Zeitschrift: Mitteilungen aus dem Gebiete der Lebensmitteluntersuchung und Hygiene = Travaux de chimie alimentaire et d'hygiène

Herausgeber: Bundesamt für Gesundheit

Band: 87 (1996)

Heft: 1

Artikel: Untersuchungen zum Fusarienbefall und zur Mykotoxinbelastung des schweizerischen Brotgetreides der Ernten 1992-1994 =Investigations on the infestation by fusarium and on contamination of mycotoxins of Swiss bread-making cereals of the 1992-1994 harvests

Autor: Bucheli, Beat / Diserens, Pierre / Rychener, Martin

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-982071

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 11.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Mitt. Gebiete Lebensm. Hyg. **87**, 84–102 (1996)
Eingegangen 1. November 1995. Angenommen 8. November 1995

Untersuchungen zum Fusarienbefall und zur Mykotoxinbelastung des schweizerischen Brotgetreides der Ernten 1992–1994

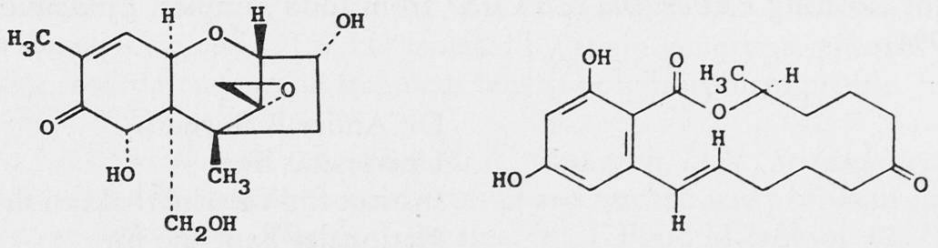
Investigations on the Infestation by Fusarium and on Contamination of Mycotoxins of Swiss Bread-making Cereals of the 1992–1994 Harvests

Key words: Cereals, Infestation, Fusarium, Deoxynivalenol, Zearalenone, Tolerances

Beat Bucheli, Pierre Diserens, Martin Rychener, Jean-Daniel Tièche und *Norbert Trenkner*
Bundesamt für Landwirtschaft, Bern

Einleitung

Mykotoxine sind giftige Stoffwechselprodukte, welche von verschiedenen Pilzen unter bestimmten Umweltbedingungen produziert werden (1, 2). Je nach Art des Pilzes befällt dieser das Getreide entweder erst bei der Lagerung oder aber bereits auf dem Feld (3). Zu den letzteren gehören die Fusarien, welche die toxischen Trichothecene sowie das östrogene Zearalenon (ZON) bilden können. Das am häufigsten und in den höchsten Konzentrationen auftretende Trichothecen ist Deoxynivalenol (Vomitoxin, DON) (4). Die chemischen Strukturen sind in Abbildung 1 gezeigt.



DON ZON

Abb. 1. Strukturformeln von Deoxynivalenol (DON) und Zearalenon (ZON) (18)

In einer kürzlich durchgeführten Untersuchung (5) konnten in insgesamt 67 zum Teil verarbeiteten Cerealienprodukten, welche grösstenteils aus der Schweiz stammten, keine Trichothecene nachgewiesen werden, hingegen wurde in schweizerischen Futtermaisproben Deoxynivalenol in Gehalten bis zu 1000 µg/kg gefunden. In der Schweiz sind bislang für Fusarientoxine keine Höchstkonzentrationen festgelegt worden (6). Grenz- und Richtwerte für DON, ZON und T-2-Toxin (T2) bestehen in anderen Ländern zurzeit gemäss Tabelle 1.

1992 tauchte die Frage auf, wie es sich beim in der Schweiz ausschliesslich vom Bund übernommenen Brotgetreide mit der Mykotoxinbelastung verhält. Speziell interessierte dabei, ob beim Extensoanbau und dem damit verbundenen Verzicht

Tabelle 1. Grenz- und Richtwerte für Fusarientoxine in getreidehaltigen Lebens- und Futtermitteln (16)

Land	Bemerkung	Zearalenon (ZON) (µg/kg	Deoxynivalenol (DON) (µg/kg)	T-2-Toxin (µg/kg)
Russland	1984	1000 Cerealienkörner	1000 Hartweizen 500 übriger Weizen	100 Cerealienkörner
Kanada	1985		2000 ungereinigter Weizen, Weichweizen für Kleiefabrikation 1000 Weizen für Kindernährmittel	
Brasilien		200 Mais		
USA			2000 Rohweizen für menschlichen Konsum 1000 Mahlprodukte für menschlichen Konsum 4000 Futtermittel (max. 10% in Schweinefutter, max. 50% in Wiederkäuer- und Geflügelfutter)	
Rumänien	?	30 Lebensmittel allgemein	5 alle Futtermittel	
Frankreich (17)	nicht offiziell	200 Cerealien	100 Cerealien	
Österreich (12)	Richtwert	60 Getreide	500 Weizen, Roggen 750 Hartweizen	100 Getreide

auf Fungizide ein erhöhter Befall mit Fusarien und damit eine höhere Belastung an Fusarientoxinen auftritt. Anlässlich der Getreideernten 1992 bis 1994 wurden daher Übersichtsuntersuchungen durchgeführt, um Aufschluss über eine allfällige Kontamination mit Fusarientoxinen zu erhalten.

Versuchsanordnung

Mustererhebungen

Ernte 1992

In den Getreidesammelstellen wurden die zurückgestellten Produzentenmuster der einzelnen eingelieferten Getreideposten visuell auf Fusarienbefall geprüft. Dieser ist zu erkennen an rötlich, weisslich oder rosarot verfärbten, zum Teil verschrumpften und leichten sog. tauben Körnern. Befallene Muster wurden aussortiert und in stark und mittel befallene Muster eingeteilt. Dazu wurden einige Muster zufällig ausgewählt, welche keinen sichtbaren Befall aufwiesen. Total kamen auf diese Weise 37 Muster zusammen.

Ernte 1993

a) Übersichtsuntersuchung Produzentenmuster

Es wurden 24 Sammelstellen, verteilt auf die ganze Schweiz, ausgewählt, welche zusammen etwa 13,5% des Brotgetreides abliefern. Alle in diesen Sammelstellen verfügbaren Produzentenmuster wurden visuell begutachtet und die Gesamtzahl ermittelt. Die Zahl der fusarienbefallenen Muster wurden ebenfalls ermittelt. Diese Erhebung erfolgte für konventionelles und extensives Getreide getrennt. Aus den befallenen Mustern wurden je 15 mit schwachem und 15 mit starkem Befall für die chemische Untersuchung derart ausgewählt, dass Sammelstellen aus allen Regionen berücksichtigt wurden.

b) Übersichtsuntersuchung Übernahmemuster

Da 1993 Fusarienbefall relativ häufig auftrat, wurden in verschiedenen Sammelstellen in allen acht Weizenanbauregionen der Schweiz insgesamt 61 Muster anlässlich von Getreideübernahmen des Bundes gezogen. Dabei wurde wenn möglich in jeder Sammelstelle je ein Weizenmuster der Preisklassen I und II aus konventionellem und extensivem Anbau erhoben. Die Muster waren nicht sortenrein und bestanden aus Mischungen von Posten verschiedener Produzenten. In der Praxis wird der Weizen den Mühlen in dieser Form zugeteilt. Keines dieser Muster war augenfällig von Fusarien befallen.

