

# Anbaufaktoren beeinflussen Fusarien und Mykotoxine in Schweizer Gerste

Torsten Schirdewahn<sup>1</sup>, Fabio Mascher<sup>2</sup>, Thomas D. Bucheli<sup>1</sup>, Mario Bertossa<sup>2</sup>, Tomke Musa<sup>1</sup>, Felix E. Wettstein<sup>1</sup>, Beat Keller<sup>3</sup> und Susanne Vogelgsang<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Agroscope, Institut für Nachhaltigkeitswissenschaften INH, 8046 Zürich, Schweiz

<sup>2</sup>Agroscope, Institut für Pflanzenbauwissenschaften IPB, 1260 Nyon 1 / 6593 Cadenazzo, Schweiz

<sup>3</sup>Universität Zürich, Institut für Pflanzen- und Mikrobiologie, 8008 Zürich, Schweiz

Auskünfte: Torsten Schirdewahn, E-Mail: torsten.schirdewahn@agroscope.admin.ch



Ein Gerstenfeld ist signifikant häufiger mit Fusarien (rechts) befallen, wenn im Vorjahr Mais angebaut und aufs Pflügen verzichtet wurde. (Fotos: Torsten Schirdewahn, Agroscope)

## Einleitung

Die Ährenfusariose ist eine der gefährlichsten Getreidekrankheiten, die durch verschiedene *Fusarium*-Arten ausgelöst wird, wobei *Fusarium graminearum* (Schwabe; Teleomorph: *Gibberella zeae* Schwein, [Petch]) die dominanteste Art weltweit ist (Parry *et al.* 1995). Eine Infektion mit Fusarien führt zu Ernteverlusten und zur Kontamination mit verschiedenen Pilzgiften (Mykotoxinen), vor allem aus der Gruppe der Trichothecene (Deoxynivalenol, Nivalenol, T-2-Toxin und HT-2-Toxin), oder dem Mykoöstrogen Zearalenon, welche die Gesundheit von Menschen und Tieren schädigen können (Xu und Berrie 2005). Die Europäische Kommission erliess 2006 Höchstwerte für Mykotoxine, z. B. für Deoxynivalenol ( $1250 \mu\text{g kg}^{-1}$ ) und Zearalenon ( $100 \mu\text{g kg}^{-1}$ ) in unver-

arbeitetem Getreide, die von der Schweiz übernommen wurden. Für Futtergetreide gelten für Deoxynivalenol und Zearalenon derzeit nur Richtwerte (The European Commission 2006).

Um einer Infektion mit Fusarien und damit einer Kontamination mit Mykotoxinen entgegen zu wirken, gibt es verschiedene Bekämpfungsstrategien: Kulturmassnahmen (Czaban *et al.* 2015), biologische Bekämpfung (Schisler *et al.* 2002) sowie Fungizide (Tateishi *et al.* 2014). Dennoch kann nur ein integriertes Management, u. a. bestehend aus Sortenwahl, Fruchtfolge und der Applikation von Fungiziden basierend auf Prognosesystemen, das Risiko einer Fusarieninfektion verringern.

Fusarien wurden in der Schweiz vor allem auf Weizen (*Triticum aestivum* L.) und Mais (*Zea mays* L.) untersucht (Vogelgsang *et al.* 2009; Musa *et al.* 2011), aber wenig ist über das Vorkommen auf Gerste (*Hordeum vulgare* L.) bekannt.

Die Ziele dieses zweijährigen Monitorings waren, das Fusarien- und Mykotoxinspektrum in kommerziell angebauten Gerstenproben zu erfassen und die gesammelten Daten zu nutzen, um befallsbeeinflussende Anbaufaktoren zu erkennen.

## Material und Methoden

### Probennahme und -aufbereitung

Durch die Unterstützung der kantonalen Pflanzenschutzdienste wurden aus den Jahren 2013 und 2014 insgesamt 440 Gerstenproben und dazugehörige agronomische Daten (Sorte, Bodenbearbeitung, Fruchtfolge etc.) erfasst. Zur Bestimmung des Fusarien- und Mykotoxinspektrums wurden repräsentative Teilproben von 6 g beziehungsweise 150 g entnommen. Die verschiedenen Fusarien-Arten wurden mikroskopisch nach Leslie und Summerell (2006) identifiziert. Die 150-g-Proben wurden zermahlen (Siebgrösse 1 mm) und das Mehl bis zur wei-

teren Analyse bei  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  gelagert. Alle Mehlproben wurden mittels LC-MS/MS (Liquid-Chromatografie-Tandem-Massenspektrometrie) auf die Mykotoxine Typ-A- (u. a. T-2-Toxin und HT-2-Toxin) und Typ-B-Trichothecene (u. a. Deoxynivalenol und Nivalenol) analysiert.

