

Auftreten und Nachweis von *Fusarium oxysporum* und *F. proliferatum* an Steck- und Saatzwiebeln

Ute Gärber · Rita Grosch · Monika Goßmann ·
Carmen Büttner

Eingegangen: 19. September 2011 / Angenommen: 15. Oktober 2011
© Springer-Verlag 2011

Zusammenfassung Der Erreger der Zwiebelbasalfäule, *Fusarium oxysporum* f. sp. *cepae*, ist aufgrund seiner hohen Temperaturansprüche vorwiegend in wärmeren Anbauregionen verbreitet. Mittlerweile tritt er auch in Deutschland auf, insbesondere in Jahren mit höheren Durchschnittstemperaturen während der Vegetationszeit. Phytopathologische Untersuchungen an 300 symptomlosen Zwiebelbulben zeigten, dass ca. 10 % der Bulben mit *Fusarium* spp. infiziert waren, wobei die Art *F. oxysporum* dominierte. Steckzwiebeln, die auf diesen Flächen als Pflanzgut eingesetzt wurden, waren zu 19 bis 98 % latent mit *F. oxysporum* befallen. Das kontaminierte Pflanzgut führte bis zur Ernte jedoch nicht wie erwartet zu einem entsprechend hohem Auftreten an Pflanzen mit für die Zwiebelbasalfäule charakteristischen Symptomen wie Nass- oder Trockenfäule. Es ist davon auszugehen, dass die Symptomausprägung insbesondere von den gegebenen klimatischen Bedingungen beeinflusst wird. Dies unterstützen Ergebnisse zu Untersuchungen der Pathogenität isolierter *Fusarium* spp.-Isolate unter kontrollierten Kulturbedingungen. So resultierte eine Inokulation des Kultursubstrates mit ausgewählten *Fusarium* spp.-Isolaten unter für den Zwiebelanbau suboptimalen Kulturbedingungen in einer Reduktion des Pflanzenaufgangs um bis zu 70 %, während dies unter optimalen Kul-

turbedingungen nicht zu beobachten war. Unter optimalen Bedingungen wurde jedoch in späteren Entwicklungsstadien eine Reduktion des Pflanzenwachstums festgestellt. Neben *F. oxysporum* wurde sowohl an den Zwiebeln und insbesondere am Saatgut *F. proliferatum* nachgewiesen. Dieser gleichfalls wärmeliebende Pilz kam in allen untersuchten Saatgutproben vor, wobei Kontaminationsraten bis zu 62 % ermittelt wurden. Für *F. oxysporum* wurde dagegen nur eine Befallshäufigkeit von unter 1,5 % an einigen Saatgutproben ermittelt. Für beide Arten *F. oxysporum* und *F. proliferatum* konnte deren Pathogenität an der Zwiebel bestätigt werden; wengleich große Unterschiede in der Virulenz der Isolate zu verzeichnen waren.

Schlüsselwörter Zwiebel · *Fusarium oxysporum* f. sp. *cepae* · *Fusarium proliferatum* · Nachweis · Pathogenität

Occurrence and Detection of *Fusarium oxysporum* and *F. proliferatum* on Sown and Planted Onions

Abstract The pathogen *Fusarium oxysporum* f. sp. *cepae* inducing the *Fusarium* basal rot mainly spreads in warmer cultivation regions due to its adaptability to high temperature. Meanwhile the pathogen occurs in Germany as well, especially in years with relatively high average temperature during the growing season. Phytopathological investigations of 300 symptomless onion bulbs showed a contamination rate of approximately 10% with regard to *Fusarium* spp., with *F. oxysporum* proving to be the predominant species. Onion sets planted in these fields were latently infected with *F. oxysporum* at rates of 19–98%. Unexpectedly, the contaminated sets did not indispensably lead to a high occurrence of plants exhibiting characteristic symptoms of *Fusarium* basal rot such as wet and dry rot. Presum-

U. Gärber (✉)
Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen,
Julius Kühn-Institut, Stahnsdorfer Damm 81,
14532 Kleinmachnow, Deutschland
E-Mail: Ute.Gaerber@jki.bund.de

R. Grosch
Leibniz-Institut für Gemüse- und Zierpflanzenbau Großbeeren,
Theodor-Echtermeyer-Weg 1, 14979 Großbeeren, Deutschland

M. Goßmann · C. Büttner
Fachgebiet Phytomedizin, Humboldt-Universität zu Berlin,
Lentzeallee 55–57, 14195 Berlin, Deutschland

ably, the development of symptoms is particularly affected by given climatic conditions. The results of pathogenicity tests of isolated *Fusarium* spp. isolates under controlled conditions support this assumption. The inoculation of the substrate with selected *Fusarium* spp. isolates resulted in a reduction of emergence by up to 70% under controlled conditions, which are suboptimal with regard to the cultivation of onions. The emergence of plants was not affected by *Fusarium* spp. under optimal cultivation of onions. However, under optimal cultivation conditions a reduction of plant growth occurred in a subsequent growth stage. Beside *F. oxysporum*, *F. proliferatum* could be detected in onion bulbs as well as seeds. The proportion of contaminated seeds accounted to 62%. Both species *F. oxysporum* and *F. proliferatum* proved to be pathogenic in onion although their isolates varied much in their virulence.

Keywords Onion · *Fusarium oxysporum* f. sp. *cepae* · *Fusarium proliferatum* · Detection · Pathogenicity

Einleitung

Die Zwiebelbasalfäule, verursacht durch den bodenbürtigen Pilz *Fusarium oxysporum* f. sp. *cepae*, ist ein Problem, welches in verschiedenen Zwiebelanbaugebieten weltweit auftritt (Awuah et al. 2009; Bulajic et al. 2008; Dwivedi et al. 1995; Rabiei-Motlagh et al. 2010; Abawi und Lorbeer 1971). Bisher trat die Krankheit vor allem in wärmeren Klimaregionen auf, doch seit einigen Jahren wird sie immer häufiger in gemäßigten Klimazonen beobachtet (de Visser et al. 2006; Collier 2011). Die Zwiebelbasalfäule kann zu erheblichen Ertragseinbußen sowie Ausfällen im Zwiebellager führen. Seit einigen Jahren wird in Deutschland zunehmend ein Befall mit *Fusarium* spp. an Zwiebeln beobachtet. Derzeit sind überwiegend Befallsstärken einer tolerierbaren Schadensschwelle zu beobachten. In Jahren mit höheren durchschnittlichen Temperaturen während der Kultur, ist jedoch mit einer zunehmenden Befallshäufigkeit sowie Befallsstärke der Zwiebelbasalfäule zu rechnen. Es ist davon auszugehen, dass höhere Temperaturen die Krankheitsentwicklung fördern. Auch ist nach Aussagen der Praxis ein Krankheitsbefall verstärkt auf Flächen zu beobachten, auf denen zuvor Steckzwiebeln angebaut wurden. Daher wird vermutet, dass Steckzwiebeln für die Übertragung bzw. den Eintrag der Erreger von Bedeutung sind. Als Infektionsquelle wird hierfür das Saatgut angesehen. Die Saatgutübertragbarkeit von *F. oxysporum* an Zwiebeln wurde von Köycü und Özer (1997) bereits nachgewiesen. Über die Bedeutung des am Samen vorkommenden Erregers für die Krankheitsentwicklung und für den praktischen Anbau liegen jedoch kaum Kenntnisse vor. Von dieser Situation ausgehend war das Ziel dieser Arbeit, a) die Befallssituation hinsichtlich

des Auftretens von *Fusarium* spp. im kommerziellen Zwiebelanbau in Deutschland zu klären, b) bei Auftreten von *Fusarium* spp. das Artenspektrums zu bestimmen, c) die potenziellen Infektionsquellen wie Saatgut und Steckzwiebeln auf Befall mit *Fusarium* spp. zu untersuchen und d) die Pathogenität relevanter *Fusarium*-Arten zu prüfen.

