

Pflanzen

Befall einiger Winterweizensorten durch *Fusarium*-Arten

Andreas Hecker, Susanne Vogelgsang, Felix Wettstein und Hans-Rudolf Forrer,
 Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, CH-8046 Zürich
 Auskünfte: Andreas Hecker, E-Mail: andreas.hecker@art.admin.ch, Tel. +41 44 377 74 03

Zusammenfassung

Auf zwei Direktsaat-Betrieben wurden in den Jahren 2007 und 2008 in drei Versuchen neun Winterweizensorten bezüglich *Fusarium*-Befall und Deoxynivalenol (DON)-Gehalt untersucht. Die Versuche waren Teil einer Studie über die Machbarkeit von Sortenversuchen in Kleinparzellen in Direktsaatsystemen. In diesem Artikel wird vor allem die *Fusarium*- und Mykotoxinsituation beleuchtet. 2007 fielen die Sorten Caphorn und Tapidor in Baggwil durch einen sehr hohen Ährenbefall und im Mittel der drei Versuche mit einem 10- bis 15-mal höheren DON-Gehalt als Arina auf. Auf den geernteten Körnern fanden wir die *Fusarium*-Arten *F. graminearum* und *F. culmorum* am häufigsten. In Baggwil überraschte 2007 der hohe Anteil an *F. culmorum*, der möglicherweise durch die Vorfrucht Kunstwiese gefördert wurde. Die DON-Gehalte und Befallshäufigkeiten der Körner mit den beiden *Fusarium*-Arten korrelierten sehr gut miteinander. Die Sortenresistenzen aus der Liste der empfohlenen Getreidesorten wurden durch den Körnerbefall bestätigt. Gemäss den DON-Werten müssten einzelne Sorten allerdings eine andere Einstufung erhalten. In Anbetracht der Bedeutung der Fusarien als Toxinbildner empfiehlt ART eine entsprechende Adaption der Sortenprüfung, wobei die hier vorgestellten Beurteilungskriterien Gesundheitstest und DON-Analyse verwendet werden sollten.

Ährenfusariosen sind bedeutende Krankheiten des Weizens. Die Landwirtin und der Landwirt haben gewisse Möglichkeiten, die Fusarien und damit die Toxingehalte im Erntegut

zu beeinflussen. Dazu gehören, neben Fruchtfolge und Bodenbearbeitung, insbesondere die Sortenwahl (Hecker *et al.* 2004). Daher ist es nötig, neu auf den Markt kommende Weizensorten auf ihre Fusarien-Anfälligkeit zu überprüfen.

In den Jahren 2007 und 2008 hat die Forschungsgruppe Ökologischer Pflanzenschutz der Forschungsanstalt Agroscope ART auf zwei Landwirtschaftsbetrieben im Kanton Bern Winterweizen-Sortenversuche begleitet. Die zwei Betriebsleiter beteiligen sich am Direktsaat-Programm des Kantons. 2007 stand je ein Versuch in Schüpfen und in Baggwil und 2008 nochmals ein Versuch in Schüpfen. Die beiden Betriebe liegen nur wenige Kilometer auseinander. Diese und weitere Versuche gehören zu einer Untersuchung der Gruppe Bioackerbau/Ackerbausysteme

Tab. 1. Liste der auf Fusarienbefall und das Toxin Deoxynivalenol (DON) getesteten Winterweizensorten und deren Einstufung hinsichtlich Qualitätsklasse und Fusarienresistenz sowie die zeitliche Aufnahme in die Sortenliste.