### Statistische Auswertung

Um Einflussfaktoren auf den Befall mit *F. graminearum* (FG) und den Gehalt an Deoxynivalenol (DON) zu finden, wurde eine multiple lineare Regression durchgeführt. Die Mittelwerte von FG und DON wurden durch ein- und mehrfaktorielle Varianzanalysen analysiert, gefolgt von einem Tukey-Test ( $\alpha = 0,05$ ), um signifikante Unterschiede zwischen den potenziell beeinflussenden Anbaufaktoren zu finden. Zur Annäherung an eine Normalverteilung und Varianzhomogenität wurden die FG-Daten arcsin-Wurzel- und die DON-Daten logarithmisch transformiert.

## Resultate und Diskussion

### Vorkommen von Fusarien und Mykotoxinen

Insgesamt wurden in beiden Jahren neun verschiedene Fusarien-Arten identifiziert, von denen FG mit 58 % die dominierende Art war, gefolgt von *F. avenaceum* (30%) und *F. poae* (7%). Andere Arten kamen mit 1% oder weniger vor (Abb. 1). Der durchschnittliche Befall mit den drei häufigsten Fusarien war in beiden Jahren sehr gering (Tab. 1).

Die Mykotoxinanalyse via LC-MS/MS zeigte, dass DON in beiden Jahren das Haupttoxin war. Die Resultate der restlichen Typ-A- und Typ-B-Trichothecene wurden deshalb nicht in die Analyse einbezogen.

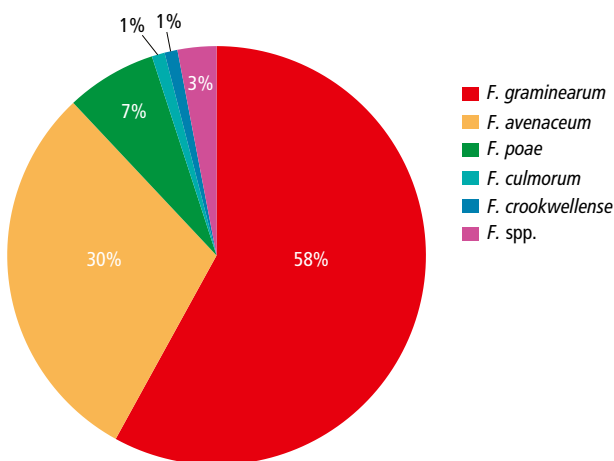


Abb. 1 | Anteil verschiedener Fusarien-Arten in Schweizer Gerstenproben von 2013 und 2014 (*F. spp.*: Fusarium-Arten mit einem Anteil von < 1%, Anzahl Proben = 440)

### Zusammenfassung

Die Analyse von 440 Gerstenproben aus den Jahren 2013 und 2014 und der dazugehörigen agronomischen Daten (Sorte, Bodenbearbeitung, Fruchtfolge etc.) ergab, dass das Vorkommen des Pilzes *Fusarium graminearum* und des Mykotoxins Deoxynivalenol in Gerste durch verschiedene Anbaufaktoren beeinflusst wird. Nicht nur Einzelfaktoren, sondern die Kombination aus verschiedenen Faktoren, z. B. Vorfrucht und Bodenbearbeitung, müssen berücksichtigt werden, um das Befallsrisiko zu reduzieren. Daher sollte stets das gesamte Produktionssystem untersucht werden, um Einflussfaktoren zu erkennen. Dabei ist nicht die Art des Anbausystems (biologisch, extensiv, gemäss ökologischem Leistungsnachweis ÖLN) entscheidend, sondern die Unterschiede innerhalb der Anbausysteme. Den stärksten befallsfördernden Effekt zeigte die Vorfrucht Mais. Die Kombination mit anderen Faktoren, wie reduzierter Bodenbearbeitung oder dem Anbau von Mais in zwei aufeinanderfolgenden Jahren, verstärkten diesen Effekt. Es zeigte sich zudem, dass Sommergerste im Vergleich zu Wintergerste weniger stark befallen war. In Proben, die ohne Fungizide und Wachstumsregulatoren oder mit verhaltener Stickstoffdüngung angebaut wurden, waren Befall und Mykotoxinkonzentrationen geringer.