Ernte 1994

Die Untersuchung wurde analog zur Übersichtsuntersuchung von Produzentenmustern 1993 in denselben Sammelstellen durchgeführt. 26 befallene Muster

wurden für die chemische Untersuchung ausgewählt. Davon waren 22 schwach und vier mittel befallen.

Instrumentalanalytische Untersuchungen

Bei allen Musterserien wurde zunächst der Gehalt an Ergosterin sämtlicher Muster bestimmt. Ausserdem wurden die Proben auf ZON und auf die Trichothecene T2, HT-2-Toxin (HT2), Diacetoxyscirpenol (DAS), Nivalenol (NIV) und DON untersucht. Die Proben wurden mit Ethylacetat extrahiert und die Extrakte an einer Kieselgelkartusche gereinigt. Die Messung erfolgte mit Gaschromatographie-Massenspektrometrie (GC-MS) im SIM-Modus (Single Ion Monitoring). Da auf diese Weise sehr selektiv nur die für die betreffenden Mykotoxine typischen Massenfragmente aufgezeichnet wurden, konnten die Mykotoxine von der Matrix getrennt betrachtet werden. Sämtliche analytisch-chemischen Untersuchungen wurden vom Auftragslaboratorium UFAG AG, Sursee, durchgeführt, welches für solche Arbeiten akkreditiert wurde.

Resultate und Diskussion

Visueller Fusarienbefall

Da bei der Ernte 1992 die Anzahl fusarienbefallener Muster noch nicht in Relation zur Gesamtzahl der untersuchten Muster gebracht wurde, kann der Anteil an Befall für dieses Jahr nicht geschätzt werden. 1993 wiesen 1,7% der kontrollierten Muster in den 24 ausgewählten Sammelstellen einen mehr oder weniger starken Befall auf (Tabelle 2). Relativ viele befallene Muster fanden sich in den Gegenden von Leibstadt, Kölliken sowie im Kanton Zürich. Im Erntejahr 1994 waren in denselben Sammelstellen bedeutend weniger Posten befallen, nämlich 0,2% (Tabelle 3).

Die beiden Tabellen 2 und 3 zeigen auch die nach konventionellem und extensivem Anbau getrennt erfassten Befallsanteile. Bei extensivem Anbau ist der totale Anteil in beiden Jahren grösser. Dies deckt sich mit den Befunden von *Marx* et al. (7), welche in Deutschland häufigere und stärkere Mykotoxinbelastung beim ökologisch angebauten Getreide (entspricht unserem Bioanbau) gefunden hatten. Ob die Unterschiede in der vorliegenden Untersuchung signifikant sind, kann mit Hilfe der vorhandenen Daten nicht schlüssig bestimmt werden[1]. Für die Praxis sind sie jedenfalls nicht relevant, so dass Extensogetreide ohne weiteres verarbeitet und konsumiert werden kann.

[1] Für die wertvollen Anregungen bei der statischen Betrachtung sei Herrn Dr. P. Lischer, Bern-Liebefeld, bestens gedankt.

Tabelle 2. Fusarienbefall Ernte 1993

Nr.	Region	Konventionell			Extenso			Gesamter Anbau		
		Anzahl		%	Anzahl		%	Anzahl		%
		total	bef.	bef.	total	bef.	bef.	total	bef.	bef.
1	1: La Côte-Valais	314	2	0,6	79	0	0,0	393	2	0,5
2	2: Gros de Vaud	333	3	0,9	13	0	0,0	346	3	0,9
3	2: Gros de Vaud	1390	11	0,8	60	1	1,7	1450	12	0,8
4	2: Gros de Vaud	431	4	0,9	6	0	0,0	437	4	0,9
5	2: Gros de Vaud	901	2	0,2	14	0	0,0	915	2	0,2
6	2: Gros de Vaud	213	0	0,0	200	2	1,0	413	2	0,5
7	4: Jura-Nordwest	314	3	1,0	193	7	3,6	507	10	2,0
8	4: Jura-Nordwest	309	8	2,6	374	12	3,2	683	20	2,9
9	4: Jura-Nordwest	136	2	1,5	245	6	2,4	381	8	2,1
10	4: Jura-Nordwest	38	5	13,2	100	5	5,0	138	10	7,2
11	4: Jura-Nordwest	100	1	1,0	13	0	0,0	113	1	0,9
12	5: Mittelland West	196	1	0,5	94	2	2,1	290	3	1,0
13	5: Mittelland West	285	4	1,4	52	1	1,9	337	5	1,5
14	5: Mittelland West	350	3	0,9	90	2	2,2	440	5	1,1
15	5: Mittelland West	317	4	1,3	43	0	0,0	360	4	1,1
16	5: Mittelland West	406	8	2,0	21	2	9,5	427	10	2,3
17	6: Hügelland Ost	59	2	3,4	21	1	4,8	80	3	3,8
18	6: Hügelland Ost	64	0	0,0	72	1	1,4	136	1	0,7
19	7: Mittelland Ost	40	2	5,0	33	3	9,1	73	5	6,8
20	7: Mittelland Ost	180	4	2,2	49	2	4,1	229	6	2,6
21	7: Mittelland Ost	110	2	1,8	0	0	–	110	2	1,8
22	7: Mittelland Ost	192	11	5,7	126	4	3,2	318	15	4,7
23	8: Ostschweiz	273	12	4,4	128	7	5,5	401	19	4,7
24	8: Ostschweiz	905	18	2,0	223	5	2,2	1128	23	2,0
Total		7 856	112	1,4	2 249	63	2,8	10105	175	1,7
Mittelwert				2,22			2,74			
Standardabweichung				2,72			2,63			
Umfang der Stichprobe				24			23			