Sorte	Qualitätsklasse	Aufnahme in Sortenliste	Resistenz gegen Ährenfusarien gemäss Sortenliste (Menzi <i>et al.</i> 2007)
Titlis	Top	1996	gut
Runal	Top	1995	mittel
Arina	I	1981	sehr gut
Zinal	I	2003	mittel
Caphorn	II	2006	sehr schwach
Levis	II	1997	schwach
Pegassos	III	1998	mittel
Manhattan	Bisquit	2005	mittel
Tapidor	Futterweizen	2005	sehr schwach

von ART, in der geprüft wurde, ob sich unter Direktsaatbedingungen Sortenversuche in Kleinpflanzen aussagekräftig durchführen lassen. Dabei wird unter anderem geprüft, ob sich Winterweizensorten im Direktsaat-Anbau, insbesondere bezüglich Ertrag und Krankheitsbefall, anders verhalten als bei Pflugeinsatz. Auf Grund dieser Versuche ist allerdings kein direkter Vergleich mit dem Pflugeinsatz möglich, da die Versuchsserie diese Variante nicht beinhaltet. Die Sortenanfälligkeiten wurden daher den Angaben der empfehlenden Sortenliste gegenüber gestellt, die auf dem Anbau von Winterweizen nach Pflugeinsatz basiert.

Sichtbar starker Ährenbefall auf einzelnen Sorten machte uns auf die Versuche aufmerksam. In der hier vorliegenden Studie wurden der Befall der Weizenkörner mit verschiedenen *Fusarium*-Arten und die resultierenden Gehalte des Mykotoxins Deoxynivalenol (DON) untersucht.

Sorten und Fruchtfolge

In allen drei Versuchen wurden die gleichen neun Sorten angebaut. Bei der Auswahl wurde darauf geachtet, dass Sorten, die schon länger auf der empfehlenden Sortenliste stehen, mit einigen neueren Sorten verglichen wurden. Zudem waren alle sechs Qualitätsklassen durch eine bis zwei Sorten vertreten (Tab.1). Die Sorten wurden in Versuchen mit randomisierter Blockanlage und jeweils vier Wiederholungen angebaut. Die Versuche wurden mit einem Prototyp einer Direktsaatmaschine für Kleinpflanzen mit Scheibenscharen gesät. Die Parzellengröße betrug 1,5 mal 9,5 Meter. Die N-Düngung erfolgte betriebsüblich. Fungizide wurden keine ausgebracht.