Die durchschnittliche DON-Belastung betrug 2013 und 2014 jeweils  $235\text{ }\mu\text{g kg}^{-1}$  bzw.  $47\text{ }\mu\text{g kg}^{-1}$ . Die höchsten DON-Gehalte in den Jahren 2013 und 2014 waren  $4860\text{ }\mu\text{g kg}^{-1}$  beziehungsweise  $1725\text{ }\mu\text{g kg}^{-1}$ . Der Grenzwert für DON für unverarbeitetes Getreide ( $1250\text{ }\mu\text{g kg}^{-1}$ ) wurde 2013 bei neun Proben (3%) und 2014 bei einer Probe (< 1%) überschritten.

### Agronomische Einflussfaktoren

In beiden Jahren konnten Unterschiede zwischen den drei Anbausystemen biologisch (Bio,  $n = 42$ ), extensiv (Extensio,  $n = 173$ ) und mit ökologischem Leistungsnachweis (ÖLN,  $n = 225$ ) festgestellt werden. Dabei zeigte sich, dass Proben aus ÖLN-Anbau signifikant ( $p < 0,001$ ) mehr FG-Befall und eine höhere DON-Belastung aufwiesen (Tab. 2). Die geringsten Werte von FG und DON wurden im Bio-Anbau ermittelt.

**Tab. 1 |** Mittlerer Befall mit *F. graminearum* (FG), *F. avenaceum* (FA) und *F. poae* (FP) in Schweizer Gerstenproben 2013 und 2014 (n = Anzahl Proben)

| Jahr | n   | Durchschnittlicher Befall mit Fusarium-Arten (%)<br>± 95%-Vertrauensintervall |           |           |
|------|-----|---|-----------|-----------|
|      |     | FG  | FA        | FP        |
| 2013 | 280 | 3,8 ± 1,8   | 1,8 ± 0,3 | 0,2 ± 0,1 |
| 2014 | 160 | 2,4 ± 1,3   | 1,0 ± 0,3 | 1,9 ± 0,2 |

Weiterhin zeigten Wintergerste-Proben im Durchschnitt einen signifikant ( $p < 0,001$ ) höheren FG-Befall (3,1%) und DON-Gehalt ( $180 \mu\text{g kg}^{-1}$ ) im Vergleich zu Sommergerste-Proben (0,8%,  $39 \mu\text{g kg}^{-1}$ ; Tab. 2). Möglicherweise fördert die längere Vegetationsperiode von Wintergerste die Fusarien-Entwicklung und Toxinbildung, jedoch konnte keine Korrelation zwischen Vegetationsdauer und FG-Befall oder DON-Gehalt festgestellt werden. Die Sommergerstensorte Quench wies den geringsten Pilz-Befall (0,6%) und DON-Gehalt ( $30 \mu\text{g kg}^{-1}$ ) auf, wurde aber ausschliesslich unter Biobedingungen angebaut, weshalb auch andere Faktoren (Bodenbearbeitung, Fruchtfolge etc.) zu einer geringeren Belastung geführt

**Tab. 2 |** Einfluss des Anbausystems, der Gerstenart und der Fungizid-Wirkgruppe auf den Befall mit *F. graminearum* (FG) und den Deoxynivalenol (DON)-Gehalt in Schweizer Gerstenproben 2013 und 2014, n = Anzahl Proben, Mittelwerte mit gleichen Buchstaben sind statistisch nicht voneinander verschieden ( $p < 0,05$ ).

| Anbaufaktor                | n   | FG-Befall (%)               | DON ( $\mu\text{g kg}^{-1}$ ) |
|----------------------------|-----|-----------------------------|-------------------------------|
| <b>Anbausystem</b>         |     | Mittelwert (Standardfehler) |                               |
| ÖLN                        | 225 | 4,4 (0,5) a                 | 246,8 (33,4) a                |
| Extenso                    | 173 | 3,8 (0,3) b                 | 92,4 (16,8) b                 |
| Bio                        | 42  | 0,5 (0,2) b                 | 23,8 (4,0) c                  |
| <b>Art</b>                 |     |                             |                               |
| Wintergerste               | 394 | 3,2 (0,3) a                 | 179,5 (20,8) a                |
| Sommergerste               | 46  | 0,8 (0,2) b                 | 39,1 (11,7) b                 |
| <b>Fungizid-Wirkgruppe</b> |     |                             |                               |
| Triazole und Strobilurine  | 71  | 6,2 (0,5) a                 | 333,8 (32,7) a                |
| nur Strobilurine           | 15  | 3,7 (0,2) ab                | 189,3 (12,0) ab               |
| nur Triazole               | 126 | 3,6 (0,2) b                 | 214,3 (20,5) b                |
| kein Fungizid              | 228 | 1,4 (0,2) c                 | 83,2 (11,0) c                 |

ÖLN = ökologischer Leistungsnachweis

haben könnten. Die Wintersorten Meridian und Zoom wiesen den höchsten FG-Befall (5,3% bzw. 3,7%) und die höchste DON-Kontamination ( $300 \mu\text{g kg}^{-1}$ ) auf.