Material und Methoden

Probenaufarbeitung, Erregerisolation und Identifizierung

Zur Untersuchung der Zwiebelbulben auf Pilzbefall wurden diese zuerst gereinigt, das Laub, die äußere Schale und der Wurzelbart entfernt und die Bulben längs geteilt. Mit einem Skalpell wurde aus dem basalen Teil ein Gewebestück mit einem Durchmesser von 2 cm herausgeschnitten und für drei Minuten mit 1 % NaOCl oberflächendesinfiziert. Danach wurden aus dem Gewebestück drei kleinere, ca. 0,5 cm große Gewebestückchen herausgetrennt und auf „Speziellen Nährstoffarmen Agar“ (SNA) nach Nirenberg (1976) ausgelegt. Anschließend wurden die Proben zehn Tage bei Wechsel-UV (14 Stunden UV-Beleuchtung und zehn Stunden Dunkelheit) bei 20° C inkubiert. Die *Fusarium*-Artendeterminierung erfolgte lichtmikroskopisch anhand morphologischer Eigenschaften (Gerlach und Nirenberg 1982).

Befallserhebung an Zwiebelbulben

Während der Vegetationsperiode 2005 und 2006 wurden erste Zwiebelproben aus der Praxis hinsichtlich des Befalls mit *Fusarium* spp. nach der oben beschriebenen Methode im Labor untersucht.

Eine systematische Probenahme von Zwiebeln in Praxisbetrieben aus dem süddeutschen Anbauggebiet erfolgte Anfang Juli 2008 an drei Standorten (Tab. 1). Dazu wurden an einer diagonalen Boniturlinie, in der Regel von etwa 50 m Länge pro untersuchter Fläche, an zehn Probenahmepunkten im Abstand von ca. fünf Metern, jeweils fünf Zwiebeln zufällig entnommen. Die Probenaufbereitung, Isolierung und Identifizierung der Pilze erfolgte wie oben beschrieben. Der Stichprobenumfang variierte pro Standort und untersuchter Fläche einschließlich der Sorte (Tab. 1). Ein großer Teil der vom Standort 1 eingesandten Proben der Sorte ‚Red Baron‘ war bei Probeneingang stark gefault, so dass nur zwei Zwiebelbulben in die Untersuchungen einbezogen werden konnten. Am Standort 1 wurden die Saatzwiebeln der Sorten ‚Red Baron‘ und ‚Takstar‘ direkt ausgesät, während bei den Standorten 1 bis 3 bzw. Sorten keine Direktsaat erfolgte, sondern Steckzwiebeln ausgebracht wurden. Die ansonsten aufgearbeiteten 300 Zwiebelbulben zeigten keine sichtbaren Symptome einer Basalfäule.

Tab. 1 Angaben zu den untersuchten Zwiebelproben von drei Praxisstandorten

Standort	Sorte	Probenahme	Pflanzen (n)	Anzahl untersuchter Pflanzen (n)
1	Marimba	14.07.2008 ^a	51	51
	Red Baron	08.07.2008	20	2
	Takstar	25.07.2008	20	20
2	Marimba	09.07.2008	100	100
3	Marimba	09.07.2008	50	28
	Centurion	09.07.2008	50	50
	Carrado	09.07.2008	49	49

^aProbeneingang

Befall von Steckzwiebeln mit *Fusarium* spp.

Vor der Pflanzung, im Mai 2008, an den Standorten 1 bis 3 wurde vom Pflanzgut Steckzwiebel-Stichproben entnommen und im Labor nach oben beschriebener Methode auf Befall mit *Fusarium* spp. untersucht. Von dem Standort 1 wurden 49 Steckzwiebeln der Sorte ‚Marimba‘, vom Standort 2 56 Steckzwiebeln der gleichen Sorte und vom Standort 3 32, 49 bzw. 51 Steckzwiebeln der Sorten ‚Marimba‘, ‚Centurion‘ bzw. ‚Carrado‘ einer Befallsprüfung unterzogen. Die Proben wiesen visuell keine für die Zwiebelbasalfäule charakteristischen Symptome auf.

Saatgutuntersuchungen

Ungebeiztes Saatgut von neun Zwiebelsorten (‚Proteus‘, ‚Takmark‘, ‚Takstar‘, ‚Victory‘, ‚Wellington‘, ‚Stamford‘, ‚Orbito‘, ‚Baldito‘, ‚Barito‘) wurde auf eine Kontamination mit *Fusarium* spp. mit Hilfe eines Agarplattentests (Gärber 2011) untersucht. Zur Isolierung speziell von *Fusarium*-Arten wurde ein Selektivnährmedium nach Komada (1975) verwendet. In jede Petrischale (Ø 9 cm, 10 ml Nährmedium) wurden 20 Samen mit der Pinzette ausgelegt und bei 20° C bei zwölf Stunden Licht (Leuchtstofflampe Osram L 36 W/840; Lumilux cool white) und zwölf Stunden Dunkelheit für sieben Tage inkubiert. Pro Saatgutpartie wurden 400 Korn in die Untersuchungen einbezogen. Die Differenzierung auf dem Selektivnährmedium war anhand von äußeren Merkmalen wie Wuchsform und Färbung der Pilzkolonie gegeben. Ausgewertet wurden die Anzahl an Samen mit Pilzauswuchs und davon der Anteil an Samen mit *Fusarium* spp.-Befall, deren Artzugehörigkeit anhand morphologischer Merkmale charakterisiert wurde.

