

# Pflanzen

## Fusarien- und Toxinbelastung des Weizens bei Direktsaat

Heinz Krebs, David Dubois, Claudia Külling und Hans-Rudolf Forrer, Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau, Reckenholz (FAL), CH-8046 Zürich

Bernhard Streit, Stephanie Rieger und Walter Riehner, Eidgenössische Technische Hochschule, Zürich (ETHZ), Institut für Pflanzenwissenschaften, CH-8092 Zürich

Auskünfte: Heinz Krebs, e-mail: heinz.krebs@fal.admin.ch, Fax +41 (0)1 377 72 01, Tel. +41 (0)1 377 71 11

**Mit der Direktsaat von Weizen entfällt die hygienische Wirkung der wendenden Bodenbearbeitung. Dies kann bei entsprechender Witterung zu erheblichen Qualitätsverlusten führen. Bei häufigen Niederschlägen während der Weizenblüte begünstigt die Direktsaat - besonders nach der Vorfrucht Mais - den Fusarienbefall und kann zu einer Mykotoxinbelastung des Ernteguts (Körner) führen, die den Toleranzwert für marktfähiges Brotgetreide übersteigt.**

Weizen-Direktsaat in Mais-Stoppelfeld, Zollikofen 1996/97. (Foto: B. Streit)



In den letzten Jahren hat die Direktsaatfläche in der Schweiz stetig zugenommen. Die wichtigsten Gründe dafür liegen in der Einsparung von Arbeits- und Maschinenkosten, der besseren Befahrbarkeit des Feldes und in der Verminderung des Erosionsrisikos. Die Direktsaat wirkt sich auch auf das Auftreten von Pflanzenkrankheiten aus. Verschiedene Autoren (Bräutigam 1994; Forrer 2000) stellten einen reduzierten Halbruchbefall von Weizen nach mehrjährig nichtwendender Bodenbearbeitung

fest. Neuere Beobachtungen zeigen aber auch, dass bei Direktsaaten - besonders nach der Vorfrucht Körnermais - ein erhöhtes Risiko von Ertragsverlusten und Qualitätseinbußen durch Fusarien besteht. Durch starken Befall mit echten Weizenfusarien (*Fusarium graminearum*, *F. avenaceum* und *F. culmorum*) kann die Mykotoxinbelastung des Weizens die tolerierte Höchstkonzentration von 1 ppm überschreiten. Das Erntegut kann nicht mehr als handelsfähiges Brotgetreide verkauft werden. Deshalb untersuchten wir in den Jahren 1997 und 1998 in einem mehrjährigen Bodenbearbeitungsversuch der ETHZ den Fusarienbefall und im Jahr 1997 auch den Deoxynivalenol (DON)-Gehalt des Weizens.

### Versuchsanlage und -durchführung

Im Projekt der ETHZ wurden die Auswirkungen der verschiedenen Bodenbearbeitungssysteme (Pflug, Grubber, Direktsaat) an zwei Standorten verglichen. Die Fruchtfolge «Winterweizen - Körnermais - Winterweizen - Raps» wurde an den Standorten Zollikofen (BE) und Schafisheim (AG) in randomisierten Versuchsanlagen (Teilparzellengrösse: 12 x 35 m) mit drei Wiederholungen angelegt. In Zollikofen, 555 m ü.M., lehmiger Schluffboden, 1040 mm Jahresniederschlag, startete der Versuch im Jahr 1995. Am Standort Schafisheim, 429 m ü.M., sandiger Lehmboden, 1024 mm durchschnittliche Niederschlagsmenge pro Jahr, war

Versuchsbeginn im Herbst 1996, nach Winterweizen als Vorkultur. Im Versuch wurde die Sorte Runal gesät, die gemäss nationalem Sortenkatalog eine mittlere Resistenzausprägung gegen die echten Ährenfusariosen besitzt. Im Versuchsjahr 1997 wurde über alle Verfahren im Weizenstadium BBCH-37 (Stauss *et al.* 1994) der Wachstumsregulator Cerone mit der Wirksubstanz Ethephon und im Stadium BBCH-51 das Fungizid Allegro mit den Wirkstoffen Kresoximmethyl und Epoxiconazol eingesetzt.

Nach der Ernte wurden Körnerproben auf den Krankheitsbefall und Mykotoxingehalt untersucht. Gemäss Methodik von Neergaard (1977) ermittelten wir den Krankheitsbefall durch Auslegen und Inkubation von je 100 Weizenkörnern pro Wiederholung und Verfahren auf Malzagar in Petrischalen. Der Deoxynivalenol-Gehalt wurde mit dem DIAGNOSTIX EZ-Quant Deoxynivalenol (DON) Plate Kit von Beacon, Portland, gemessen (ELISA-Test nach Sinha und Savard 1996).