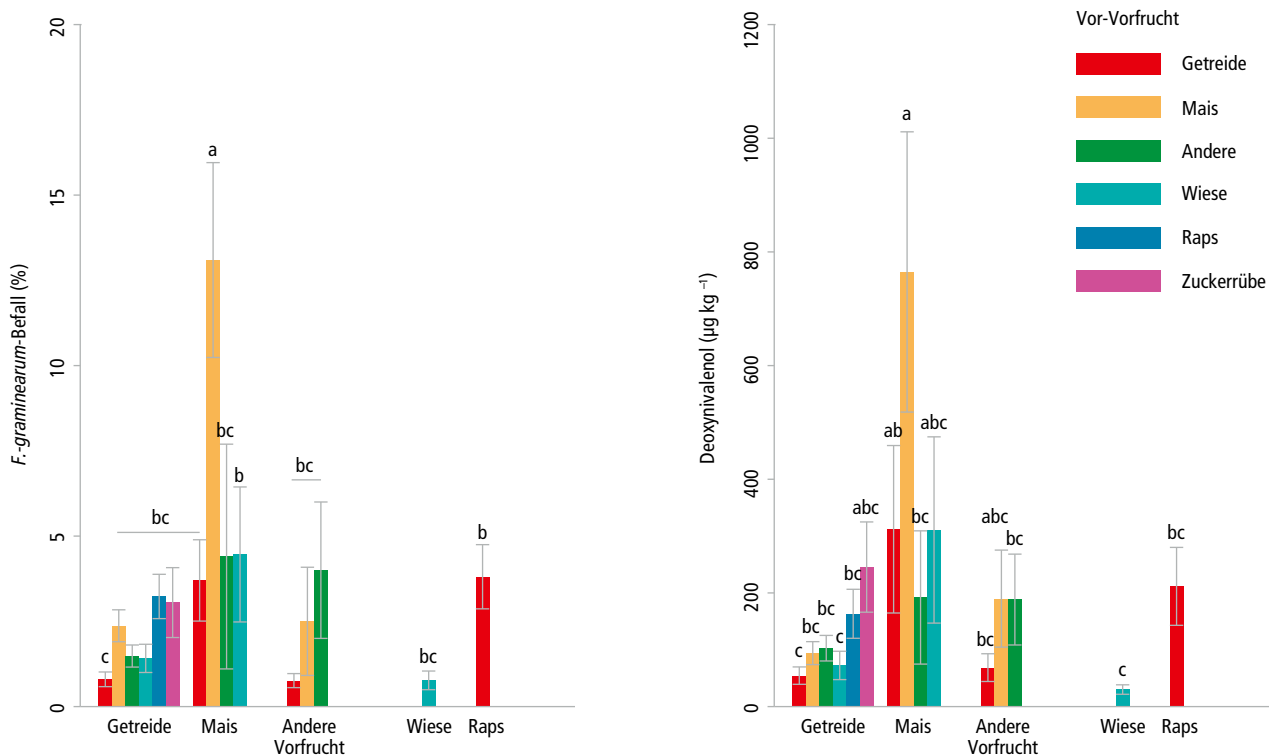
Insgesamt wurden nur vier Sorten (Caravan, Cassia, Meridian und Semper) in allen drei Produktionssystemen angebaut, weshalb die Daten mit Vorsicht interpretiert werden müssen. Diese vier Sorten zeigten unter Bio-Bedingungen den geringsten FG-Befall und den tiefsten DON-Gehalt. Um die Sorten unter gleichen Anbaubedingungen zu vergleichen, untersuchten wir Proben aus Agroscope-Sortenversuchen, konnten aber aufgrund des allgemein sehr geringen Befalls keine Unterschiede feststellen.

Unsere Ergebnisse zeigten, dass Mais als Vorfrucht eine zentrale Rolle spielt und eine Infektion mit FG und damit höhere DON-Gehalte begünstigt. Im Vergleich zu anderen Vorfrüchten führte der Anbau von Mais vor Gerste zu einem signifikant ( $p < 0,001$ ) höheren FG-Befall (7,3%) und DON-Gehalt ( $448 \mu\text{g kg}^{-1}$ ). Weiterhin führte auch Raps als Vorfrucht zu signifikant ( $p = 0,033$  bis  $0,002$ ) höherem FG-Befall und signifikant ( $p = 0,037$  bis  $< 0,001$ ) höherer DON-Belastung. In anderen Studien konnte gezeigt werden, dass FG saprophytisch auf Mais und Raps überdauern kann und somit als Inokulum im folgenden Jahr fungiert (Fernandez 2007; Wegulo 2012). In unserem Monitoring wurde der geringste Befall (0,8%) und der tiefste DON-Gehalt ( $31 \mu\text{g kg}^{-1}$ ) in Proben gemessen, bei denen Wiese als Vorfrucht angebaut wurde. Bei anderen Vorfrüchten als Mais wurden der FG-Befall um 48–89% und der DON-Gehalt um 53–93% reduziert.