Pathogenitätstest

Für die Charakterisierung der Pathogenität der *Fusarium* spp.-Isolate wurden drei Versuche mit Isolaten von *F. oxysporum* (FOC) und *F. proliferatum* (FPC) (Tab. 2) an der

Tab. 2 Isolate von *F. oxysporum* (FOC) und *F. proliferatum* (FPC), deren Pathogenität an der Zwiebel untersucht wurde

Bezeichnung des Isolates	Herkunft der Isolate		Prüfung im Versuch
	Sorte	Isoliert aus	
FOC 1	Bravo	Pflanze mit Welke an den Blattspitzen	V1, V2
FOC 13	Centurion	Kranke Zwiebelbulbe	V1, V2, V3
FOC 24	Takmark	Zwiebelsamen	V1, V2
FOC 15	Centurion	Kranke Zwiebelbulbe	V3
FOC 36	Hytech	Kranke Zwiebelbulbe	V3
FOC 38	T 400	Kranke Zwiebelbulbe	V3
FOC 39	T 400	Kranke Zwiebelbulbe	V3
FOC 40	Hytech	Kranke Zwiebelbulbe	V3
FOC 51	Nicht bekannt	Kranke Zwiebelbulbe	V3
FOC 54	Nicht bekannt	Kranke Zwiebelbulbe	V3
FPC 8	Proteus	Zwiebelsamen	V1, V2
FPC 9	Bravo	Pflanze mit Welke an den Blattspitzen	V1, V2

Tab. 3 Kulturbedingungen in den Untersuchungen zur Pathogenität von *Fusarium* spp. an Saatzwiebeln

Bedingungen in der Klimakammer	Versuch 1 (V1)	Versuch 2 (V2)	Versuch 3 (V3)
Vor	20° C Tag/	18° C Tag/Nacht	20° C Tag/
Pflanzenaufgang	15° C Nacht		15° C Nacht
Nach	12 h Licht,	12 h Licht,	12 h Licht,
Pflanzenaufgang	22.000 lux	11.000 lux	6.500 lux
	23° C Tag/	21° C Tag/Nacht	23° C Tag/
	18° C Nacht	16 h Licht,	18° C Nacht
	16 h Licht,	11.000 lux	16 h Licht,
	22.000 lux		6.500 lux

Sorte ‚Takmark‘ unter unterschiedlichen Kulturbedingungen (Tab. 3) in der Klimakammer durchgeführt.

Als Inokulum wurden Konidiensuspensionen der zu testenden Pilzisolat verwendet. Zur Anzucht einer Konidiensuspension wurde eine Gemüsesaftlösung (50 ml Gemüsesaft und 250 ml Aqua dest.) mit fünf pilzbewachsenen Agarscheiben (Ø 5 mm, 10 Tage alte Pilzkultur auf SNA) beimpft und auf einem Schüttler (Gerhardt RO 5) bei 130 U/min bei ca. 23° C und zwölfstündiger Zusatzbeleuchtung (Philips Leuchtstoffröhre 58 W) für vier bis fünf Tage inkubiert. Danach wurden die Konidien mittels Vibromischer (E1 von Chemap) vom Myzel getrennt, die Suspension durch ein Sieb (Maschenweite 2 mm) gegossen und die Konidiendichte von 10⁶ Konidien/ml mittels Thoma-Kammer eingestellt. Die Konidiensuspension wurde im Volumenverhältnis 1:8 einem Substratgemisch [Fruhstorfer Erde Typ P und Sand (Baumarkt Hellweg), Volumenverhältnis 1:1] untergemischt und anschließend in Anzuchtpalet-

ten vom Typ QP50 (Fa. Meyer, 51 × 4,7 × 5,5 cm) gefüllt. In jedes Pflanzloch wurden drei Saatkörner ausgesät. In allen Versuchen umfasste jede Variante drei Wiederholungen mit jeweils 153 Saatkörnern. Die Düngung der Pflanzen erfolgte ab dem 3-Blattstadium in 14-tägigem Abstand mit N-P-K Flüssigdünger (0,2 % Flory mit Mikronährstoffen bzw. Wuxal N, 1 ml pro Pflanze bzw. 5 ml pro Topf. Bonitiert wurden zunächst der Pflanzenaufgang sowie die Anzahl an Jungpflanzen mit Symptomen. Um den Einfluss der Erregerinokulation auf die weitere Entwicklung der Pflanzen beobachten zu können, wurden nach ca. achtwöchiger Kulturdauer in den Anzuchtpaletten pro Wiederholung 48 Pflanzen ohne visuell sichtbare Krankheitssymptome in Töpfe (1,5 l) gepflanzt und unter den gleichen Bedingungen für weitere drei Monate kultiviert. In jeden Topf wurden zwei Pflanzentuffs a drei Pflanzen gesetzt, so dass acht Töpfe pro Wiederholung für nachfolgende Beobachtungen zur Verfügung standen. Während der weiteren Kulturdauer wurde ebenfalls die Anzahl an Pflanzen mit Symptomen (z. B. Vergilben der Blätter) bonitiert und zu Versuchsende das Frisch- und Trockengewicht der Blätter ermittelt. Zusätzlich wurden nach dem Pflanzenaufgang sowie zum Versuchsende aus den Varianten Stichproben entnommen und der Befall der Pflanzen mit *Fusarium* spp. untersucht. Die Reisolierung erfolgte auf SNA-Medium.

Statistische Auswertung

Die varianzanalytische Auswertung erfolgte durch multiple Mittelwertvergleiche mit dem TUKEY-Test bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von $p \leq 0,05$ mit dem Statistikprogramm STATISICA (StatSoft, Tulsa, OK).

Ergebnisse

Befallserhebung an Zwiebelbulben

Die 2005/2006 untersuchten Einsendungen mit Verdacht auf *Fusarium* spp.-Infektionen wiesen alle eindeutig einen Befall mit *F. oxysporum* auf (Tab. 4). In vier der 13 untersuchten Proben wurde *F. proliferatum* nachgewiesen. Andere *Fusarium*-Arten wurden nur vereinzelt beobachtet und nicht bis zur Art identifiziert. Neben *Fusarium* spp. wurde aus drei Proben *Pyrenochaeta terrestris* isoliert.

Von den insgesamt 300 untersuchten Zwiebelbulben im Juli 2008 waren ca. 10 % mit *Fusarium* spp. infiziert. Nur 3 % der Proben wiesen keinen Pilzbefall auf. Das *Fusarium*-Artenspektrum setzt sich aus insgesamt acht Arten zusammen, die in unterschiedlicher Häufigkeit vorkamen: *F. arthrosporioides*, *F. avenaceum*, *F. oxysporum*, *F. proliferatum*, *F. redolens*, *F. solani*, *F. sporotrichioides* und *F. tricinctum*. Die dominierenden Arten waren *F. oxysporum*

Tab. 4 Kontamination von Zwiebelknollen aus Praxisbetrieben mit *Fusarium* spp.