### Fusarien-Befall

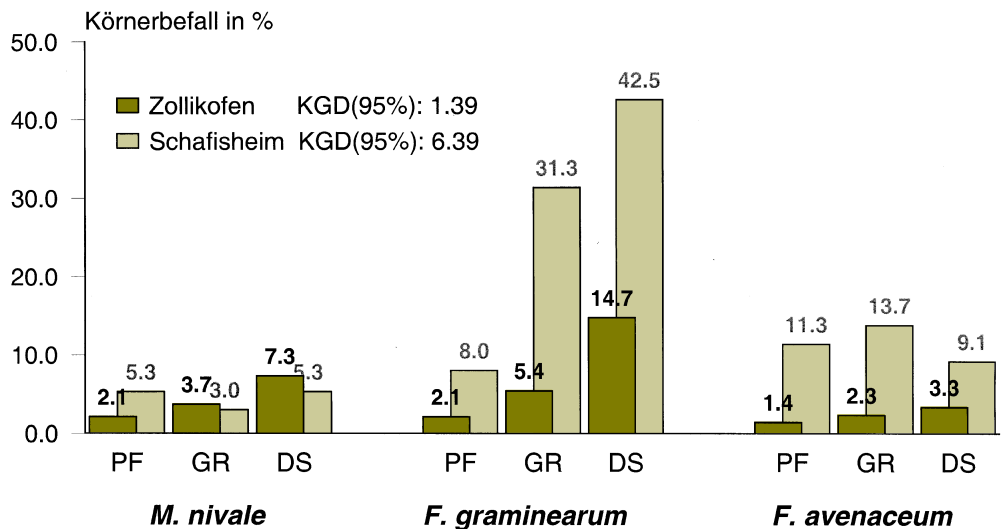
Eine Wirkung der Bodenbearbeitung auf den Fusarienbefall des Erntegutes konnte an beiden Versuchsstandorten nachgewiesen werden (Abb. 1). Am stärksten war diese bei *F. graminearum* und weniger deutlich und einheitlich bei *Microdochium (Fusarium) nivale* und *F. avenaceum*. Die mit dem Pflugverzicht ausbleibende hygienische Wirkung

fürte nach den Vorkulturen Weizen und Mais zu einem massiv höheren *F.-graminearum*-Befall. Nach der Vorfrucht Raps blieb der Fusarien-Befall am Standort Zollikofen in allen Bodenbearbeitungsverfahren gering (Abb. 2). Abgesehen von der Vorkultur Raps konnte an beiden Standorten im Vergleich zur Direktsaat der *F.-graminearum*-Befall durch den Grubber im Mittel um 45 % und durch das Pflügen um 83 % reduziert werden. Am Standort Zollikofen (Abb. 2) war ein deutlicher Unterschied der Vorkulturen sowie eine Wechselwirkung zwischen Bodenbearbeitung und Vorkultur zu beobachten. Bemerkenswert und von Bedeutung für die Praxis ist der markante Vorfruchteffekt: In den Direktsaatverfahren des Weizens war nach der Vorfrucht Raps der *F.-graminearum*-Befall des Weizens um 95 % geringer als nach der Vorfrucht Mais.

dem grundsätzlich tieferen *F.-graminearum*-Befall an diesem Standort erklärbar ist. Nach der Direktsaat wurden 1,7 ppm, nach dem Grubber 0,8 ppm und nach dem Pflugverfahren 0,2 ppm DON ermittelt. Demnach konnten im Mittel beider Stand-