In Baggwil wurde der Weizensortenversuch nach einer zwei-

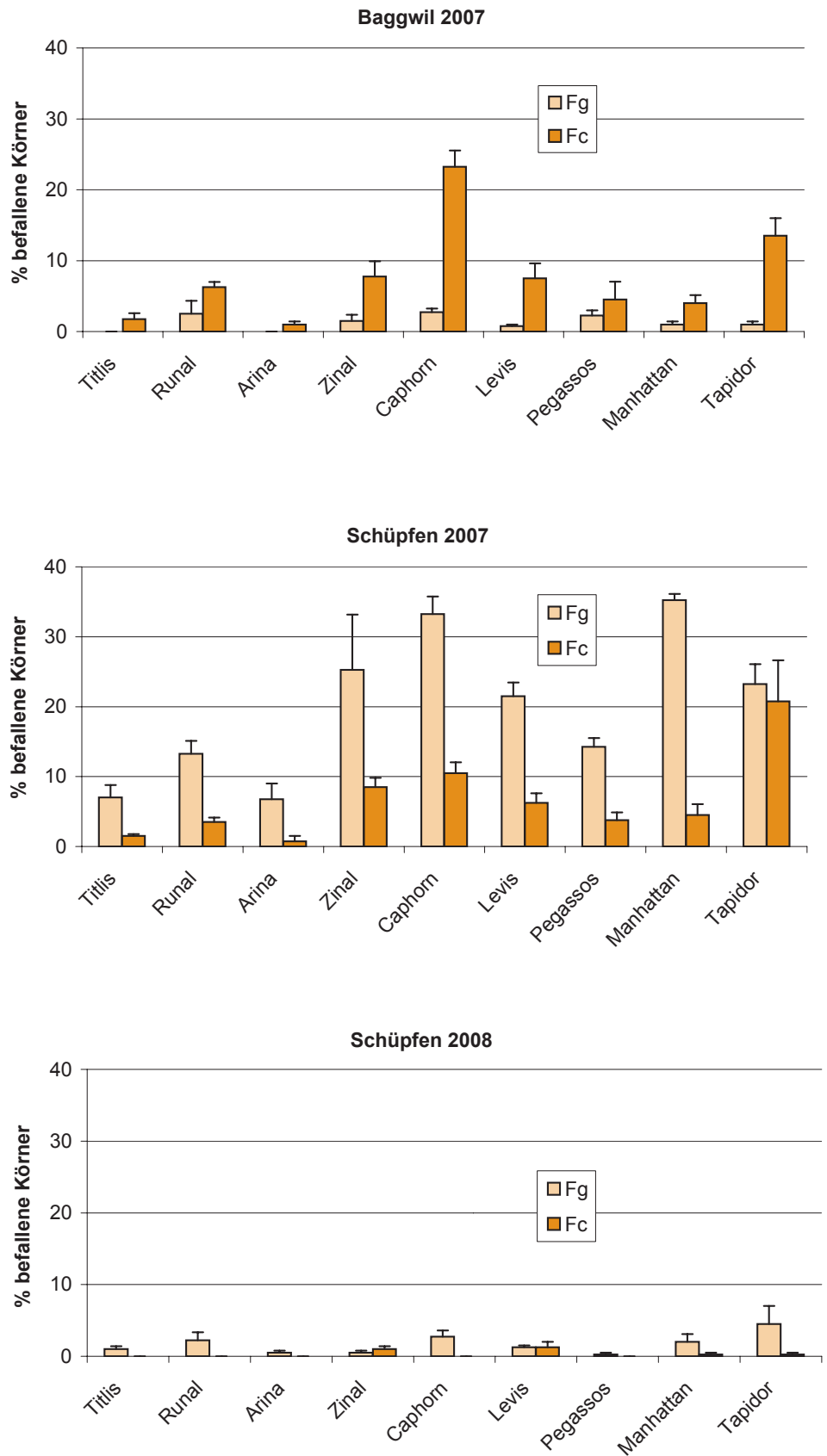


Abb. 1. Durch einen Gesundheitstest erhobener prozentualer Körnerbefall (Mittelwerte und Standardfehler) durch *Fusarium graminearum* (Fg) und *F. culmorum* (Fc) in den Weizensortenversuchen (Baggwil/BE 2007, Schüpfen/BE 2007 und 2008).