Lfd. Nr.	Eingang der Probe	Herkunft der Probe Bundesland	Sorte	Charakterisierte Pilzart
1	27.07.2005	Bayern	Centurion	<i>F. oxysporum</i> , <i>F. proliferatum</i> , <i>F. culmorum</i>
2	27.07.2005	Bayern	Hyton	<i>F. oxysporum</i> , <i>F. proliferatum</i>
3	26.08.2005	Baden-Württemberg	Summit	<i>F. oxysporum</i>
4	26.08.2005	Baden-Württemberg	unbekannt	<i>Pyrenochaeta terrestris</i> , <i>Fusarium</i> sp., <i>F. oxysporum</i> .
5	12.07.2006	Hessen	T400	<i>F. oxysporum</i>
6	12.07.2006	Hessen	Hytech	<i>F. oxysporum</i>
7	11.08.2006	Hessen	Wellington	<i>Penicillium</i> sp., <i>F. oxysporum</i>
8	17.08.2006	Bayern	Vares	<i>F. oxysporum</i>
9	17.08.2006	Bayern	Calypra	<i>F. oxysporum</i>
10	17.08.2006		Winchester, Tamara	<i>F. oxysporum</i> , <i>Pyrenochaeta terrestris</i>
11	29.08.2006	Baden-Württemberg	Hyskin	<i>F. oxysporum</i> , <i>Pyrenochaeta terrestris</i> , <i>F. proliferatum</i>
12	26.09.2006	Hessen	Barito	<i>F. oxysporum</i> , <i>F. proliferatum</i>
13	18.12.2006	Hessen	unbekannt	<i>F. oxysporum</i> , <i>Fusarium</i> sp.

und *F. proliferatum*, die entweder allein oder gemeinsam mit anderen *Fusarium*-Arten und/oder mit *Penicillium* spp. an den Zwiebelbulben nachgewiesen wurden. Die Befallshäufigkeit der untersuchten Zwiebeln mit *Fusarium* spp. betrug 3 bis 25 %. Der Anteil an Zwiebelbulben infiziert mit *Fusarium* spp. variierte mit 3 % bei der Sorte ‚Marimba‘ am Standort 2, bis zu 12 % am Standort 1 und 18 % am Standort 3. Die Sorte ‚Takstar‘ am Standort 1 war zu 25 % und die Sorten ‚Centurion‘ und ‚Carrado‘ am Standort 3 mit 14 bzw. 6 % mit *Fusarium* spp. kontaminiert (Tab. 5). Da bei der Sorte ‚Red Baron‘ aufgrund starker Fäule bei Probeneingang nur zwei der eingesandten Zwiebelbulben untersucht werden konnten, kann für diese Anbaufläche keine Aussage zur Befallssituation getroffen werden.

Befall von Steckzwiebeln mit *Fusarium* spp.

Die im Mai 2008 untersuchten Steckzwiebelproben wiesen, unabhängig von der Sorte, eine hohe *Fusarium* spp.-Belastung auf. In der Häufigkeit des Vorkommens dominierte *F. oxysporum* in allen untersuchten Proben (Tab. 5). *F. proliferatum* wurde lediglich an zwei Proben mit einer Häufigkeit von 2 bzw. 16 % nachgewiesen.

Tab. 5 Prozentualer Anteil an Zwiebeln mit *Fusarium* spp.-Infektionen, untersucht an drei Praxisstandorten (Probenahme Juli 2008) im Vergleich zur Ausgangsbelastung der Steckzwiebeln (Probenahme Mai 2008)

Standort	Sorte	Ausgangsbelastung der Steckzwiebeln		Befallshäufigkeit im Feld
		[% kontaminierte Steckzwiebeln]		[% infizierte Zwiebeln]
		FOC	FPC	<i>Fusarium</i> spp.
1	Marimba	22	2	12
	Red Baron	n.u.	n.u.	50 ^a
	Takstar	n.u.	n.u.	25
2	Marimba	98	0	3
3	Marimba	19	0	18
	Centurion	80	16	14
	Carrado	78	0	6

n.u. – nicht untersucht, da Direktsaat (Saatzwiebeln), FOC – *F. oxysporum*, FPC – *F. proliferatum*

^aProbeumfang umfasste nur zwei Zwiebeln

Befall von Saatgut mit *Fusarium* spp.

An allen neun untersuchten Saatgutproben wurde eine Kontamination mit *F. proliferatum* in einer Befallshäufigkeit von 0,5 % bis 62 % festgestellt. Im Gegensatz dazu wurde *F. oxysporum* nur an fünf Proben in sehr geringer Häufigkeit nachgewiesen. Lediglich ein (Probe Nr. 2 und 7) bis sechs Saatkörner (Probe Nr. 6) von 400 untersuchten Samen waren mit *F. oxysporum* infiziert. Andere *Fusarium*-Arten kamen gleichfalls nur in geringer Häufigkeit vor (Tab. 6).

Pathogenität von *Fusarium* spp. an der Zwiebel

Bei geringerer Lichtintensität und konstanten Temperaturbedingungen (Versuch 2) war ein signifikant reduzierter Pflanzenaufgang in allen mit *Fusarium* spp. inokulierten Varianten im Vergleich zur Kontrolle zu beobachten (Abb. 1).

Im Gegensatz dazu war bei höherer Lichtintensität und Wechseltemperaturen (Versuch 1) keine Beeinflussung des Pflanzenaufgangs der Zwiebel durch die *Fusarium* spp.-Isolate zu verzeichnen (Abb. 1). Im Versuch 1 waren nach dem Auflauf in den mit *Fusarium* spp. inokulierten Varianten, insbesondere in der Variante inokuliert mit dem Isolat FOC 24, Blattvergilbungen an den Pflanzen zu beobachten, die in der Kontrollvariante nicht gegeben waren (nicht dargestellt). Im Versuch 2 traten die Blattvergilbungen dagegen sowohl in den Varianten inokuliert mit *Fusarium* spp. als auch in den Kontrollvarianten auf.

Im Versuch 1 war nach einer Kulturdauer von weiteren drei Monaten in den mit *Fusarium* spp. inokulierten Varianten die Frisch- und Trockenmasse der Blätter im Vergleich zur Kontrollvariante signifikant reduziert (Abb. 2). Kein Einfluss auf das Wachstum der Zwiebel war in der Variante inokuliert mit dem *F. proliferatum* Isolat FPC 8 zu beobachten. Im Versuch 2 waren keine Unterschiede in der Frisch- und Trockenmasse bei Vergleich der mit *Fusarium* spp. inokulierten Varianten und der Kontrolle festzustellen (Abb. 2). Infolge der konstanten Temperaturbedingungen und geringeren Lichtintensität waren die Pflanzen in allen Varianten weniger vital im Vergleich zu den Pflanzen im Versuch 1.

Im Versuch 3 mit Wechseltemperaturen und geringer Lichtintensität wurde die Pathogenität von acht *F. oxysporum*-Isolaten geprüft. Eine signifikante Reduktion des Pflanzenaufgangs war nur in der Variante inokuliert mit dem Isolat FOC 38 gegeben (Abb. 3). Bei der Ermittlung der Frisch- und Trockenmasse wurden in den mit FOC 38 und FOC 40 inokulierten Varianten signifikante Unterschiede zur nichtinokulierten Kontrollvariante festgestellt (Abb. 4).

In allen Entwicklungsstadien der Zwiebel konnte in den mit *Fusarium* spp. inokulierten Varianten der Erreger von symptomlosen Pflanzen reisoliert werden. Eine Schädigung der Zwiebelbulben war unter den gegebenen Versuchsbedingungen nicht zu beobachten.