Tabelle 3. Fusarienbefall Ernte 1994

Nr.	Region	Konventionell			Extenso			Gesamter Anbau		
		Anzahl		%	Anzahl		%	Anzahl		%
		total	bef.	bef.	total	bef.	bef.	total	bef.	bef.
1	1: La Côte-Valais	338	1	0,3	102	1	1,0	440	2	0,5
2	2: Gros de Vaud	208	0	0,0	16	0	0,0	224	0	0,0
3	2: Gros de Vaud	1030	3	0,3	45	0	0,0	1075	3	0,3
4	2: Gros de Vaud	420	0	0,0	10	0	0,0	430	0	0,0
5	2: Gros de Vaud	824	0	0,0	21	0	0,0	845	0	0,0
6	2: Gros de Vaud	227	0	0,0	176	0	0,0	403	0	0,0
7	4: Jura-Nordwest	94	0	0,0	326	1	0,3	420	1	0,2
8	4: Jura-Nordwest	2512	0	0,0	375	0	0,0	2887	0	0,0
9	4: Jura-Nordwest	136	0	0,0	245	0	0,0	381	0	0,0
10	4: Jura-Nordwest	192	2	1,0	227	3	1,3	419	5	1,2
11	4: Jura-Nordwest	89	0	0,0	4	0	0,0	93	0	0,0
12	5: Mittelland West	153	0	0,0	105	0	0,0	258	0	0,0
13	5: Mittelland West	411	0	0,0	78	0	0,0	489	0	0,0
14	5: Mittelland West	262	0	0,0	138	0	0,0	400	0	0,0
15	5: Mittelland West	242	1	0,4	61	0	0,0	303	1	0,3
16	5: Mittelland West	347	1	0,3	30	0	0,0	377	1	0,3
17	6: Hügelland Ost	55	1	1,8	29	0	0,0	84	1	1,2
18	6: Hügelland Ost	60	0	0,0	80	0	0,0	140	0	0,0
19	7: Mittelland Ost	59	0	0,0	80	0	0,0	139	0	0,0
20	7: Mittelland Ost	157	1	0,6	85	1	1,2	242	2	0,8
21	7: Mittelland Ost	215	0	0,0	2	0	0,0	217	0	0,0
22	7: Mittelland Ost	113	0	0,0	144	2	1,4	257	2	0,8
23	8: Ostschweiz	583	2	0,3	200	1	0,5	783	3	0,4
24	8: Ostschweiz	334	5	1,5	9	2	22,2	343	7	2,0
Total		9061	17	0,2	2 588	11	0,4	11649	28	0,2
Mittelwert				0,28			1,16			
Standardabweichung				0,49			4,41			
Umfang der Stichprobe				24			24			

Fusarientoxine in Mustern von Übernahmen 1993

In keinem der 61 Übernahmemuster, bei welchen visuell kein Fusarienbefall festgestellt wurde, konnten die Trichothecene T2, HT2, DAS und NIV nachgewiesen werden. In 21 Mustern wurde DON und in 3 Mustern ZON nachgewiesen, wie Tabelle 4 zeigt. Verglichen mit den im Ausland festgelegten Grenzwerten waren jedoch die gefundenen Konzentrationen verschwindend klein. Für DON lagen sie zwischen 10 und 80 µg/kg, für ZON in der Grössenordnung von 10 µg/kg. Dies bedeutet, dass auch in einem Jahr, wo Fusariosen auf den Feldern nachweislich relativ häufig auftraten, die Belastung an Fusarientoxinen im Getreide, welches der Bund den Mühlen zugeteilt hat, sehr gering ist. Zudem ist bei den ohnehin schon geringen Konzentrationen weder zwischen den Preisklassen I und II noch zwischen konventionellem und extensivem Anbau ein Unterschied zu finden. Auch diese Untersuchung zeigt, dass Extenso-Getreide nicht überdurchschnittlich mit Pilzgiften belastet ist.

Tabelle 4. Übersichtsuntersuchung Fusarientoxine Ernte 1993, Übernahmemuster, höchste gefundene ZON- und DON-Konzentrationen

Region (Kantone)	Preisklasse	Anbaumethode	Anzahl untersuchte Proben	Höchste gefundene Konzentration (µg/kg)		Anzahl kontaminierte Proben	
				ZON	DON	ZON	DON
1: La Côte-Valais (GE, VD, VS)	I	konv.	2	12	48		
	I	ext.	2	< 10	26		
	II	konv.	2	10	14		
	II	ext.	1	< 10	< 10		
	total		7	12	48	2	5
2: Gros de Vaud (VD, FR, NE)	I	konv.	3	< 10	< 10		
	I	ext.	3	< 10	< 10		
	II	konv.	4	< 10	14		
	II	ext.	1	< 10	< 10		
	total		11	< 10	14	0	1
3: Colline ouest (VD, FR, BE)	I	konv.	1	< 10	14		
	I	ext.	1	< 10	< 10		
	II	konv.	1	< 10	19		
	II	ext.	1	< 10	< 10		
	total		4	< 10	19	0	2
4: Jura-Nordwest (NE, JU, BE, BL, AG)	I	konv.	1	< 10	41		
	I	ext.	1	< 10	< 10		
	II	konv.	1	< 10	< 10		
	II	ext.	1	< 10	14		
	total		4	< 10	41	0	2

Region (Kantone)	Preis-klasse	Anbau-methode	Anzahl unter-suchte Proben	Höchste gefundene Konzentration (µg/kg)		Anzahl kontaminierte Proben	
				ZON	DON	ZON	DON
5: Mittelland West (BE, SO, NE FR)	I	konv.	3	< 10	80		
	I	ext.	3	< 10	29		
	II	konv.	3	< 10	14		
	II	ext.	3	< 10	18		
	total		12	< 10	80	0	5
6: Hügel Ost (BE, LU, ZG, ZH, SG, TG)	I	konv.	1	< 10	< 10		
	I	ext.	1	< 10	< 10		
	II	konv.	1	< 10	< 10		
	II	ext.	1	< 10	< 10		
	total		4	< 10	< 10	0	0
7: Mittelland Ost (SO, AG, ZH)	I	konv.	2	< 10	12		
	I	ext.	2	< 10	< 10		
	II	konv.	3	< 10	10		
	II	ext.	3	16	10		
	total		9	16	12	1	3
8: Ostschweiz (SH, TG, SG, GR, ZH)	I	konv.	3	< 10	13		
	I	ext.	3	< 10	< 10		
	II	konv.	3	< 10	14		
	II	ext.	1	< 10	13		
	total		10	< 10	14	0	3
Schweiz gesamt	I	konv.	16	12	80		
	I	ext.	16	< 10	29		
	II	konv.	18	< 10	19		
	II	ext.	11	16	18		
	total		61	16	80	3 (5%)	21 (35%)

Fusarientoxingehalte von unterschiedlich stark befallenen Mustern

Die Trichothecene T2, HT2, DAS und NIV wurden von 1992 bis 1994 in keinem der für die chemischen Analysen ausgewählten insgesamt 93 Muster gefunden. Andererseits war keines der ZON-haltigen Muster frei von DON. Dies zeigt, dass es bei künftigen Untersuchungen ausreicht, vor allem nach dem am häufigsten auftretenden Mykotoxin DON zu suchen.

Um festzustellen, ob in Mustern, welche sichtbar keinen Befall mit Fusarien aufweisen, tatsächlich keine Mykotoxine enthalten sind, wurden 1992 einige unbefallene Muster untersucht. Aus Tabelle 5 ist zu entnehmen, dass in keinem dieser 14 Muster ZON nachgewiesen werden konnte. DON wurde in sehr geringen

Mengen zwischen ca. 10 und 50 µg/kg in vielen der Muster gefunden. Der höchste Gehalt in einem unbefallenen Muster betrug 166 µg/kg.