Durch die Analyse der Fruchtfolge konnte gezeigt werden, dass die Kombination Mais nach Mais in den letzten zwei Jahren vor Gerste im Vergleich zu den anderen Kombinationen einen signifikant ( $p = 0,042$  bis  $< 0,001$ ) höheren FG-Befall aufwies (Abb. 2). Fruchtfolgen, die in weniger als fünf Proben auftraten (16 Proben), wurden von der statistischen Auswertung ausgeschlossen.

Ohne Berücksichtigung der Vorfrucht zeigten Proben mit wendender Bodenbearbeitung (Pflug) im Vergleich zu reduzierter Bodenbearbeitung signifikant ( $p < 0,001$ ) weniger FG-Befall und tiefere DON-Belastungen. Durch das Pflügen werden potenziell infizierte Erntereste vergraben, die Zersetzung durch Mikroorganismen gefördert und somit das Infektionsrisiko verringert (Pereyra und Dill-Macky 2008).

Durch die Analyse der Kombination aus Vorfrucht und Bodenbearbeitung zeigte sich, dass das Pflügen bei der Vorfrucht Mais zu signifikant ( $p < 0,001$ ) tieferem FG-Befall führte. Ein signifikant ( $p < 0,001$ ) niedrigerer DON-Gehalt konnte hingegen nur bei Proben mit Vorfrucht Getreide und wendender Bodenbearbeitung festgestellt werden (Abb. 3).



**Abb. 2 | Einfluss von Vorfrucht und Vor-Vorfrucht auf *F. graminearum*-Befall (%) und Deoxynivalenol-Gehalt ( $\mu\text{g kg}^{-1}$ ) in Schweizer Gerstenproben aus den Ernten 2013 und 2014. Anzahl Proben = 424, Fehlerbalken = Standardfehler des Mittelwertes. Mittelwerte mit gleichen Buchstaben sind statistisch nicht voneinander verschieden. Kombinationen, die nicht auftraten, wurden in der Grafik nicht dargestellt. Getreide = Gerste, Hafer, Dinkel, Emmer, Triticale, Weizen; Andere = Ackerbohne, Erbse, Kartoffel, Phacelia, Futterrübe, Salat, Chicorée, Sellerie, Brache, Luzerne, Sonnenblume, Zuckerrübe (nur Vorfrucht), Lupine, Klee (nur Vor-Vorfrucht), Reis und Soja (nur Vor-Vorfrucht).**

Eine zusätzliche Zerkleinerung von Ernteresten, z. B. durch die Scheibenegge oder Fräse, führte nur bei der Vorfrucht Mais zu einem signifikant niedrigeren FG-Befall ( $p = 0,007$ ) und DON-Gehalt ( $p = 0,002$ ). Vermutlich führte die vergrößerte Oberfläche zu einer Konkurrenzsituation um Lebensraum und Nährstoffe zwischen FG und anderen Mikroorganismen. Weiterhin nehmen wir an, dass Regenwürmer die zerkleinerten Überreste besser nutzen konnten, beziehungsweise der Abbau beschleunigt und somit das Inokulum-Potenzial verringert wurde.