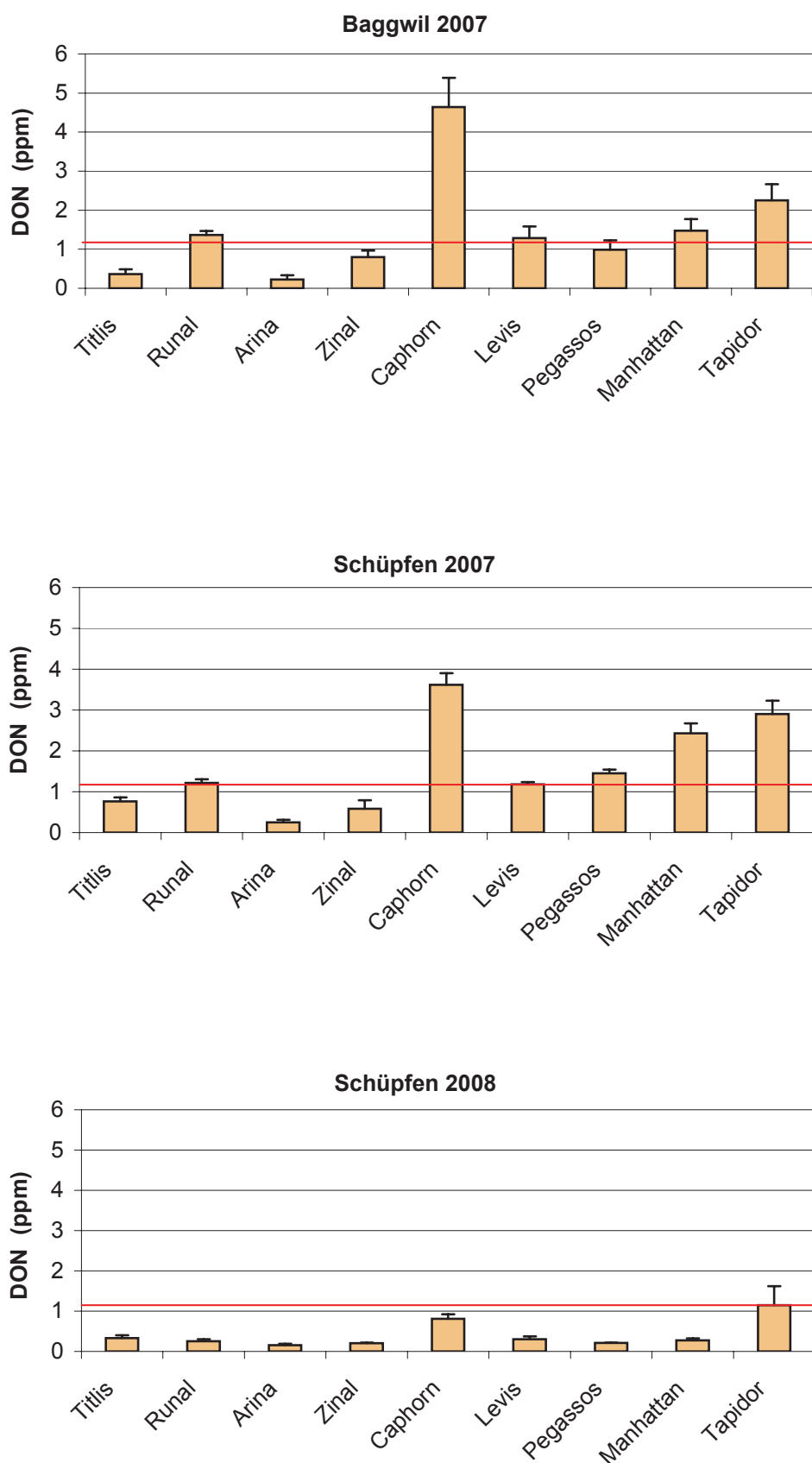


Abb. 2. Deoxynivalenol (DON)-Gehalte (Mittelwerte und Standardfehler) in den Körnern der neun Weizensorten an den drei Standorten (Schüpfen/BE 2007 und 2008, Bagwil/BE 2007). Die Toxinwerte wurden 2007 mit LC-MS/MS, 2008 mit einem ELISA-Test ermittelt. Die rote horizontale Linie stellt den Grenzwert von 1,25 ppm für unverarbeitetes Getreide dar.

jährigen Kunstwiese angelegt. In Schüpfen war die Vorfrucht in beiden Jahren Zuckerrüben und die Vorvorfrucht Wintertriticale.

Fusarium-Befall der Ähren

Im Jahr 2007 wurde Ende Juni der sichtbare Fusarienbefall der Ähren mit einer Feldbonitur erhoben, indem der prozentuale Anteil befallener Ähren geschätzt wurde. An beiden Standorten war der Befall niedrig. In Baggwil waren bei den meisten Sorten im Mittel der vier Wiederholungen weniger als vier Prozent der Ähren befallen (0,9 – 3,5 %). Nur die Sorten Caphorn und Tapidor wiesen mit zehn beziehungsweise 30 Prozent einen bedeutenden Befall auf. In Schüpfen lag der mittlere Befall für alle Sorten mit 0,3 bis 1,4 Prozent noch tiefer.

Im Versuch in Schüpfen 2008 war, vermutlich wegen den trockeneren und daher für Fusarien weniger günstigen Wetterbedingungen, der sichtbare Ährenbefall so gering, dass eine Feldbonitur nicht möglich war.

