELLNER, F. M., 2002: Fusarium-Toxine in Getreide, Vorkommen und Vermeidungsstrategien. Tagungsband der 13. und 14. wissenschaftlichen Fachtagung: Fusarium-Befall und Mykotoxinbelastung von Getreide; Schadverdichtung von Ackerböden. 14–22.
- ELLNER, F. M., 2005: Results of long-term field studies into the effect of strobilurin containing fungicides on the production of mycotoxins in several winter wheat varieties. *Mycotoxin Research* **21**(2), 112–115.
- GAREIS, M., J. CEYNOWA, 1994: Einfluss des Fungizids Matador (tebuconazole/triadimenol) auf die Mykotoxinbildung durch Fusarium culmorum. Influence of the fungicide Matador (tebuconazole/triadimenol) on mycotoxin production by Fusarium culmorum. *Zeitschrift für Lebensmittel-Untersuchung und -Forschung* **198**, 244–48.
- JENNINGS, P., J. TURNER, P. NICHOLSON, 2000: Overview of fusarium ear blight in the UK – effect of fungicide treatment on disease control and mycotoxin production. The BCPC Conference: Pests and diseases, Volume 2. Proceedings of an international conference held at the Brighton Hilton Metropole Hotel, Brighton, UK, 13–16 November 2000.
- MAGAN, N., R. HOPE, A. COLLEATE, E. S. BAXTER, 2002: Relationship between growth and mycotoxin production by Fusarium species, biocides and environment. *European Journal of Plant Pathology* **108**.7, 685–90.
- MATTHIES, A., B.-H. MENCK, H. BLEIHOLDER, 2000: Untersuchungen zur Wirksamkeit von Strobilurinhaltigen Fungiziden im Vergleich zu Azolen auf den Gehalt an Deoxynivalenol (DON) in Weizenproben des Erntejahres 1999 – Erste Erkenntnisse –. *Gesunde Pflanzen* **52**, 26–32.
- OBST, A., J. LEPSCHY-VON GLEISSENTHALL, R. BECK, 1997: On the etiology of Fusarium head blight of wheat in South Germany – preceding crops, weather conditions for inoculum production and head infection, proneness of the crop to infection and mycotoxin production. *Cereal Research Communications* **25**.3, 699–703.
- SUTY, A., A. MAULER-MACHNIK, 1996: Ährenfusariose an Weizen – Neue Erkenntnisse zur Epidemiologie und Bekämpfung von Gibberella zeae, der Hauptfruchtform von Fusarium graminearum mit Folicur. *Pflanzenschutz-Nachrichten Bayer* **49**, 55–68.

Kontaktanschrift: Dr. Frank M. Ellner, Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Institut für Ökotoxikologie und Ökochemie im Pflanzenschutz, Königin-Luise-Str. 19, 14195 Berlin, Deutschland, E-Mail: f.ellner@bba.de