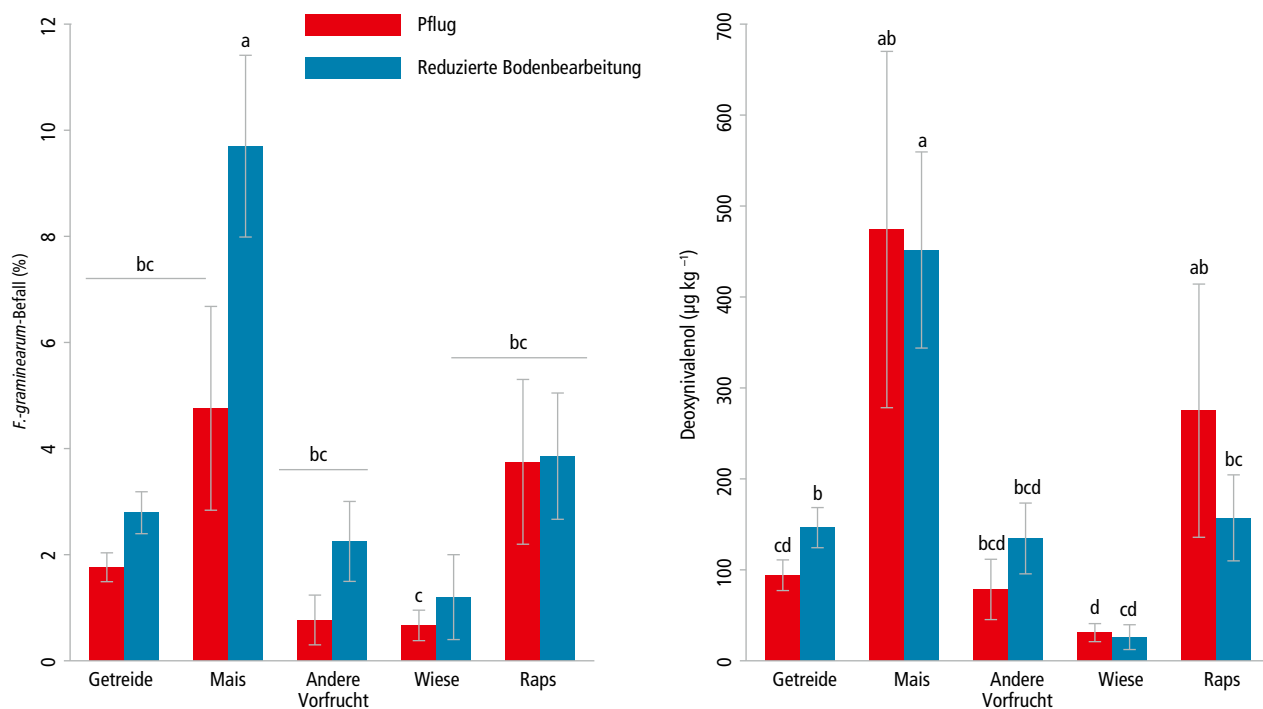
Der Einsatz von Fungiziden und Wachstumsregulatoren ist im Bio- und Extensio-Anbau nicht erlaubt. Der Einsatz von Fungiziden im ÖLN-System führte allgemein zu einem signifikant ( $p < 0,001$ ) höheren FG-Befall und DON-Gehalt, unabhängig vom ausgebrachten Wirkstoff (Strobilurine, Triazole etc.; Tab. 2). Ebenso führte der Einsatz von Wachstumsregulatoren zu einem höheren FG-Befall und DON-Gehalt. Durch den Einsatz von Fungiziden oder Wachstumsregulatoren wurde im Vergleich zu unbehandelten Gerstenfeldern sowohl der FG-Befall als auch die DON-Belastung um zwei Drittel erhöht.

Da es in der Schweiz derzeit keine zugelassenen Ährenfungizide für Gerste gibt, nehmen wir an, dass ein Fungizideinsatz nicht die Bekämpfung von Ährenfusariosen zum Ziel hatte. Der Fungizideinsatz vor der Blüte könnte

aber das Vorkommen von anderen Pilzen auf der Pflanze verringert haben, was möglicherweise die Infektion durch und die Verbreitung von FG begünstigte.

Der erhöhte FG-Befall und DON-Gehalt aufgrund des Einsatzes von Wachstumsregulatoren könnte durch den veränderten Wuchs der Pflanze erklärt werden. Bernhoft *et al.* (2012) beschrieben beispielsweise, dass Pflanzen buschiger werden, was zu erhöhter Feuchtigkeit führt und die Verbreitung von Krankheiten fördert. Ferner sind die Ähren durch den verminderten Wuchs näher am Boden, wodurch eine Infektion durch ausgeschleuderte Pilzsporen begünstigt wird.

Proben aus Feldern mit einer Düngung von über 100 kg Stickstoff (N) pro Hektare hatten im Vergleich zu Proben mit geringeren Stickstoffgaben im Durchschnitt einen stärkeren FG-Befall und eine höhere DON-Belastung. Die höchste DON-Belastung wurde in Proben mit  $> 200 \text{ kg N ha}^{-1}$  gemessen. Der höchste FG-Befall (5,6 %) und DON-Gehalt ( $342 \mu\text{g kg}^{-1}$ ) wurde in Proben aus Feldern festgestellt, in denen sowohl organische als auch mineralische Dünger verwendet wurden, der geringste FG-Befall (0,4 %) und DON-Gehalt ( $36 \mu\text{g kg}^{-1}$ ) in Proben mit rein organischer Düngung. Proben ohne Angaben zur Stickstoffdüngung ( $n = 32$ ) wurden von der Analyse ausgeschlossen, da ein kommerzieller Gerstenanbau ohne Düngung nicht praxisnah erscheint. Durch hohe



**Abb. 3** | Einfluss von Vorfrucht und Bodenbearbeitung auf *F. graminearum*-Befall (%) und Deoxynivalenol-Gehalt (µg kg<sup>-1</sup>) in Schweizer Gerstenproben aus den Ernten 2013 und 2014. Anzahl Proben = 440, Fehlerbalken = Standardfehler des Mittelwertes. Mittelwerte mit gleichen Buchstaben sind statistisch nicht voneinander verschieden. Kulturen der Vorfrüchte Getreide und Andere wie in Abbildung 2.