Tab. 6 Nachweis von *Fusarium* spp. im Agarplattentest an neun Saatgutproben (n=400)

Proben Nr.	Sorte	Züchter	Gesamtverpilzung in %	Anteil an Samen in % mit		
				<i>F. proliferatum</i>	<i>F. oxysporum</i>	<i>Fusarium</i> spp.
1	Proteus F1	Enza Zaden	100	56,0	1,25	4
2	Takmark F1	Enza Zaden	95	0,5	0,25	1,75
3	Takstar F1	Enza Zaden	85	1,0	0	0,5
4	Victory F1	Syngenta	62	27,0	0	0
5	Wellington F1	Syngenta	74	50,0	0,75	0,25
6	Stamford F1	Syngenta	100	62,0	1,5	0
7	Orbito	Seminis	49	5,0	0,25	0,75
8	Baldito	Seminis	52	3,0	0	0
9	Barito	Seminis	99	47,0	0	0

Abb. 1 Einfluss von *F. oxysporum* (FOC) und *F. proliferatum* (FPC), inokuliert in Substrat, auf den Auflauf von Zwiebelsamen ‚Takmark‘. Die Kultivierung erfolgte unter kontrollierten Bedingungen in der Klimakammer (Versuch 1: 20° C Tag/15° C Nacht; Versuch 2: 18° C Tag und Nacht)

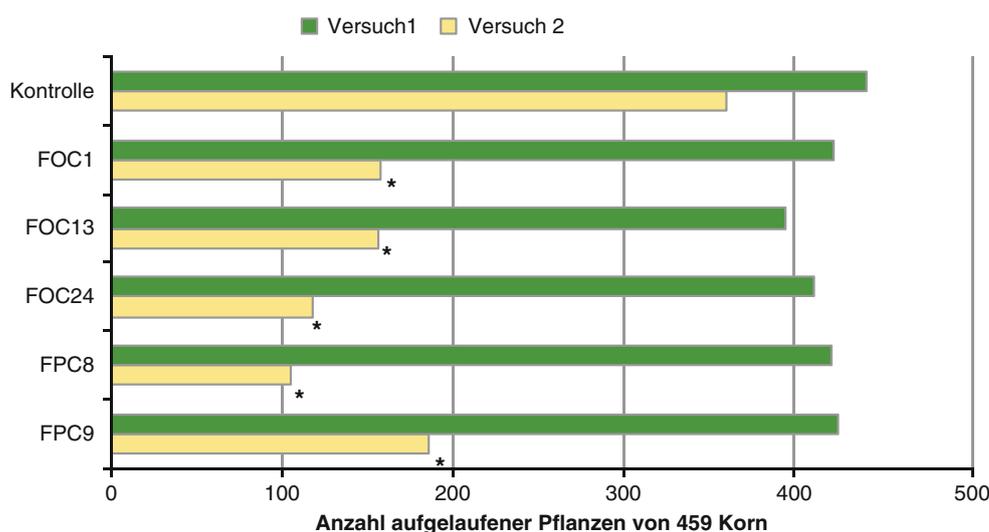
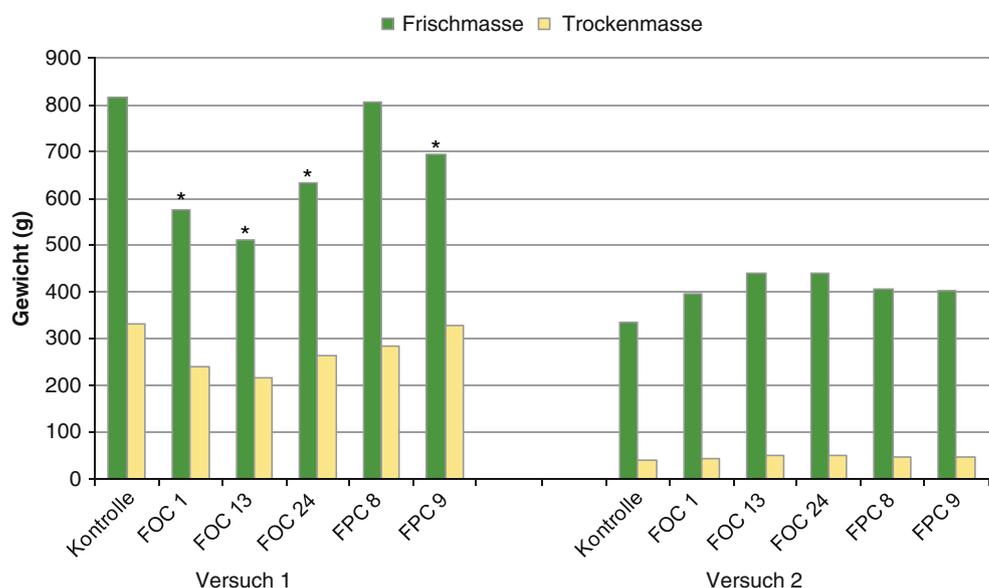


Abb. 2 Einfluss von *F. oxysporum* (FOC) und *F. proliferatum* (FPC) auf die Frisch- und Trockenmasse der Blätter von Zwiebelpflanzen ‚Takmark‘ im Vergleich zur nicht inokulierten Kontrolle. Die Kultivierung der Pflanzen erfolgte unter kontrollierten Bedingungen in der Klimakammer (Versuch 1: 23° C Tag/18° C Nacht 16 h Licht, 22.000 lx; Versuch 2: 21° C Tag/Nacht 16 h Licht, 11.000 lx). Mittelwert von 3 Wiederholungen a 8 Töpfe mit 1 bis 3 Pflanzen, Versuchsdauer Juni – Oktober, * Signifikanz im Vergleich zur Kontrolle nach dem TUKEY-Test $p \leq 0,05$



Diskussion

In Deutschland ist von einer zunehmenden Gefahr des Auftretens der Zwiebelbasalfäule auszugehen, auch wenn die Krankheit bisher nicht als ein gravierendes Problem angesehen wurde. Dies unterstützen die Ergebnisse der durchgeführten Untersuchungen von Zwiebelknollen aus deutschen Anbaugebieten aus den Vegetationsperioden 2005, 2006 und 2008. Die Zwiebelbulben wiesen vor allem Infektionen mit *F. oxysporum* auf. In diesen Proben wurde ebenfalls der Erreger *Pyrenochaeta terrestris* nachgewiesen. Beide wärmeliebenden Pilze kommen an Pflanzen häufig vergesellschaftet vor (Rabiei-Motlagh et al. 2010).

Als Ursachen für das Auftreten der Zwiebelbasalfäule werden die gestiegenen durchschnittlichen Temperaturen genannt, doch ist nicht auszuschließen, dass sich

F. oxysporum den gegebenen Witterungsbedingungen eines Standortes mit der Zeit anpasst (de Visser et al. 2006). Neben der Zwiebelbasalfäule war auch ein Befall der untersuchten Bulben mit dem Erreger *P. terrestris* (Rosa Wurzelfäule) zu beobachten, deren Häufigkeit durchaus zunimmt (Lopez 2008).