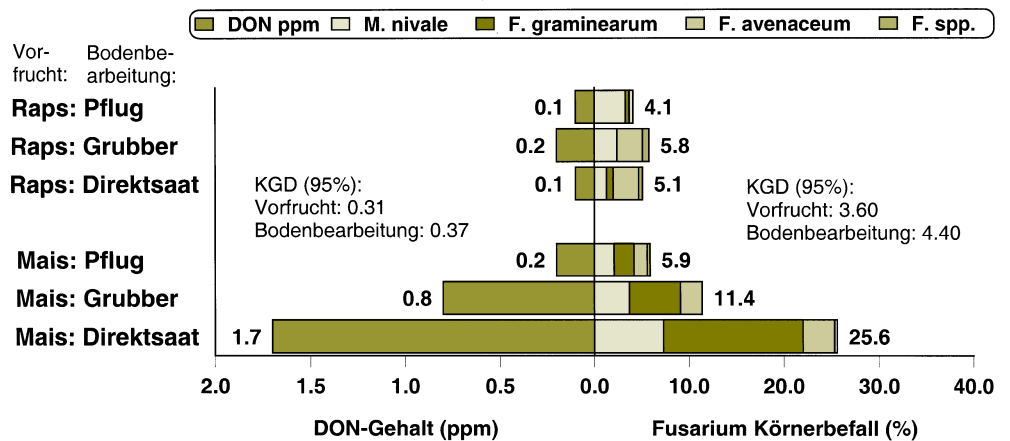
orte die DON-Werte durch Grubbern um 47 % und durch Pflügen um 79 % reduziert werden. Bemerkenswert und statistisch gesichert ist am Standort Zollikofen der Vorfruchteffekt (Abb. 2). Bei den Direktsaatverfahren wurde nach der Vor-

**Abb. 1.** Einfluss der Bodenbearbeitung auf den Fusarien-Erntegutbefall bei Winterweizen Runal, 1997. PF = Pflug, GR = Grubber, DS = Direktsaat, KGD = Kleinste gesicherte Differenz.



### Mykotoxin-Gehalt der Körner

Die Weizenkörner der beiden Versuchsstandorte der Ernte 1997 wurden auf den Deoxynivalenol(DON)-Gehalt untersucht. Am Standort Schafisheim (Tab. 1) lagen die DON-Werte beim Pflugverfahren mit 1,8 ppm am tiefsten, gefolgt vom Grubber mit 3,5 ppm und dem Direktsaatverfahren mit 6,1 ppm. In Zollikofen (Abb. 2) lagen die analysierten DON-Werte generell tiefer, was mit



**Tab. 1.** Einfluss der Bodenbearbeitung auf den Fusarienbefall und den Deoxynivalenol(DON)-Gehalt bei Winterweizen, Sorte Runal; Vorfrucht Winterweizen; Schafisheim 1997

Bodenbearbeitung	Körnerbefall in %						Körner	
	<i>Microdochium nivale</i>	P=5 %	<i>Fusarium graminearum</i>	P=1 %	<i>Fusarium avenaceum</i>	P=5 %	DON-Gehalt ppm	P=1 %
Direktsaat	5,3	A	42,5	A.	9,1	A	6,1	A.
Grubber	3,0	A	31,3	A.	13,7	A	3,5	AB
Pflug	5,3	A	8,0	.B	11,3	A	1,8	.B

**Abb. 2.** Einfluss der Vorfrucht- und Bodenbearbeitung auf den Fusarienbefall und die Deoxynivalenol(DON)-Belastung, Winterweizen Runal, Zollikofen 1997.

Duncan-Test: Werte mit den gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant.

Abb. 3. Winterweizen Runal, Schafisheim 1997 - Wirkung der Bodenbearbeitung auf *Fusarium-graminearum*-Befall und Deoxynivalenol(DON)-Gehalt der geernteten Weizenkörner.

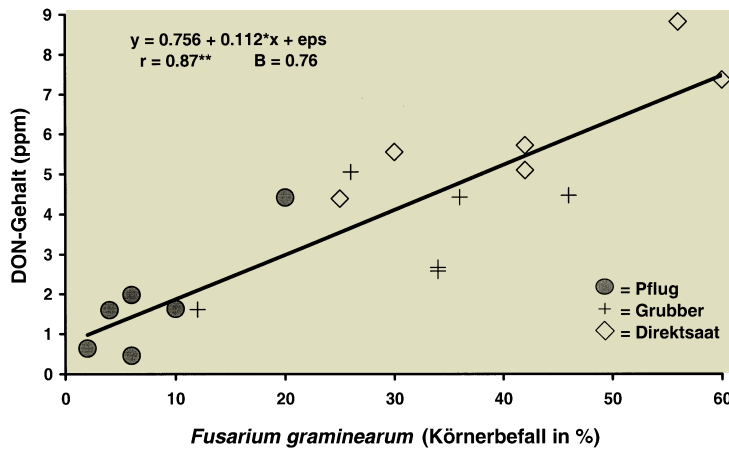
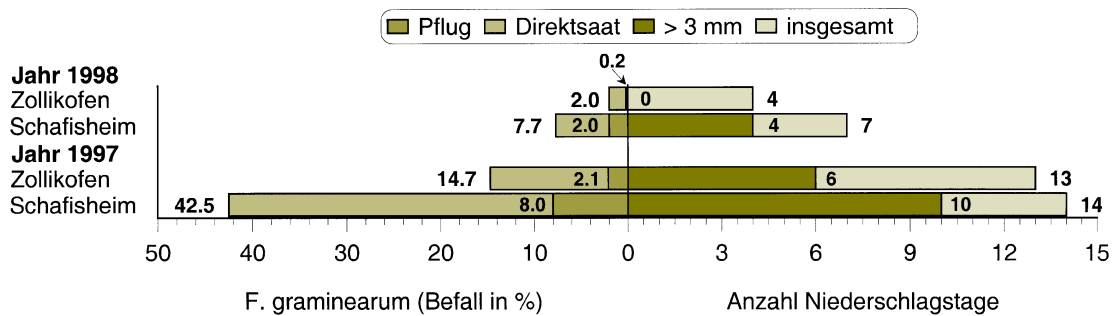