Tabelle 5. Fusarientoxine und Ergosterin, Ernte 1992, Muster *ohne* sichtbaren Befall

Nr.	Jahr	Region	Sorte	Anbau	Ergosterin (mg/kg	ZON (µg/kg)	DON (µg/kg)
1	92	2: Gros de Vaud	ARINA	konv.	6,0	< 10	24
2	92	2: Gros de Vaud	BOVAL	konv.	10,2	< 10	58
3	92	2: Gros de Vaud	FORNO	konv.	9,9	< 10	14
4	92	2: Gros de Vaud	BOVAL	konv.	5,3	< 10	14
11	92	4: Jura-Nordwest	BOVAL	konv.	6,4	< 10	38
13	92	2: Gros de Vaud	FRISAL	konv.	7,3	< 10	26
15	92	4: Jura-Nordwest	OBELISK	konv.	11,2	< 10	166
16	92	4: Jura-Nordwest	BOVAL	konv.	8,7	< 10	24
17	92	4: Jura-Nordwest	BOVAL	ext.	7,6	< 10	23
18	92	4: Jura-Nordwest	BOVAL	konv.	7,2	< 10	42
22	92	7: Mittelland Ost	BOVAL	ext.	7,5	< 10	15
35	92	5: Mittelland West	GALAXIE	ext.	4,8	< 10	< 10
36	92	5: Mittelland West	OBELISK	konv.	9,3	< 10	36
37	92	5: Mittelland West	BOVAL	konv.	8,6	< 10	< 10
		Mittelwert			7,9		34
		Standardabweichung			1,8		40
		Minimum			4,8		
		Maximum			11,2		166
		0,025-Quantil			5,0		
		Unteres Quartil			6,6		14
		Zentralwert			7,6		24
		Oberes Quartil			9,2		38
		0,975-Quantil			10,9		131

Von den 37 Mustern mit schwachem Fusarienbefall, deren Untersuchungsresultate in Tabelle 6 aufgeführt sind, enthielten nur zwei ZON in Konzentrationen von rund 100 µg/kg. DON wurde hingegen in den meisten Mustern gefunden. Die mittlere DON-Konzentration betrug rund 150 µg/kg, der Zentralwert aber nur rund 30 µg/kg. In den beiden Mustern, welche auch ZON enthielten, wurden Gehalte von über 500 µg/kg DON festgestellt.

Tabelle 6. Fusarientoxine und Ergosterin, Ernten 1993 und 1994, Muster mit *schwachem* Befall (befallene Körner nur schwer erkennbar)

Nr.	Jahr	Region	Sorte	Anbau	Ergo-sterin (mg/kg)	ZON (µg/kg)	DON (µg/kg)
1	94	2: Gros de Vaud	Roggen	konv.	6,4	< 10	< 10
2	94	1: La Côte-Valais	ARINA	konv.	6,8	< 10	< 10
3	94	6: Hügelland Ost	GALAXIE	konv.	4,6	< 10	< 10
4	94	8: Ostschweiz	LONA	konv.	3,2	< 10	53
5	94	8: Ostschweiz	Roggen	konv.	9,2	< 10	< 10
6	94	8: Ostschweiz	BOVAL	konv.	3,6	< 10	125
7	94	8: Ostschweiz	FRISAL	konv.	4,9	< 10	241
8	94	8: Ostschweiz	GALAXIE	konv.	5,2	< 10	88
9	94	8: Ostschweiz	GALAXIE	konv.	5,7	< 10	90
10	94	8: Ostschweiz	Roggen	konv.	13,2	< 10	125
11	94	7: Mittelland Ost	ARINA	konv.	4,2	< 10	< 10
12	94	5: Mittelland West	GALAXIE	konv.	6,4	< 10	< 10
13	94	5: Mittelland West	FRISAL	konv.	2,4	< 10	< 10
14	94	4: Jura-Nordwest	ARINA	ext.	4,3	< 10	< 10
15	94	1: La Côte-Valais	GALAXIE	ext.	2,2	< 10	31
16	94	4: Jura-Nordwest	LONA	ext.	4,8	< 10	< 10
17	94	4: Jura-Nordwest	GALAXIE	ext.	4,3	< 10	93
18	94	8: Ostschweiz	LONA	ext.	6,8	< 10	150
19	94	8: Ostschweiz	ARINA	ext.	4,1	< 10	34
20	94	8: Ostschweiz	LONA	ext.	3,5	< 10	133
21	94	7: Mittelland Ost	GALAXIE	ext.	6,0	< 10	34
22	94	7: Mittelland Ost	LONA	ext.	6,9	< 10	49
1	93	5: Mittelland West	FORNO	konv.	4,3	< 10	< 10
2	93	4: Jura-Nordwest	ARINA	konv.	5,0	< 10	186
3	93	4: Jura-Nordwest	BOVAL	konv.	5,7	< 10	31
4	93	2: Gros de Vaud	ARINA	konv.	5,3	< 10	32
5	93	2: Gros de Vaud	ARINA	konv.	3,7	< 10	< 10
6	93	4: Jura-Nordwest	ARINA	konv.	12,9	121	2542
7	93	7: Mittelland Ost	ARINA	konv.	7,1	< 10	10

Nr.	Jahr	Region	Sorte	Anbau	Ergo-sterin (mg/kg)	ZON (µg/kg)	DON (µg/kg)
8	93	5: Mittelland West	ARINA	konv.	6,9	< 10	< 10
9	93	4: Jura-Nordwest	GALAXIE	ext.	5,7	< 10	93
10	93	4: Jura-Nordwest	FORNO	ext.	9,1	67	1230
11	93	4: Jura-Nordwest	ARINA	ext.	6,5	< 10	494
12	93	5: Mittelland West	BOVAL	ext.	4,3	< 10	< 10
13	93	4: Jura-Nordwest	ARINA	ext.	7,5	< 10	36
14	93	5: Mittelland West	FRISAL	ext.	4,8	< 10	< 10
15	93	2: Gros de Vaud	GALAXIE	ext.	8,1	< 10	< 10
		Mittelwert			5,8	–	159
		Standardabweichung			2,4	–	450
		Minimum			2,2		< 10
		Maximum			13,2	121	2542
		0,025-Quantil			2,4		< 10
		Unteres Quartil			4,3		< 10
		Zentralwert			5,3		32
		Oberes Quartil			6,8		93
		0,975-Quantil			12,9	72	1361

In den Mustern mit mittlerem Befall wurde etwa in der Hälfte der 17 Muster ZON gefunden. Tabelle 7 zeigt, dass die Gehalte zwischen 11 und 42 µg/kg betrugen. In fast allen Mustern wurde DON nachgewiesen, allerdings vielfach in tiefen Konzentrationen von unter 100 µg/kg. Einen Gehalt von über 500 µg/kg wies nur ein einziges Muster auf.