Stickstoffgaben kann die Lageranfälligkeit erhöht und somit eine Infektion mit FG begünstigt werden (Bernhoft *et al.* 2012). Zusätzlich kann, je nach Zeitpunkt der Stickstoffgabe, die Pflanze unter Stress gesetzt werden, was die Anfälligkeit gegenüber Krankheiten erhöht. Unsere Ergebnisse zeigen, dass mit Befolgung der derzeitigen Düngerempfehlung (110 kg N ha<sup>-1</sup> für Wintergerste und 90 kg N ha<sup>-1</sup> für Sommergerste) das Risiko verringert werden kann. Da die N-Menge bei organischer Düngung mittels Durchschnittswerten aus Düngetabellen berechnet wurde und keine Daten über verfügbaren mineralischen N im Boden erfasst wurden, sind die Daten mit Vorsicht zu interpretieren. Dennoch konnten wir feststellen, dass im System Bio weniger N gedüngt wurde und wir gehen davon aus, dass vermutlich andere Faktoren, z. B. häufigeres Pflügen und Fruchtfolgen mit geringerem Anteil von Getreide- oder Maisvorfrüchten, zu einem tieferen FG-Befall und geringerer DON-Belastung geführt haben.

Insgesamt zeigte sich, dass nicht die Art des Produktionssystems an sich, sondern die damit verbundenen unterschiedlichen Bewirtschaftungsweisen innerhalb des Systems zu Unterschieden führten. Da unsere Untersuchungen eine Momentaufnahme der Situation in Schweizer Gerstenproben darstellt, und der Krankheitsdruck aufgrund der während der Getreideblüte herrschenden Wetterbedingungen 2013 und 2014 sehr

gering war, sollten die bisher beobachteten Einflussfaktoren in weiteren Feldversuchen vertiefter untersucht werden. Damit erhoffen wir, Praxisempfehlungen zur Vermeidung von Fusarien und Mykotoxinen in Gerste erarbeiten zu können.

## Schlussfolgerungen

Die vorliegende Studie hat gezeigt, dass unterschiedliche Faktoren innerhalb eines Anbausystems den Befall mit *F. graminearum* beeinflussen können. Der Anbau von Mais vor Gerste sollte vermieden werden, da dieser eine zentrale Rolle im Lebenszyklus von *F. graminearum* einnimmt. Weitere Vermeidungsmassnahmen sind die wendende Bodenbearbeitung oder die zusätzliche Zerkleinerung von Ernteresten bei vorherigem Anbau einer Wirtspflanze. Der Einsatz von Fungiziden und Wachstumsregulatoren sowie hohe Stickstoffgaben zeigten eine Befallsförderung bei Gerste. ■

### Dank

Diese Studie wurde vom Schweizerischen Nationalfonds im Rahmen des Nationalen Forschungsprogramms NFP 69 «Gesunde Ernährung und nachhaltige Lebensmittelproduktion» (Projekt Healthy & Safe) finanziert. Vielen Dank an die kantonalen Pflanzenschutzdienste für die Bereitstellung der Adressen sowie an die teilnehmenden Landwirtinnen und Landwirte für das Zusenden ihrer Gerstenproben.

**Riassunto**

**I fattori legati alla coltivazione influenzano il fusarium e le micotossine nell'orzo svizzero**

Dall'analisi di 440 campioni di orzo negli anni 2013 e 2014 e dei rispettivi dati agronomici (varietà, sfruttamento del suolo, avvicendamento delle colture, ecc.) si è evinto che l'insorgenza del fungo *Fusarium graminearum* e della micotossina deossinivalenolo nell'orzo è influenzata da diversi fattori legati alla coltivazione. Onde ridurre il rischio di contaminazione non vanno considerati soltanto singoli fattori ma anche combinazione di quest'ultimi, ad esempio la coltura precedente e lo sfruttamento del suolo. Pertanto per riconoscere i fattori di influenza dovrebbe essere analizzato costantemente l'intero sistema di produzione. Non è decisiva la tipologia del sistema di coltivazione (biologica, estensiva, secondo la prova che le esigenze ecologiche sono rispettate PER) ma le differenze tra i sistemi di coltivazione. L'effetto che più fortemente favorisce la contaminazione è stato mostrato dal mais come coltura precedente. La combinazione con altri fattori, come il ridotto sfruttamento del suolo o la coltivazione di mais in due anni seguenti potenziano questo effetto. Inoltre si è dimostrato che l'orzo primaverile, rispetto a quello autunnale, è stato contaminato in modo meno forte. Nei campioni coltivati senza fungicidi o regolatori della crescita o con concimazione azotata mirata, la contaminazione e le concentrazioni di micotossine erano più esigue.