Abb. 4. *Fusarium-graminearum*-Befall in Abhängigkeit zur Bodenbearbeitung und zu den Niederschlagsereignissen (Häufigkeit und Stärke) während der Weizenblüte (15.6. - 30.6.97/98).



frucht Raps in den Weizenkörnern um 95 % geringere DON-Gehalte ermittelt als nach der Vorfrucht Mais.

Mit einer Regressionsrechnung kann am Beispiel Schafisheim 1997 (Abb. 3) gezeigt werden, dass mit einem Korrelationskoeffizienten von 0,87 ein enger Zusammenhang zwischen dem ermittelten *F.-graminearum*-Befall und dem gemessenen DON-Gehalt besteht. Auf Grund des Bestimmtheitsmasses lassen sich 76 % des DON-Gehaltes mit dem *F.-graminearum*-Befall erklären.

#### Einfluss der Witterung

Im Jahr 1997 fiel in der kritischen Zeitspanne (Beginn bis

Ende der Weizenblüte) in Schafisheim und Zollikofen an mehreren Tagen hintereinander zeitweise intensiver Regen. Im Jahr 1998 hingegen war dies nicht oder nur teilweise der Fall. Der Befallsunterschied der beiden Jahre war trotz vergleichbarer Versuchsanlage enorm. Während im Jahr 1997 ein hoher *F.-graminearum*-Befall auf dem Erntegut festgestellt wurde, blieb dieser im Jahr 1998 gering (Abb. 4).

Die Witterung ist entscheidend für die epidemiologische Entwicklung der Fusarien. Bayerische Versuche haben gezeigt, dass weniger die Anzahl der vorhandenen Sporen, sondern die Witterung das Befallsgeschehen

bestimmt. Bei einem hohem Inokulumpotenzial treten Infektionen schon ab mindestens 3 mm Niederschlägen und einem Tagesmittel von 17°C auf (Beck *et al.* 1997). In einem Fusarien-Monitoring in Bayern hat sich herausgestellt, dass die kritischen Befallsbedingungen für eine Primärinfektion der Ähren dann gegeben sind, wenn der Weizen während des Ährenschiebens bis Ende Blüte an einem oder mehreren Tagen Durchschnittstemperaturen von über 18°C und Niederschlägen von mindestens 5 mm ausgesetzt ist (Obst *et al.* 1997). Anhaltend feuchtwarme Witterungsbedingungen begünstigen Sekundärinfektionen, was zu verstärktem *F.-graminearum*-Befall und zu

einer erhöhten DON-Belastung des Erntegutes führt.

### Mehr Befall bei Direktsaat mit Vorfrucht Mais

Die meisten Fusarien sind Bodenbewohner, die sich von zerfallendem Pflanzenmaterial ernähren (saprophytische Phase). In Ackerböden beteiligen sie sich an der Zersetzung von Ernterückständen. Auf dem schwer verrottbaren Maisstroh kann der Erreger lange überdauern. Das Maisstroh scheint auf Grund seines hohen N-Anteils ein geeignetes Substrat zur Bildung von *Gibberella zae* (Schw.) Petch - der Hauptfruchtform von *Fusarium graminearum* Schwabe - in der nächsten Vegetationsperiode zu sein. Der Verbleib von Ernterückständen auf der Bodenoberfläche wird entscheidend durch die Art und Intensität der Bodenbearbeitung beeinflusst (Miller *et al.* 1998; Dill-Macky und Jones 2000).