Tabelle 7. Fusarientoxine und Ergosterin, Ernten 1992 und 1994, Muster mit *mittlerem* Befall (befallene Körner einigermassen erkennbar)

Nr.	Jahr	Region	Sorte	Anbau	Ergosterin (mg/kg	ZON (µg/kg)	DON (µg/kg)
23	94	4: Jura-Nordwest	BOVAL	konv.	7,3	< 10	< 10
24	94	4: Jura-Nordwest	BOVAL	konv.	6,3	< 10	130
25	94	7: Mittelland Ost	GALAXIE	konv.	5,1	< 10	< 10
26	94	4: Jura-Nordwest	BOVAL	ext.	3,6	< 10	97
6	92	4: Jura-Nordwest	BOVAL	konv.	8,9	23	39

Nr.	Jahr	Region	Sorte	Anbau	Ergosterin (mg/kg	ZON (µg/kg)	DON (µg/kg)
7	92	4: Jura-Nordwest	BOVAL	ext.	10,6	17	155
8	92	4: Jura-Nordwest	GALAXIE	konv.	14,3	42	105
9	92	4: Jura-Nordwest	BOVAL	konv.	8,3	< 10	39
10	92	4: Jura-Nordwest	ARINA	ext.	9,4	< 10	35
14	92	4: Jura-Nordwest	BOVAL	konv.	5,3	19	37
20	92	7: Mittelland Ost	BOVAL	ext.	5,2	< 10	30
24	92	4: Jura-Nordwest	BOVAL	konv.	6,7	< 10	103
25	92	4: Jura-Nordwest	BOVAL	ext.	19,1	28	857
27	92	6: Hügelland Ost	ARINA	ext.	6,8	< 10	29
28	92	7: Mittelland Ost	BOVAL	ext.	5,0	15	40
30	92	4: Jura-Nordwest	ARINA	konv.	10,2	11	64
31	92	7: Mittelland Ost	ARINA	konv.	4,5	11	30
		Mittelwert			8,0	10	105
		Standardabweichung			3,8	12	193
		Minimum			3,6		
		Maximum			19,1	42	857
		0,025-Quantil			4,0		
		Unteres Quartil			5,2		30
		Zentralwert			6,8		39
		Oberes Quartil			9,4	17	103
		0,975-Quantil			17,2	36	576

Bei allen 25 Mustern, welche als stark befallen eingestuft wurden, wurde DON gefunden, bei der Hälfte davon ebenfalls ZON. Die mittleren DON-Gehalte betrugen je nach Berechnungsweise (Mittelwert oder Zentralwert) 728 µg/kg bzw. 548 µg/kg (Tabelle 8). Etwas mehr als die Hälfte dieser Proben wiesen DON-Gehalte auf, welche über dem österreichischen Grenzwert von 500 µg/kg lagen.

Tabelle 8. Fusarientoxine und Ergosterin, Ernten 1992 und 1993, Muster mit *starkem* Befall (befallene Körner sofort erkennbar)

Nr.	Jahr	Region	Sorte	Anbau	Ergosterin (mg/kg)	ZON (µg/kg)	DON (µg/kg)
16	93	7: Mittelland Ost	ARINA	konv.	8,9	< 10	531
17	93	7: Mittelland Ost	ARINA	konv.	6,2	< 10	548

Nr.	Jahr	Region	Sorte	Anbau	Ergosterin (mg/kg)	ZON (µg/kg)	DON (µg/kg)
18	93	7: Mittelland Ost	ARINA	konv.	6,0	< 10	745
19	93	7: Mittelland Ost	ARINA	konv.	7,6	< 10	244
20	93	4: Jura-Nordwest	GALAXIE	konv.	10,4	< 10	945
21	93	4: Jura-Nordwest	IENA	konv.	14,9	< 10	1172
22	93	8: Ostschweiz	EIGER	konv.	5,8	< 10	554
23	93	8: Ostschweiz	ARINA	konv.	11,7	< 10	762
24	93	4: Jura-Nordwest	BOVAL	ext.	17,1	75	2750
25	93	4: Jura-Nordwest	BOVAL	ext.	11,3	< 10	3010
26	93	4: Jura-Nordwest	GALAXIE	ext.	11,0	< 10	599
27	93	4: Jura-Nordwest	BOVAL	ext.	18,4	< 10	1760
28	93	4: Jura-Nordwest	BOVAL	ext.	10,6	60	724
29	93	4: Jura-Nordwest	BOVAL	ext.	13,5	< 10	291
30	93	4: Jura-Nordwest	BOVAL	ext.	10,9	< 10	797
5	92	4: Jura-Nordwest	BOVAL	ext.	8,2	< 10	35
12	92	4: Jura-Nordwest	GALAXIE	konv.	20,5	30	457
19	92	4: Jura-Nordwest	BOVAL	ext.	16,2	26	177
21	92	7: Mittelland Ost	BOVAL	ext.	12,4	23	189
23	92	4: Jura-Nordwest	BOVAL	ext.	19,1	45	406
26	92	6: Hügelland Ost	ARINA	konv.	7,1	11	28
29	92	4: Jura-Nordwest	BOVAL	konv.	8,4	15	105
32	92	5: Mittelland West	OBELISK	konv.	15,0	24	291
33	92	4: Jura-Nordwest	CAROLUS	konv.	38,1	68	861
34	92	4: Jura-Nordwest	BOVAL	konv.	12,2	31	230
		Mittelwert			12,9	16	728
		Standardabweichung			6,6	23	741
		Minimum			5,8		28
		Maximum			38,1	75	3010
		0,025-Quantil			5,9		32
		Unteres Quartil			8,4		244
		Zentralwert			11,3		548
		Oberes Quartil			15,0	26	797
		0,975-Quantil			27,5	71	2854

Immerhin noch zwei von 25 untersuchten stark befallenen Posten hätten auch vor dem US-Grenzwert für Rohgetreide von 2000 µg/kg nicht bestanden.

Ein auffällig grosser Teil der untersuchten Muster mit mittlerem bis starkem Befall (Tabellen 7 und 8) betrifft die Sorte BOVAL, obschon diese Sorte im Anbau nur einen geringen Anteil ausmacht. Dies deutet auf eine erhöhte Anfälligkeit von BOVAL auf Fusarien hin. Im Gegensatz dazu kommt die Sorte FORNO mit einem ähnlichen Anbauanteil bei den stärker befallenen Mustern praktisch nicht vor, während ARINA im Verhältnis zum hohen Anbauanteil von über 50% ebenfalls nur selten befallen ist. Diese Befunde decken sich mit den Erfahrungen von *Winter* (8).