An den Zwiebelbulben wurden mehrere Arten der Gattung *Fusarium* diagnostiziert, die auch in der Literatur an Zwiebel beschrieben werden (Bayraktar et al. 2010; Galvan et al. 2008). *F. oxysporum* erwies sich als die dominierende Art an den untersuchten Zwiebelproben. Andere *Fusarium*-Arten wie *F. solani*, *F. redolens*, *F. culmorum* und *F. equiseti* traten in geringerer Häufigkeit auf, während *F. proliferatum* ebenfalls verstärkt an den untersuchten Zwiebelproben nachgewiesen wurde. Dies zeigten auch Untersuchungen von Galvan et al. (2008).

Abb. 3 Einfluss von *F. oxysporum* (FOC) und *F. proliferatum* (FPC), inokuliert in Substrat, auf den Auflauf von Zwiebelnsamen ‚Takmark‘. Die Kultivierung erfolgte unter kontrollierten Bedingungen in der Klimakammer (Versuch 3: 20° C Tag/15° C Nacht), * Signifikanz im Vergleich zur Kontrolle nach dem TUKEY-Test $p \leq 0,05$

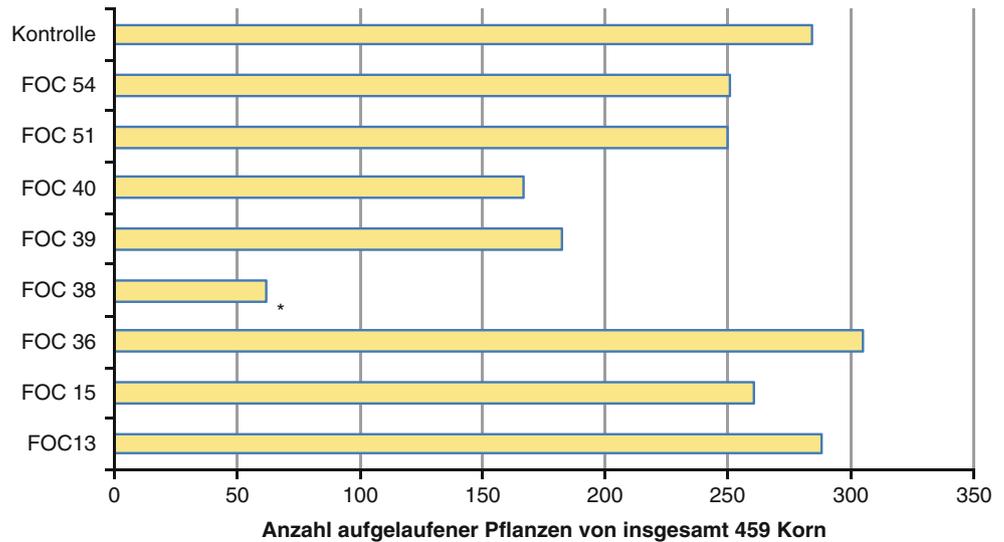
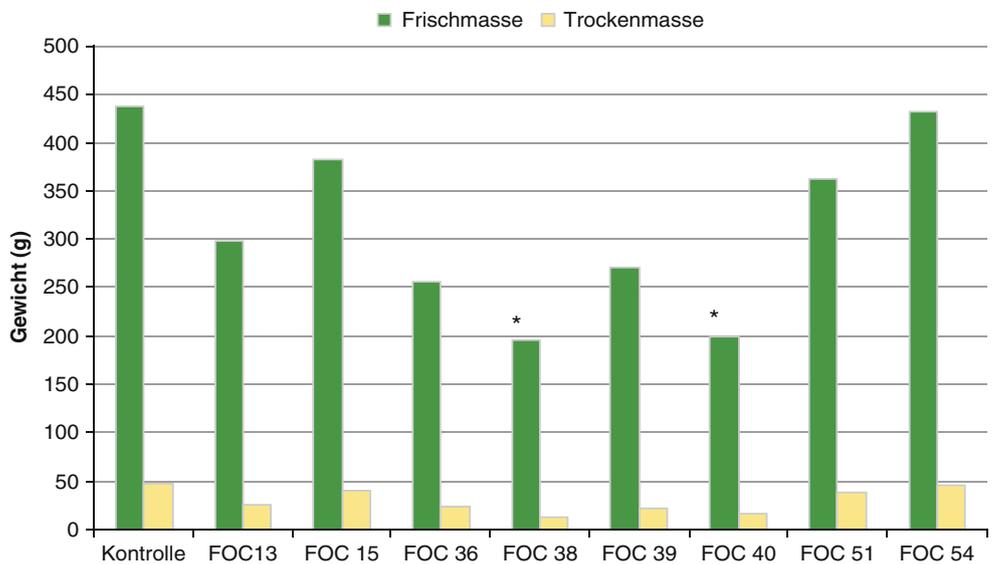


Abb. 4 Einfluss von *F. oxysporum* (FOC) und *F. proliferatum* (FPC) auf die Frisch- und Trockenmasse der Blätter von Zwiebelpflanzen ‚Takmark‘ im Vergleich zur Kontrolle. Die Kultivierung der Pflanzen erfolgte unter kontrollierten Bedingungen in der Klimakammer (Versuch 3: 23° C Tag/18° C Nacht, 16 h Licht, 6.500 lx). Mittelwert von 3 Wiederholungen a 8 Töpfe mit 1 bis 3 Pflanzen, * Signifikanz im Vergleich zur Kontrolle nach dem TUKEY-Test $p \leq 0,05$



In den Befallserhebungen im Juli 2008 war mit einer Befallshäufigkeit von ca. 10 % ein relativ geringer Befall mit *Fusarium* spp. in den untersuchten Zwiebeln gegeben. Der Befall war zu diesem Zeitpunkt latent. Die Probenahme erfolgte nach einem Zufallsprinzip, um das mittlere Befallspotenzial auf den untersuchten Feldern zu erfassen. Die Proben wurden Mitte Juli, also mehrere Wochen vor der Ernte gezogen. Auf diesen Flächen wurden jedoch keine systematischen Befallserhebungen zum Zeitpunkt der Ernte durchgeführt. Nach Angaben der entsprechenden Landwirte hielt sich das Ausmaß der visuellen Schädigung auf den beprobten Feldern zum Zeitpunkt der Ernte auf einem tolerierbaren Niveau. Ausschlaggebend für den Krankheitsverlauf und letztlich für die Befallsstärke sind anscheinend die jeweils vorherrschenden Witterungsbedingungen während der Kulturdauer. Nicht optimale Bedingungen für die Pflanze fördern demnach die Empfindlichkeit gegenüber *Fusarium*

spp. und damit die Befallsentwicklung bzw. deren negativen Einfluss auf die Entwicklung der Pflanze. Trotz des ermittelten niedrigen Infektionspotenzials sind in Jahren mit günstigen Witterungsbedingungen stärkere Schäden auf den Feldern nicht auszuschließen. Länger andauernde Bodentemperaturen von über 24° C fördern den Befall, besonders auf leicht erwärmbaren sandigen Böden (Backhaus 2005). Das Jahr 2008 war zwar in Deutschland mit einer Durchschnittstemperatur von 9,5° C und einer Abweichung von 1,3° C über dem langjährigen Mittel ein insgesamt warmes Jahr, was vor allem auf höhere durchschnittliche Temperaturen in den Monaten Januar und Februar und Mai zurückzuführen ist. Im Sommer wurden nicht so hohe Spitzenwerte bei den Temperaturen erreicht wie in den Jahren zuvor. Auch der September fiel mit 0,9° C unter dem Schnitt zu kalt aus (Deutscher Wetterdienst 2008).