Unsere Erhebungen haben gezeigt, dass der Fusarienbefall und die Mykotoxinbelastung von Weizen durch die nicht wendende Bodenbearbeitung - besonders Direktsaat - stark gefördert werden kann. Dies haben auch Untersuchungen in Bayern ergeben, wo durch die wendende Bodenbearbeitung der *F.-graminearum*-Befall und der DON-Gehalt im Vergleich zur Minimalbodenbearbeitung meist ebenfalls um über 90 % reduziert werden konnten. Dieser Bekämpfungserfolg alleine durch die Bodenbearbeitung übertrifft selbst den Wirkungsgrad einer gezielten Fungizidbehandlung (Beck *et al.* 1997). Auch in Ontario wurden nach wendender Bodenbearbeitung stets tiefere DON-Gehalte gemessen als nach Direktsaaten (Schaafsma *et al.* 1998). In einer Studie in Kanada konnte mit genetischem «Fingerprinting» nachgewiesen werden, dass die Fusarienstämme auf den Ernte-



Mais-Stoppelrückstände in Weizen nach Direktsaat: Ausgangspunkt bei der Übertragung von *F. graminearum* auf Weizenkörner (Foto: H.R. Forrer)

rückständen der Vorfrucht mit denjenigen auf den Weizenähren und später dem Erntegut identisch waren (Miller *et al.* 1998).

Ein wesentliches Element in der präventiven Bekämpfungsstrategie beim pfluglosen Anbau ist die Fruchtfolge. Wie mehrere ausländische Untersuchungen (Dill-Macky und Jones 1997, 2000; Hartleb und Hubert 1999) und die Versuche in Zollikofen belegen, ist Mais - besonders Körnermais - eine Vorkultur mit ausgesprochen hohem und Raps mit deutlich geringerem *F.-graminearum* Übertragungspotenzial. Auch Erfahrungen in den Bundesländern Bayern (Lepschy 1991) und Sachsen-Anhalt (Hartleb und Hubert 1999) zeigen, dass nach der Vorfrucht Körnermais auf dem nachfolgenden Weizen die höchsten *F.-graminearum*-Befalls- und Mykotoxinwerte ermittelt wurden. In einer mehrjährigen Studie in Minnesota (Dill-Macky und Jones 1997) wurden die höchsten Fusarien-Befallswerte und der tiefste Ertrag bei einer Direktsaat nach Mais, der geringste Fusarienbefall und der beste Weizenertrag bei wendender Bodenbearbeitung nach der Vorkultur Soja erzielt. In der erwähnten Untersu-

chung aus Ontario (Schaafsma *et al.* 1998) haben die Autoren bei der Rückverfolgung der Vorkulturen einen kausalen Zusammenhang zwischen Maisanbau und dem *F.-graminearum*-Akumulationspotenzial - nicht nur im ersten, sondern auch im zweiten Vorkulturjahr - erkannt. Diese Erkenntnis erklärt auch den starken *F.-graminearum*-Befall und die insgesamt hohen DON-Gehaltswerte am Standort Schafisheim im Jahr 1997. Vor der ersten Vorkultur Weizen wurde auf demselben Feld ein Jahr zuvor Mais angebaut.

### Fazit

Vorliegende Untersuchungen zeigen, dass der Pflugverzicht eine grundlegende Änderung im Anbausystem darstellt und die phytopathologische Situation massiv beeinflussen kann. Wenn aus ökonomischen Überlegungen oder aus Gründen des Bodenschutzes auf die wendende Bodenbearbeitung (Pflug) verzichtet wird, gilt es zur Sicherung der Weizenerträge und -qualität im Sinn der Mykotoxinprävention die Fruchtfolge, die Sortenwahl und den direkten Pflanzenschutz anzupassen. Dies verlangt von Beratung und Forschung verlässliche Grundinformationen über die Krankheitsübertragung durch Vor-



und Zwischenkulturen und über die Fusarien-Resistenz der aktuellen Weizensorten.

### Literatur

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

■ Bräutigam V., 1994. Einfluss verschiedener Bodenbearbeitungssysteme auf Halmbasiskrankheiten des Getreides und die Unkrautentwicklung. *Wissenschaftlicher Fachverlag Giessen* **7**, 224-232.

■ Dill-Macky R. and Jones R. K., 1997. The effect of previous crops and tillage on fusarium head blight of wheat. *Cereal Research Communications* Volume 25, No. **2/3**, 711-712.