Korrelationen mit Ergosterin

Ergosterin ist ein chemischer Indikator für die von Pilzen gebildete Biomasse (9, 10). Aufgrund des Ergosteringehaltes in einem Getreidemuster soll daher auf die Anwesenheit von Fusarien und damit unter Umständen auch von Fusariento-xinen geschlossen werden können (11). In Abbildung 2 wurde der DON-Gehalt sämtlicher analysierten Produzentenmuster der Jahre 1992 bis 1994 gegen deren Ergosteringehalt aufgetragen. Abbildung 3 zeigt die gleiche Graphik für ZON. Für beide Mykotoxine ist die Tendenz zu erkennen, dass höhere Konzentrationen mit erhöhten Gehalten an Ergosterin einhergehen.

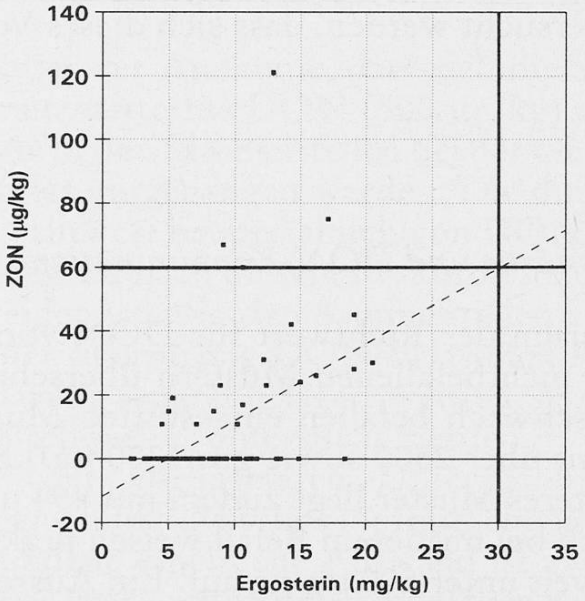


Abb. 2. Deoxynivalenol (DON) gegen Ergosterin, Ernten 1992–1994 (Korrelationskoeffizient r = 0,503, Anzahl beobachteter Wertepaare n = 92). Die waagrechte fette Linie stellt den österreichischen Richtwert für DON dar, die senkrechte den aufgrund der Regressionsanalyse entsprechenden Ergosterinwert

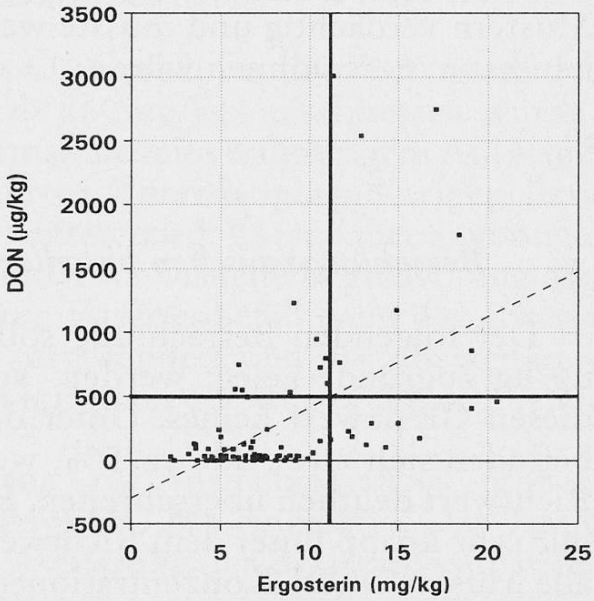


Abb. 3. Zearalenon (ZON) gegen Ergosterin, Ernten 1992–1994 (Korrelationskoeffizient r = 0,496, Anzahl beobachteter Wertepaare n = 92). Die waagrechte fette Linie stellt den österreichischen Richtwert für ZON dar, die senkrechte den aufgrund der Regressionsanalyse entsprechenden Ergosterinwert

Die Graphik zeigt, dass bei einer DON-Konzentration von 500 µg/kg, wie sie dem österreichischen Richtwert entspricht, ein Ergosteringehalt von etwa 11 mg/kg zu erwarten ist. Diese Limiten liegen günstig im Bereich der gemessenen Werte. Allerdings ist der Korrelationskoeffizient (r = 0,503) etwas schwach und das Prognoseintervall entsprechend breit. Von den insgesamt 92 Mustern finden sich immerhin neun, bei welchen zum Teil weit mehr als 500 µg/kg DON gefunden wurden, obschon ihr Ergosteringehalt unter der Limite von 11 mg/kg liegt. Umgekehrt weisen zehn Muster trotz erhöhten Ergosterinwerten DON-Konzentrationen von unter 500 µg/kg auf. Anders ausgedrückt könnten mit der Ergosterinmethode von 15 Mustern, welche bei einem Toleranzwert von 500 µg DON pro kg zu beanstanden wären, nur gerade sechs entdeckt werden.

Der Richtwert nach *Lew* (12) für ZON beträgt 60 µg/kg. Dies ergibt in der Graphik (Abb. 3) für Ergosterin einen sehr hohen Schwellenwert von etwa 30 mg/kg. Alle untersuchten Muster liegen somit im unkritischen Bereich unterhalb dieses Wertes. Auf diese Weise können die vier Muster, welche zu beanstanden wären, nicht korrekt erkannt werden.

Gesamthaft gesehen können zwar mit der Ergosterinmethode erhöhte Gehalte des Mykotoxins DON grob vorausgesagt werden, eine Bestätigung durch direkte chemische Bestimmung ist jedoch in jedem Fall unerlässlich. Damit keine Muster mit Mykotoxingehalten, welche über dem Richtwert von 500 (DON) bzw. 60 µg/kg (ZON) liegen, mehr unentdeckt blieben, müsste die Limite für Ergosterin auf 5 mg/kg angesetzt werden. Dadurch würde jedoch ein derart grosser Anteil an Mustern verdächtig und müsste weiteruntersucht werden, dass sich dieses Vorgehen kaum noch lohnen würde.

Beziehung zwischen visueller Befallsstärke und DON-Kontamination

Der folgenden Betrachtung soll wiederum der Richtwert für DON von 500 µg/kg zugrunde gelegt werden. Von den nichtbefallenen Mustern überschreitet diesen Grenzwert keines. Unter den als schwach befallen eingestuften Mustern befinden sich zwei, d.h. ca. 5%, welche mit über 2500 sowie gut 1200 µg/kg den Richtwert deutlich überschreiten. Ein weiteres Muster liegt zudem mit 494 µg/kg nur sehr knapp unter dem Richtwert. Auch bei mittlerem Befall weisen praktisch alle Muster DON-Konzentrationen von weit unter 500 µg/kg auf. Ein Ausreisser liegt mit 857 µg/kg deutlich darüber. Bei den stark befallenen Mustern liegt bereits gut die Hälfte der Muster über dem Richtwert. Der Zentralwert beträgt 548 µg/kg. Die entsprechenden Verhältnisse sind mit einem sog. Kistendiagramm in Abbildung 4 dargestellt.