Körnerbefall

Auf den geernteten Körnern wurde mit einem Gesundheitstest (Vogelsgang *et al.* 2008) der Befall durch unterschiedliche *Fusarium*-Arten untersucht. Dazu wurden pro Wiederholung jeder Sorte 100 oberflächensterilisierte Körner auf Agarplatten ausgelegt. Nach fünf bis sechs Tagen wurden die aus den Körnern gewachsenen Fusarien aufgrund morphologischer Merkmale (Sporenform sowie Färbung und Myzelform der Pilzkolonie) bestimmt und gezählt. Der Erreger des Schneeschimmels, *Microdochium nivale*, wurde ebenfalls erfasst. In allen drei Versuchen waren die Arten *Fusarium graminea-*

rum (Fg) und *F. culmorum* (Fc) vorherrschend. Beide Arten bilden, neben weiteren Mykotoxinen, Deoxynivalenol (DON), für das seit letztem Jahr der Grenzwert von 1,25 ppm bei Rohgetreide gilt.

Im Mittel der drei Versuche waren rund 18 Prozent der Körner mit Fusarien befallen. Dabei waren mindestens fünf Arten vertreten. Nach *F. graminearum* und *F. culmorum* folgten mit deutlichem Abstand *F. avenaceum*, *F. crookwellense* und *F. poae* sowie einige unbestimmte *Fusarium*-Arten (*F. spp.*). Dies entspricht, mit gewissen Abweichungen bei *F. culmorum*, in etwa den Resultaten aus unserem schweizweiten Monitoring von Praxisproben (Vogelsgang *et al.* 2009).

Der Befall der Körner durch Fg und Fc variierte je nach Standort und Jahr (Abb. 1). 2007 waren in Schüpfen Befallshäufigkeiten bei Fg bis 35 % und bei Fc bis 21 % zu verzeichnen. In Baggwil hingegen war der Befall mit Fg recht gering (< 3 %), derjenige mit Fc mit maximal 23 % etwa gleich hoch wie in Schüpfen. Im Jahr 2007 waren die Wetterbedingungen an vielen Standorten aussergewöhnlich günstig für Fusarien. 2008 hingegen war der Befall in Schüpfen mit maximal 4,5 % Fg und 1,3 % Fc allgemein sehr tief.

Überraschend war der hohe Anteil von *F. culmorum* in Baggwil im Jahr 2007. Bisherigen Beobachtungen zufolge ist diese Art in der Schweiz wohl verbreitet, tritt aber in der Regel nur auf tiefem Niveau auf. Dies wird durch oben erwähntes Monitoring belegt. Unter bestimmten Umständen kann *F. culmorum* offenbar auch in stärkerem Mass auftreten. Gemäss Obst und Gehring (2002) kommt diese Art nicht nur auf Getreide sondern auch auf Le-

guminosen und zahlreichen Gräsern vor. Die zweijährige Kunstwiese vor dem Weizenanbau in Baggwil könnte somit als Quelle von *F. culmorum*-Inokulum in Frage kommen.

Alle erwähnten *Fusarium*-Arten traten in Schüpfen 2008 deutlich schwächer auf als in den Versuchen 2007. Offenbar reagieren sie ähnlich auf die jeweils vorherrschenden Wetterbedingungen. *Microdochium nivale* (früher *Fusarium nivale*), der Erreger des Schneeschimmels von Getreide, der auf Ähren ähnliche Symptome wie die echten Fusarien verursacht, jedoch keine Mykotoxine bildet, reagierte hingegen gegenläufig: geringer bis mittlerer Befall im Jahr 2007 (0,3 – 14 %) und starker Befall im Jahr 2008 (20 – 40 % befallene Körner).