■ Dill-Macky R. and Jones R. K., 2000. The effect of previous crop residues and tillage on fusarium head blight of wheat. *Plant Disease* **4**, 71-75.

■ Forrer H.R. 2000. Einfluss von Bodenbearbeitungssystemen auf

den Halmbuchbefall von Weizen *Agrarforschung* (in Vorbereitung).

■ Hartleb H. und Hubert H., 1999. Die Fruchtfolge optimieren. *DLG-Mitteilungen* **9**, 44-45.

■ Lepschy J., 1991. Mykotoxine, die vernachlässigten Gifte. *Pflanzenschutz-Praxis* **4**, 26-28.

■ Miller J.D., Culley J., Fraser K., Hubbard S., Meloche F., Ouellet T., Seaman L.W., Seifert K.A., Turkington K. and Voldeng H., 1998. Effect of tillage practice on fusarium head blight of wheat. *Canadian Journal of Plant Pathology* **20**, 95-103.

■ Neergaard P., 1977. *Seed Pathology* Volume I. The Gresham Press, Old Woking, Surrey, England.

■ Obst A., Lepschy-von Gleisenthall J. and Beck R., 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**, 3/2, 699-712.

■ Schaafsma A.W., Tamburic-Ilinic L. and Miller J.D., 1998. The effect of agronomic practice on the accumulation of deoxynivalenol (DON) in winter wheat fields in Ontario, 1996-97. The 1998 National Fusarium Head Blight Forum, October 26-27

■ Sinha R.C. and Savard M.E., 1996. Comparison of immunoassay and gas chromatography methods for the detection of the mycotoxin deoxynivalenol in grain samples. *Canadian Journal of Plant Pathology* **18**, 233-236.

■ Stauss R., Bleiholder H., van den Boom T., Buhr L., Hack H., Hess M., Klose R., Meier U. und Weber E., 1994. Einheitliche Codierung der phänologischen Entwicklungsstadien mono- und dikotyler Pflanzen. Gemeinschaftsarbeit der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft (BBA), des Bundessortenamtes (BSA) und des Industrieverbandes Agrar (IVA).

## RÉSUMÉ

### Effets du travail du sol et du précédent cultural sur la contamination du grain de blé par les *Fusarium* et la mycotoxine déoxynivalénol

L'état sanitaire du grain de blé récolté après divers précédents culturaux et types de travail du sol (labour, chisel, semis direct) a été examiné dans deux essais. Le taux de contamination par les *Fusarium* et la teneur en déoxynivalénol (DON) ont été établis. *Fusarium graminearum*, *F. avenaceum* et *Microdochium nivale* ont été isolés de tous les échantillons. Les taux les plus élevés d'infection par *F. graminearum* (42 %) et la plus haute teneur en DON (6 ppm) ont été obtenus après semis direct suivant un précédent blé d'automne ou maïs; le labour a diminué la contamination par *F. graminearum* et la teneur en DON de 80 % (le chisel: 45 %) en comparaison avec le semis direct. Avec semis direct suivant une culture de colza, le taux d'infection par *F. graminearum* et la teneur en DON ont été de plus de 90 % inférieurs à ceux observés après le maïs. Ces résultats confirment l'importance d'une rotation des cultures appropriée et du labour pour réduire le risque de contamination du grain par les *Fusarium* et la mycotoxine DON sous conditions météorologiques chaudes et humides pendant la floraison du blé.

## SUMMARY

### Effects of preceding crop and tillage on the incidence of *Fusarium* spp. and mycotoxin deoxynivalenol content in winter wheat grain

In two field experiments with mouldboard plough, cultivator and no-tillage, the harvested grains of winter wheat were analysed. We examined the degree of contamination with *Fusarium* and the content of deoxynivalenol (DON). *Fusarium graminearum*, *F. avenaceum* and *Microdochium nivale* were isolated from all samples. The highest incidence of disease (up to 42 % infection by *F. graminearum*) and mycotoxin content (up to 6 ppm DON) were observed in the no-tillage system with maize or wheat as preceding crop. Compared to no-tillage, mouldboard plough reduced the grain contamination with *F. graminearum* and the DON-content by 80 % (cultivator: 45 %). In no-tillage treatments, rape as previous crop reduced the *F. graminearum* incidence and the DON-content by 90 % compared to maize as preceding crop. These data confirm the importance of crop rotation and soil management to reduce the risk of contamination with *Fusarium* and DON under moist and warm weather conditions during the wheat flower period.

**Key words:** no-tillage, *Fusarium graminearum*, deoxynivalenol