Die Bedeutung des mit *Fusarium* spp. kontaminierten Pflanzgutes für die Übertragung, Weiterverbreitung und erneuten Infektion ist in weiterführenden systematischen Untersuchungen zu klären. Sowohl an den Steckzwiebeln als auch an den Feldproben wurde fast ausschließlich *F. oxysporum* festgestellt. Die starken *Fusarium* spp.-Kontaminationen an den Steckzwiebeln führten jedoch nicht zwangsläufig zu hohen Feldinfektionen. Vielmehr scheint sich der Krankheitsbefall schlagspezifisch und witterungsbedingt zu entwickeln. Andererseits war sowohl bei geringer *Fusarium* spp.-Belastung des Pflanzgutes, als auch bei stark kontaminiertem Pflanzgut eine vergleichbar hohe Infektionsrate auf dem Feld zu verzeichnen. So führte z. B. die hohe *Fusarium* spp.-Kontamination der Steckzwiebeln von 98 % bei der Sorte ‚Marimba‘ am Standort 2 zu einer mit 3 % sehr geringen Infektionshäufigkeit im Feld, während eine weitaus geringere Ausgangsbelastung von 22 % und 19 % am Standort 1 und 3 in einer höheren Infektionshäufigkeit im Feld (12 % und 18 %) resultierte. Zu vermerken ist auch, dass an den Steckzwiebeln im Mai 2008 eine sehr hohe Kontamination mit *Penicillium* spp. festgestellt wurde, die auch bei den Untersuchungen der Zwiebelbulben im Juli 2008 zu beobachten war. Diese Kontaminationen haben aber keine phytopathologische Relevanz, da es sich dabei um normal im Boden vorkommende Arten der Gattung *Penicillium* handelt, die sehr stark sporulieren und bei den durchgeführten Laboruntersuchungen trotz Oberflächendesinfektion zu einer normalen Pilzflora zu rechnen sind. Die Verwendung von Pflanzgut, das vor allem nicht mit *F. oxysporum* und *F. proliferatum* kontaminiert ist, ist eine Grundvoraussetzung für einen nachfolgend gesunden Pflanzenbestand. Die Verbreitung von *F. oxysporum* mit dem Pflanzgut sowie durch Verschleppung von pilzkontaminiertem Boden durch damit verunreinigte landwirtschaftliche Maschinen ist nach de Visser et al. (2006) eine wichtige Übertragungsmöglichkeit im praktischen Anbau. Auch auf den Feldern verbleibende Erntereste sind eine weitere Gefahrenquelle. Obgleich Saatgut nach bisherigen wissenschaftlichen Untersuchungen eine Infektionsquelle darstellt (Abd Elrazik et al. 1990; Köyzu und Özer 1997), ist die praktische Bedeutung der Samenübertragbarkeit von *F. oxysporum* unter den gegenwärtigen Produktionsbedingungen nicht geklärt (de Visser et al. 2006).

Die an den Steckzwiebeln und auf dem Feld dominierende Art *F. oxysporum* wurde in den Untersuchungen am Samen nur in sehr geringer Häufigkeit nachgewiesen. Vermutlich sind die hohen Kontaminationsraten an den Steckzwiebeln nicht allein auf Sameninfektionen zurückzuführen. Sehr häufig wurde am Samen die Art *F. proliferatum* identifiziert. Fünf von neun untersuchten Saatgutpartien wiesen eine sehr hohe Kontamination mit *F. proliferatum* auf. Als wärmeliebender Pilz scheint das Auftreten dieser Pilzart am Samen von Zwiebeln offenbar im Zusammenhang mit den Vermeh-

rungsgebieten und den dort vorliegenden Bedingungen zu stehen. *F. proliferatum* wurde im Agarplattentest nach einer Oberflächendesinfektion des Samens weniger häufig isoliert, während der Pilz von unbehandeltem Saatgut der gleichen Partie jedoch in hoher Häufigkeit nachgewiesen wurde (Gärber 2011). Demzufolge ist *F. proliferatum* vermutlich vor allem an der Samenschale lokalisiert. Andere *Fusarium*-Arten, die am Samen diagnostiziert wurden, traten wie *F. oxysporum* nur in geringer Häufigkeit auf. Nach Richardson (1990) umfasst das am Zwiebeln vorkommende *Fusarium*-Spektrum Arten wie *F. oxysporum*, *F. moniliforme* var. *subglutinans*, *F. avenaceum*, *F. equiseti*, *F. acuminatum* und *F. solani*. Mannerucci et al. (1987) wiesen am Samen vielfach die Arten *F. equiseti* und *F. proliferatum* nach, wobei *F. equiseti* eher als Schwächeparasit eingestuft wurde. Arten aus der Sektion Liseola, zu der *F. proliferatum* gehört, wurde dagegen ein größeres phytopathogenes Potenzial zugeschrieben. Über die Bedeutung von *F. proliferatum* für den Zwiebelanbau liegen bislang nur wenige Kenntnisse vor. So bestätigen die vorliegenden Untersuchungen die Ergebnisse von du Toit et al. (2003) und Mohan et al. (1997), wonach *F. proliferatum* an der Zwiebel pathogen ist. *F. proliferatum* hat einen breiten Wirtspflanzenkreis und kommt u. a. an Knoblauch (Dugan et al. 2003; Goßmann et al. 2006), Spargel (Goßmann et al. 2005; Stancovic et al. 2007) und Mais (Adler et al. 2005; Saß et al. 2007) vor. Starke Verschiebungen im Artenspektrum wurden von *Fusarium* spp. an Getreide und Mais in Österreich festgestellt (Adler et al. 2005). So war eine stetige Zunahme der Befallshäufigkeit von Mais mit *F. proliferatum* über mehrere Vegetationsperioden zu beobachten. Mais ist häufig eine Vorfrucht für Zwiebel, so dass sich die Frage nach dem Einfluss von Mais in der Fruchtfolge auf das Auftreten von *F. proliferatum* an der Zwiebel stellt.