DON-Gehalt

Neben dem *Fusarium*-Befall hat ART auch den DON-Gehalt der geernteten Körner bestimmt (Abb. 2). Dies erfolgte 2007 mit chemischer Analyse (LC-MS/MS). 2008 kam ein ELISA-Test zur Anwendung (Ridascreen® DON, R-Biopharm AG, Darmstadt, Deutschland). Zu beachten ist, dass mit ELISA in der Regel tendenziell höhere DON-Werte beobachtet werden als mit chemischer Analyse.

2007 war in Schüpfen die Summe des Befalls durch die beiden DON bildenden Arten *F. graminearum* und *F. culmorum* im Vergleich zu Baggwil rund doppelt so hoch. Die mittleren DON-Werte waren in Schüpfen mit 1,6 ppm jedoch gleich hoch wie in Baggwil mit 1,5 ppm. Bei vier beziehungsweise fünf Sorten lagen die Toxinwerte über dem Grenzwert für unverarbeitetes Getreide (1,25 ppm). Im Jahr 2008 hingegen waren die DON-Gehal-

te, analog dem geringen Befall, deutlich tiefer und keine Sorte erreichte den Grenzwert.

Die DON-Werte der einzelnen Sorten widerspiegelten jeweils deutlich den Kornbefall durch *F. graminearum* und *F. culmorum*. Es bestand eine gute Korrelation zwischen *Fusarium*-Befall und DON-Gehalt. Das Bestimmtheitsmass R^2 betrug 2007 für Baggwil 0,92 und für Schüpfen 0,65; 2008 für Schüpfen 0,71. Die gute Korrelation in Schüpfen 2008 ist erstaunlich und ein weiteres Indiz für die enge Beziehung trotz einem geringen *Fusarium*-Befall.

Sortenunterschiede

Wie aus Abbildung 1 ersichtlich ist, ergab sich in allen drei Versuchen eine ähnliche Einstufung der Sorten bezüglich der Anfälligkeit beziehungsweise dem Befall mit *F. graminearum* und *F. culmorum*. Die Angaben aus der Liste der empfohlenen Getreidesorten (Menzi *et al.* 2007; Hiltbrunner *et al.* 2008) werden durch diese Versuche bestätigt. Die als wenig anfällig bekannten Sorten Arina und Titlis sind bezüglich Befall und Toxin nach wie vor als sehr gut einzustufen.

Betrachtet man die Sorten bezüglich DON-Gehalt (Abb. 2) werden jedoch Zinal und Levis in der Sortenliste eher zu schlecht beurteilt. Zinal wies immer tiefere DON-Werte auf als die in unseren Versuchen weniger anfällige Sorte Runal, was allerdings nur 2007 in Schüpfen signifikant war. Die DON-Gehalte von Levis hingegen waren in keinem der drei Versuche signifikant unterschiedlich gegenüber denjenigen von Runal. Caphorn fällt durch besonders hohe Toxinwerte auf, die 2007 in Baggwil diejenigen der anderen Sorten um das zwei- bis zwanzigfache überschritten. Im Mittel der drei

Abb. 3. Gesundheits-test mit Weizenkörnern auf Agarplatte mit verschiedenen *Fusarium*-Arten. (Foto: A. Hecker, Agroscope ART)



Versuche war der DON-Gehalt von Caphorn 15-mal so hoch wie jener von Arina.

Die Sorten verhielten sich in den drei Versuchen bezüglich DON-Gehalt sehr ähnlich. In den beiden Versuchen 2007, mit mittlerem bis hohem Befall, korrelierten die ermittelten DON-Werte der neun Sorten sehr gut miteinander ($r = 0,90$). Im Vergleich der jeweiligen Versuche 2007 mit dem Versuch 2008, mit wenig Befall und tiefen DON-Werten, fielen die Korrelationen etwas tiefer aus (0,70 bzw. 0,79).