#### Literatur

- Bernhoft A., Torp M., Clasen P. E., Løes A. K. & Kristoffersen A. B., 2012. Influence of agronomic and climatic factors on *Fusarium* infestation and mycotoxin contamination of cereals in Norway. *Food Additives & Contaminants: Part A* **29** (7), 1129–1140.
- Czaban J., Wróblewska B., Sulek A., Mikos M., Boguszewska E., Podolska G. & Nieróbca A., 2015. Colonisation of winter wheat grain by *Fusarium* spp. and mycotoxin content as dependent on a wheat variety, crop rotation, a crop management system and weather conditions. *Food Additives & Contaminants: Part A* **32** (6), 874–910.
- Fernandez M. R., 2007. *Fusarium* populations in roots of oilseed and pulse crops grown in eastern Saskatchewan. *Canadian Journal of Plant Science* **87** (4), 945–952.
- Leslie J. F. & Summerell B. A., 2006. *The Fusarium Laboratory Manual*. Blackwell Publishing, 388 S.
- Musa T., Jenny E., Forrer H. R. & Vogelgsang S., 2011. Fusarien und Mykotoxine bei Körnermais in der Schweiz. *Agrarforschung* **2** (11+12), 520–525.
- Parry D. W., Jenkinson P. & Mcleod L., 1995. *Fusarium* ear blight (scab) in small-grain cereals – a review. *Plant Pathology* **44** (2), 207–238.
- Pereyra S. A. & Dill-Macky R., 2008. Colonization of the residues of diverse plant species by *Gibberella zeae* and their contribution to *Fusarium* head blight inoculum. *Plant Disease* **92** (5), 800–807.

**Summary**

**Cultivation factors influence *Fusarium* fungi and mycotoxins in Swiss barley**

During a 2-year monitoring we observed that the occurrence of *Fusarium graminearum* and the mycotoxin deoxynivalenol are influenced by several cropping factors. Frequently, not only one but the combination of different factors have to be considered e.g. previous crop and tillage. Thus, the entire cropping system should be taken into consideration to retrieve influencing cropping factors. Not the type of the cultivation system but the differences within the farming system account for the differences. The main influencing factor was the previous crop maize and the combination with other factors like reduced tillage or the cultivation of two years maize in a row enhanced this effect. Additionally we observed that spring barley was less infected compared with winter barley. Samples without an application of fungicides and growth regulators as well as a reduced nitrogen fertilisation showed less infection and contamination with mycotoxins.

**Key words:** Cereal, Barley, *Fusarium* head blight, *Gibberella zeae*, Mycotoxin, Tillage, Previous Crop, Monitoring

- Schisler D. A., Khan N. I. & Boehm M. J., 2002. Biological control of *Fusarium* head blight of wheat and deoxynivalenol levels in grain via use of microbial antagonists. *Advances in Experimental Medicine and Biology* **504**, 53–69.
- Tateishi H., Miyake T., Mori M., Sakuma Y. & Saishoji T., 2014. Effect of application timing of metconazole on *Fusarium* head blight development and mycotoxin contamination in wheat and barley. *Journal of pesticide science* **39** (1–2), 1–6.
- The European Commission, 2006. Commission Regulation (EC) No 1881/2006 of 19 December 2006 setting maximum levels for certain contaminants in foodstuff. 2006R1881-EN-01.09. 2014-014.001-1.
- Vogelgsang S., Jenny E., Hecker A., Bänziger I. & Forrer H. R., 2009. Fusarien und Mykotoxine bei Weizen – Monitoring von Praxis-Ernteproben. *Agrarforschung* **16** (7), 238–242.
- Wegulo S., 2012. Factors influencing deoxynivalenol accumulation in small grain cereals. *Toxins* **4** (11), 1157–1180.
- Xu X. M. & Berrie A. M., 2005. Epidemiology of mycotoxigenic fungi associated with *Fusarium* ear blight and apple blue mould: A review. *Food Additives and Contaminants* **22** (4), 290–301.