Von den 15 Produzentenmustern, welche zwischen 1992 und 1994 in den 24 Getreidesammelstellen zu beanstanden gewesen wären, weil sie den DON-Wert von 500 µg/kg überschritten haben, können somit 12 durch visuelle Begutachtung gefunden werden wenn stark befallene Muster ausgesondert werden. Dies zeigt,

dass das visuelle Verfahren demjenigen mit der Ergosterinbestimmung überlegen ist. Zieht man dabei auch den Aufwand pro Muster in Betracht, wird die Überlegenheit noch deutlicher.

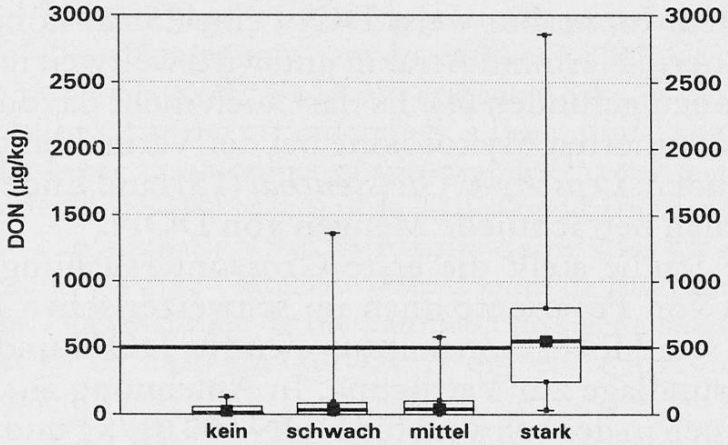


Abb. 4. Deoxynivalenolkonzentrationen (DON) in Abhängigkeit des Fusarienbefalls. Zentralwerte, 50%- (Kisten) und 95%-Spannweiten. Die fette waagrechte Linie entspricht dem österreichischen Richtwert für DON

Vorgehen für die künftige Routinekontrolle

Unter der Annahme, dass sich die Schweiz Österreich bei der Festlegung der Toleranzwerte für DON (500 µg/kg) und ZON (60 µg/kg) anschliessen würde, könnte in den Sammelstellen bei der Getreideannahme mit vernünftigem Aufwand wie folgt vorgegangen werden: Die durchgeführten Untersuchungen zeigen, dass der Richtwert hauptsächlich von DON überschritten wird. Es ist daher angezeigt, vorwiegend nach diesem Mykotoxin zu suchen. Durch visuelle Begutachtung der Getreideposten in den Sammelstellen auf starken Fusarienbefall kann der grösste Teil der übermässig DON-belasteten Partien ausgesondert und bis zur weiteren Abklärung separat gelagert werden. Es müssen nur noch die Muster dieser Posten chemisch weiter untersucht werden.

In der vorliegenden Untersuchung wurde zur instrumentalanalytischen Untersuchung die sehr empfindliche und selektive GC-MS eingesetzt. Der damit verbundene erhebliche Aufwand ist zwar zur Abklärung der Belastungssituation und zur Erarbeitung der Grundlagen gerechtfertigt gewesen, scheint jedoch für das weitere Vorgehen unverhältnismässig. Da voraussichtlich nur Muster mit DON-Gehalten von über 500 µg/kg zu beanstanden sind, drängt sich die Anwendung einer einfacheren und nicht derart empfindlichen Nachweismethode auf. Geeignete Screening-Methoden, z. B. mittels Dünnschichtchromatographie nach *Kroll* et al. (13) oder ELISA nach *Schneider* et al. (14), können hier nach entsprechender Anpassung zielführend sein und auch in relativ einfach ausgerüsteten Laboratorien durchgeführt werden. Posten, deren überhöhte DON-Gehalte analytisch bestätigt worden sind, dürften dann nicht mehr in die menschliche Ernährung gelangen.

Schlussfolgerung

Die Tatsache, dass in der Schweiz für Fusarientoxine wie DON und ZON keine Höchstkonzentrationen festgelegt sind, darf keinesfalls zu Sorglosigkeit und zur Meinung, diese Substanzen dürften ohne weiteres in der menschlichen Nahrung vorkommen, verleiten. Immerhin weist DON eine 25mal höhere akute Toxizität auf als das vieldiskutierte Herbizid Atrazin und wird weltweit in zum Teil beträchtlichen Konzentrationen gefunden (4). Es darf auch nicht davon ausgegangen werden, dass die hier diskutierten Mykotoxine bei der Vermahlung des Getreides aus dem Mehl verschwinden. *Lepschy-v. Gleissenthal* (15) fand Ende der achtziger Jahre selbst in hellen Mehlen beträchtliche Mengen von DON.

Die vorliegende Studie stellt die erste Grossuntersuchung zur Kenntnis der Belastungssituation von Fusarientoxinen im schweizerischen Inlandgetreide dar. Für die Festlegung von Höchstkonzentrationen für DON und ZON steht damit eine notwendige Grundlage zur Verfügung. In Anlehnung an die Richtwerte von Österreich sollten auch in der Schweiz für DON 500 µg/kg und für ZON 60 µg/kg als Toleranzwerte festgelegt werden. Für DON sollte analog den USA auch ein Grenzwert von 2000 µg/kg für Rohgetreide in Erwägung gezogen werden.

Zusammenfassung

1993 waren 1,7% der in 24 ausgewählten, über die ganze Schweiz verteilten Getreidesammelstellen überprüften Getreideeinlieferungen mehr oder weniger stark von Fusarien befallen. 1994 betrug dieser Anteil nur 0,2%. Die Unterschiede zwischen konventionell und extensiv (ohne Fungizide, Insektizide und Wachstumsregulatoren) angebautem Getreide waren in beiden Ernten nicht praxisrelevant.

Insgesamt 92 Muster von Weizenpartien einzelner Produzenten verteilt auf die ganze Schweiz wurden 1992 bis 1994 aufgrund des visuell festgestellten Fusarienbefalls auf Fusarientoxine und Ergosterin als chemischer Indikator für Pilzbefall untersucht. 15 dieser Muster enthielten mehr als 500 µg/kg DON und vier Muster mehr als 60 µg/kg ZON. Bis auf zwei stammten alle stark belasteten Muster aus dem Jahr 1993.

Alle 61 untersuchten Getreidezuteilungen des Bundes an die schweizerischen Mühlen enthielten 1993 weniger als 80 µg/kg Deoxynivalenol (DON) und weniger als 20 µg/kg Zearalenon (ZON).

Die Fusarientoxinbelastung steht sowohl mit dem Ergosteringehalt als auch mit der Stärke des Fusarienbefalls in Beziehung. Durch Aussonderung von stark befallenen Posten und deren chemische Untersuchung mit einer Screening-Methode auf das in Getreide am häufigsten anzutreffende Fusarientoxin DON könnte die Kontamination des Inlandbrotgetreides mit Fusarientoxinen relativ einfach kontrolliert werden.