Bezüglich Körnerbefall mit *F. avenaceum* reagierten die Sorten ähnlich wie bezüglich Befall mit *F. graminearum* ($R^2 = 0,70$). Beim Befall durch *F. crookwellense* war dies nur teilweise der Fall; allerdings war hier auch das Befallsniveau ziemlich tief. Für *Microdochium nivale* ergaben sich keine ausgeprägten Sorten-

unterschiede. Im Mittel der drei Versuche wies die Sorte Tapidor mit 9,5 Prozent befallenen Körnern den tiefsten und Levis (16,9 %) den höchsten Befall auf (Unterschied gesichert).

Fruchtfolge und Befall

Neben dem hohen Anteil an *F. culmorum* nach Kunstwiese in Baggwil war auch der ziemlich hohe Befall mit *F. graminearum* in Schüpfen 2007 überraschend. Insbesondere nach der Vorfrucht Zuckerrüben würde man einen eher geringen *Fusarium*-Befall erwarten. In den USA und Teilen Europas sind jedoch auch in Zuckerrüben Schäden durch verschiedene *Fusarium*-Arten aufgetreten (Christ *et al.* 2008). Burakoti *et al.* (2007) vermuten, dass Zuckerrüben eine potenzielle Quelle von *F. graminearum* in nachfolgendem Weizen sein können. Christ *et al.* (2008) haben nach der Ernte Zuckerrüben unter unterschiedlichen Bedingungen gelagert und dann auf

Fusarien untersucht. Dabei wurden zehn Arten bestimmt, darunter auch *F. graminearum* und *F. culmorum*. Es ist also möglich, dass im Versuch in Schüpfen die Fusarien durch Erntereste der Zuckerrüben übertragen wurden. Die im gegenwärtig laufenden Weizen-Monitoring (Vogelgsang *et al.* 2009) erhobenen Anbaudaten könnten weitere Erkenntnisse über den Einfluss verschiedener Vorfrüchte auf Fusarienbefall ergeben.

Bedeutung für die Sortenprüfung

Diese Beispiele zeigen, dass die Fusarienproblematik nach wie vor komplex ist und immer wieder neue Situationen und Fragen auftauchen. Mit der Einführung der DON-Grenzwerte ist eine aktuelle und umfassende *Fusarium*-Sortenresistenzprüfung nach wie vor unabdingbar. Die Untersuchung hat gezeigt, dass sich insbesondere der DON-Gehalt der Körner als zuverlässiger

und aussagekräftiger Parameter zur Beurteilung der Sorten eignen würde. Denn damit wird die letztendlich relevante Toxinbelastung der einzelnen Sorten direkt ausgedrückt. In Anbetracht der Bedeutung der Fusarien als Toxinbildner empfiehlt ART eine entsprechende Adaption der Sortenprüfung, wobei die hier vorgestellten Beurteilungskriterien Gesundheitstest und DON-Analyse verwendet werden sollten.

Literatur

- Burlakoti R.R., Estrada R., Rivera V.V., Boddada A., Secor G.A. & Adhikari T.B., 2007. Real-time PCR quantification and mycotoxin production of *Fusarium graminearum* in wheat inoculated with isolates collected from potato, sugar beet and wheat. *Phytopathology*, **97**, 835-841.
- Christ D., Nitschke E. & Varrelmann M., 2008. Auftreten unterschiedlicher *Fusarium* Spezies in Zuckerrüben. Institut für Zuckerrübenforschung, Göttingen, 2008. Zugang: <http://www.ifz-goettingen.de/media/downloads/15/pst%202008%20kiel%20christ%20et%20al%20fusarium.pdf> [21.4.2009].
- Hecker A., Bänziger I., Jenny E., Forrer H.R., Vogelgsang S. & Schachermayr G., 2004. Weniger Fusarien-Toxin durch geeignete Sortenwahl? *Agrarforschung* **11** (9), 384-389.
- Obst A. & Gehring K., 2002. Getreide: Krankheiten, Schädlinge, Unkräuter. Verlag Thomas Mann, Gelsenkirchen-Buer. 256 S.
- Menzi M., Anders M., Schwärzel R., Collaud J.-F., Levy L., Bertossa M. und Stoll P., 2007. Liste der empfohlenen Getreidesorten für die Ernte 2008. *Agrarforschung* **14**, Beilage.
- Hiltbrunner J., Menzi M., Anders M., Schwärzel R., Collaud J.-F., Levy L., Bertossa M. und Stoll P., 2008. Liste der empfohlenen Getreidesorten für die Ernte 2009. *Agrarforschung* **15**, Beilage.
- Vogelgsang S., Sulyok M., Hecker A., Jenny E., Krska R., Schuhmacher R. & Forrer H.R., 2008. Toxicogenicity and pathogenicity of *Fusarium poae* and *Fusarium avenaceum* on wheat. *European Journal of Plant Pathology*, **122**, 265-276.
- Vogelgsang S., Jenny E., Hecker A., Bänziger I. & Forrer H.R., 2009. Fusarien und Mykotoxine bei Weizen – Monitoring von Praxis-Ernteproben. *Agrarforschung* **16** (7), 238-243.