Résumé

En 1993, 1,7% des livraisons de blé contrôlées dans 24 centres collecteurs répartis sur toute la suisse étaient plus ou moins infectées par les fusaries. Ce taux de fréquence n'était que de 0,2% en 1994. Les différences entre les blés produits selon des méthodes convention-

nelles et ceux produits de manière extensive (sans fongicides, insecticides et régulateurs de croissance) n'ont pas eu d'impact au plan pratique méritant d'être relevé pour ce qui a trait aux deux récoltes examinés.

Sur les lots de blé de producteurs particuliers contrôlés dans l'ensemble de la Suisse au cours des années 1992 à 1994, un total de 92 échantillons ont été prélevés selon leur envahissement par les fusaries. Les mycotoxines et l'ergostérine, qui est un indicateur chimique d'atteintes par les champignons, ont été établies à l'aide de ces échantillons. 15 de ceux-ci contenaient plus de 500 µg/kg de DON et quatre échantillons plus de 60 µg/kg de ZON. Tous ces échantillons gravement contaminés, à l'exeption de deux, dataient de 1993.

Tous les 61 lots attributés aux moulins suisses examinés contenaient, en 1993, moins de 80 µg/kg de déoxynivalenol (DON) et moins de 20 µg/kg de zéaralenone (ZON).

L'importance de la contamination par les toxines de fusaries est en corrélation avec la teneur en ergostérine ainsi qu'avec l'intensité des attaques de fusaries. Cette contamination pourrait être contrôlée facilement sur le blé panifiable indigène suisse en séparant les lots gravements infestés et en les analysant sur DON qui est la mycotoxine trouvée le plus fréquemment dans le blé.

Summary

1.7% of the cereal deliveries which were controlled in 24 cereal collecting centers selected over all Switzerland were affected more ore less by *Fusarium* in 1993. In 1994 this share was only 0.2%. The differences between conventionally and extensively (without fungicides, insecticides and bio-regulators) produced cereals were not relevant for practice in both crops.

A total of 92 wheat samples delivered by individual producers from the whole country were analyzed for *Fusarium* toxins and ergosterine as a chemical indicator of infestation by fungi according to their affection by *Fusarium* in the years 1992 to 1994. 15 of these samples contained more than 500 µg/kg of DON and four samples contained more than 60 µg/kg of ZON. Apart from two samples all were dated from 1993.

In 1993 all controlled 61 allotments of cereals from the Confederation to the Swiss mills contained less than 80 µg/kg of deoxynivalenol (DON) and less than 20 µg/kg of zearalenone (ZON).

The pollution by mycotoxins correlates with the content of ergosterine as well as with the intensity of infestation by *Fusarium*. The contamination of home-produced cereals by mycotoxins could easily be controlled by separation of intensively infested lots and their chemically analysis on DON which is the most widespread mycotoxin in cereals.

Literatur

1. *Frank, H. K.:* Einführung in die Mykotoxinforschung. Angew. Botanik **64**, 151–165 (1990).
2. *Mills, J. T.:* Ecology of mycotoxigenic *Fusarium* species on cereal seeds. J. Food Protect. **52** (10), 737–742 (1989).
3. *Thalmann, A.:* Mykotoxine in Getreide. Angew. Botanik **64**, 167–173 (1990).
4. *Lepschy, J.:* Fusarientoxine in Getreide – ihre Entstehung und Vorbeugemassnahmen. Gesunde Pflanzen **44** (2), 35–39 (1992).

5. *Wegmüller, F.* und *Steiner, W.:* Fusarientoxine in Cerealien und cerealienhaltigen Nahrungsmitteln; Methode zur Bestimmung der wichtigsten Trichothecene und erste Ergebnisse. Mitt. Gebiete Lebensm. Hyg. **85**, 553–565 (1994).
6. Verordnung über Fremd- und Inhaltsstoffe in Lebensmitteln (Fremd- und Inhaltsstoffverordnung, FIV) vom 27. Februar 1986 (Stand Ende 1994). Eidg. Drucksachen- und Materialzentrale, Bern.
7. *Marx, H., Gedek, Brigitte* und *Kollarczik, Birgit:* Vergleichende Untersuchungen zum mykotoxikologischen Status von ökologisch und konventionell angebautem Getreide. Z. Lebensm.-Unters.-Forsch. **201**, 83–86 (1995).
8. *Winter, W.* und *Burkhard, L.:* Mykotoxinbildende Pilze im Erntegut von Brotgetreideproben verschiedener Sorten aus extensivem und konventionellem Anbau. Eidg. Forschungsanstalt für Pflanzenbau, Zürich-Reckenholz, interner Bericht, 1993.
9. *Müller, H. M.* und *Schwadorf, K.:* Ergosterin – ein Parameter zur quantitativen Bestimmung des Pilzbesatzes von Futtermitteln. Kraftfutter, Heft 5, 174–178 (1988).
10. *Müller, H. M.* und *Lehn, C.:* Ergosterin als Mass für das Pilzwachstum in Futtermitteln. Arch. Anim. Nutr. **38** (3), 227–240 (1988).
11. *Buchholz-Kühn, K.:* Produktion von Ergosterin und Toxinen durch Fusarien in Getreide. Diss., Universität Hohenheim 1989.
12. *Lew, H.:* Mykotoxinbelastung von Getreide und Konsequenzen für seine Verarbeitung. Getreide, Mehl und Brot **49**, 16–19 (1995).
13. *Kroll, J., Giersch, C.* und *Guth, S.:* Screening-Methode zum Nachweis von Trichothecenen des Typs A und B in Getreide und Getreideprodukten. Nahrung **32** (1), 75–77 (1988).
14. *Schneider, Elisabeth, Dietrich, R., Märtlbauer, E., Usleber, E.* and *Terplan, G.:* Detection of aflatoxins, trichothecenes, ochratoxin A and zearalenone by test strip enzyme immunoassay: a rapid method for screening cereals for mycotoxins. Food Agric. Immunol. **3**, 185–193 (1991).
15. *Lepschy-v.Gleissenthal, J., Dietrich, R., Märtlbauer, E., Schuster, M., Süss, A.* and *Terplan G.:* A survey on the occurrence of *Fusarium* mycotoxins in Bavarian cereals from the 1987 harvest. Z. Lebensm.-Unters. -Forsch. **188**, 521–526 (1989).
16. *Van Egmond, H. P.:* Current situation on regulations for mycotoxins. Overview of tolerance and status of standard method of sampling and analysis. Food Additives and Contaminants **6**, 139–188 (1989).
17. *Derache, R.:* Les mycotoxines dans les aliments – dose journalières admissibles (D.J.A.) et limites résiduelles minimales (L.M.R.). Cah. Nutr. Diét. **24**, 463–472 (1989).
18. *Budavari, S.* (ed.): The Merck Index, 11th edition. Merck & Co., Rahway, NJ, USA 1989.

Dr. Martin Rychener
Bundesamt für Landwirtschaft
Hauptabteilung Pflanzenbau
Abteilung Verwertung
Hallwylstrasse 15
CH-3003 Bern