RÉSUMÉ

Infestation de quelques variétés de blé d'automne par des espèces de *Fusarium*

En 2007 et 2008, neuf variétés de blé d'automne ont été étudiées concernant l'infestation par la fusariose et la teneur en déoxynivalénol (DON) dans deux exploitations de semis direct. Les essais avaient lieu dans le cadre d'une étude sur la faisabilité des essais variétaux dans des petites parcelles et des systèmes de semis direct. Le présent article met surtout l'accent sur la situation de *Fusarium* et des mycotoxines. En 2007, une importante infestation des épis a été observée à Baggwil sur deux variétés, Caphorn et Tapidor, dont la teneur moyenne en DON a été 10 à 15 fois plus haute que celle d'Arina. Sur les grains récoltés, *F. graminearum* et *F. culmorum* étaient les espèces les plus fréquentes. A Baggwil, en 2007, le fort pourcentage de *F. culmorum* a surpris. Il est peut-être dû à la prairie temporaire qui précédait la culture du blé. Les teneurs en DON et les fréquences de contamination des grains par les deux espèces de *Fusarium* étaient en étroite corrélation les unes avec les autres. Les résistances figurant sur la liste des variétés de céréales recommandées ont été confirmées par l'infestation des grains. Selon les valeurs de DON, certaines variétés devaient toutefois être classées différemment. Au vu de l'importance des *Fusarium* comme producteurs de toxines, nous recommandons une modification du contrôle des variétés qui tienne compte comme critère d'appréciation du test sanitaire et de l'analyse des teneurs en DON présentés dans notre étude.

SUMMARY

Infestation of winter wheat varieties with *Fusarium* species

In 2007 and 2008, *Fusarium* infestation and the content of deoxynivalenol (DON) in nine winter wheat varieties was investigated in three trials on two no-till farms. The trials formed part of a study on the feasibility of small-plot variety trials under no-till conditions. This paper mainly describes the *Fusarium* and mycotoxin situation. In Baggwil in 2007, the varieties Caphorn and Tapidor showed a higher incidence of head symptoms compared with other varieties. Pooled over all three trials, the resulting DON content was 10 to 15 times higher compared with the variety Arina. From the *Fusarium* species found on the harvested grain, *F. graminearum* and *F. culmorum* were the most prevalent species. In Baggwil in 2007, there was a surprisingly high proportion of *F. culmorum*, possibly due to temporary ley as the preceding crop. The DON contents and frequencies of grain infestation with the two *Fusarium* species showed a strong correlation. Resistances from the list of recommended cereal varieties were confirmed by the grain infestation. According to the DON contents, however, individual varieties ought to be classified rather differently. With respect to the importance of fusaria as toxin producers, we recommend a modification of variety evaluation trials by using the criteria presented in this study including seed health test and DON analysis.

Key words: Deoxynivalenol, *Fusarium*, head blight, scab, susceptibility, varieties, wheat