Unter verschiedenen klimatischen Bedingungen wurden die vom Samen sowie vom Pflanzgut isolierten Isolate von *F. oxysporum* und *F. proliferatum* hinsichtlich der Pathogenität charakterisiert, um deren Bedeutung als Krankheitserreger sowie den Krankheitsverlauf an der Zwiebel einschätzen zu können. In den Klimakammerversuchen zeigte sich, dass die Zwiebelpflanzen unter suboptimalen Kulturbedingungen durch beide *Fusarium*-Arten in ihrer Entwicklung deutlich beeinträchtigt werden können. Nach de Visser et al. (2006) beeinflussen die Kulturbedingungen entscheidend den Befall und Befallsverlauf. Stressbedingungen (geringe Lichtintensität und gleichbleibende Temperaturbedingungen), wie sie im Versuch 2 vorlagen, führten in allen Varianten zu erheblichen Auflaufschäden der Zwiebel, während unter optimalen Kulturbedingungen (Versuch 1) keine Auflaufschäden beobachtet wurden. Erst im weiteren Kulturverlauf wurden bei diesen Zwiebelpflanzen Schadsymptome bonitiert. Der Befall mit *Fusarium* spp.

führte zu einem reduzierten Wachstum der Pflanzen, was unter Feldbedingungen mangels pathogenfreier Kontrolle nicht festgestellt werden kann. Auch war ein unterschiedlicher Einfluss der untersuchten Isolate auf das Wachstum der Pflanzen gegeben. Als besonders aggressiv zeigte sich das aus dem Samen gewonnene *F. oxysporum*-Isolat. Die aus den Zwiebelbulben isolierten *F. oxysporum*-Isolate variierten in ihrer Aggressivität. FOC 38 und FOC 40 wiesen die höchste Aggressivität auf. Da es sich hier um erste Ergebnisse handelt, können noch keine weitreichenden Schlussfolgerungen hinsichtlich des Vorkommens vor allem aggressiver *Fusarium*-Isolate an der Zwiebel gezogen werden. Die Spezialisierung aggressiver *F. oxysporum*-Isolaten auf *Allium* bzw. deren Differenzierung von anderen formae specialis (f. sp.) wäre mittels biochemischer bzw. molekularbiologischer Untersuchungen zu zeigen (Bayraktar et al. 2010; Galvan et al. 2008; Bayraktar und Dolar 2011; Swift et al. 2002; Dissanayake et al. 2009; Özer et al. 2003; El-Zawahry et al. 2000).

Die Ergebnisse der vorgestellten Untersuchungen zeigen, dass das Auftreten von insbesondere pathogenen *F. oxysporum* Isolaten an der Zwiebel auch im deutschen Zwiebelanbau zu einem zunehmenden Problem werden kann. Epidemiologische Fragen zu möglichen Infektionsquellen sowie zur Übertragung und Verbreitung sind in weiterführenden Arbeiten zu klären, um Empfehlungen für ein nachhaltiges Pflanzenschutzkonzept zur Kontrolle von *Fusarium* spp. an der Zwiebel geben zu können.

Danksagung Wir danken Frau Schneider vom Fachverband Deutsche Speisewiebel e. V. für die Unterstützung der Arbeiten sowie Frau Büttner vom JKI Kleinmachnow, Frau Fandrey vom IGZ und Frau Würdig von der HUB für die Probenaufbereitung und für die technische Durchführung der Versuche.

Literatur

- Abawi GS, Lorbeer JW (1971) Populations of *Fusarium oxysporum* f. sp. *cepae* in organic soils in New York. *Phytopath* 61:1042–1048. doi:10.1094/Phyto-61-1042
- Abd-Elrazik A, Fahmy F, Amein A, El-Amein AI (1990) Role of onion seeds in transmission of damping-off causal fungi and chemical control of the disease. *Assiut J Agricul Sci* 21:173–193
- Adler A, Brunner S, Kiroje P, Öhlinger R (2005) Update zur *Fusarium*-Situation bei Getreide und Mais in Österreich. *ALVA-Mitteilungen* 2:14–17
- Awuah R, Kwoseh C, Koranteng S, Okpala R, Amoako-Attah I (2009) Appearance of *Fusarium* basal rot of onion in the Kwahu South district of Ghana. *Ghana J Horticult* 7:84–88
- Backhaus GF (2005) Pflanzenschutz bei Zwiebeln. In: Fachverband Deutsche Speisewiebel (Hrsg) *Zwiebelanbau. Handbuch für Praxis und Wissenschaft*, Agrimedia, Bergen/Dumme, S 137–182
- Bayraktar H, Turkkan M, Dolar FS (2010) Characterization of *Fusarium oxysporum* f. sp. *cepae* from onion in Turkey based on vegetative compatibility and rDNA RFLP analysis. *J Phytopathol* 158:691–697. doi:10.1111/j.1439-0434.2010.01685.x
- Bayraktar H, Dolar FS (2011) Molecular identification and genetic diversity of *Fusarium* species associated with onion fields in Turkey. *J Phytopathol* 159:28–34. doi:10.1111/j.1439-0434.2010.01715.x
- Bulajic A, Krstic B, Ivanovic M (2008) Important onion diseases and control measures. *Biljni Lekar* 36:103–113
- Collier R (2011) Allium crop research at Warwick. *The Vegetable Farmer*. March 2011. 34–35. <http://94.136.40.100/~church@actpub.co.uk/archive/Veg/2011/03>. Zugegriffen: 22. Juli 2011
- Deutscher Wetterdienst (2008) Pressemitteilung vom 29.12.2008. http://www.dwd.de/sid_2Gz0TJpJPTJ71Tvw2LZ63g7TGTLJC2Lfm4L3gJyHBnmpR52QM3sc!-437172410!-572102905!1314184905242/bvbw/appmanager/bvbw/dwdwwwDesktop?_nfpb=true&_pageLabel=dwdwww_menu2_presse&T98029gsbDocumentPath=Content%2FPresse%2FPressemitteilungen%2F2008%2F20081229_Jahresueckblick2008_news.html. Zugegriffen: 9. Sept. 2011
- de Visser C, van den Broek R, van den Brink L (2006) *Fusarium* basal rot in the Netherlands. *Vegetable Crops Res Bull* 65:5–16
- Dissanayake MLMC, Kashima R, Tanaka S, Ito S (2009) Pathogenic variation and molecular characterization of *Fusarium* species isolated from wilted Welsh onion in Japan. *J Gen Plant Pathol* 75:37–45. doi:10.1007/s10327-009-0152-6
- Dugan FM, Hellier BC, Lupien SL (2003) First report of *Fusarium proliferatum* causing rot of Garlic bulbs in North America. *Plant Pathol* 52:426. doi:10.1046/j.1365-3059.2003.00852.x
- du Toit LJ, Inglis DA, Pelter GQ (2003) *Fusarium proliferatum* pathogenic on onions bulbs in Washington. *Plant Disease* 87:75. doi:10.1094/PDIS.2003.87.6.750A
- Dwivedi, AK, Singh T, Singh D (1995) Basal rot of onion bulbs caused by *Fusarium oxysporum*. *Acta Botanica Indica* 23:55–58
- El-Zawahry A, El-Aref H, Ahmed N, Aly A (2000) Protein patterns of certain isolates of *Fusarium oxysporum* and *F. moniliforme* and their relation to virulence. *Assiut J Agricultural Sciences* 31:59–78
- Galvan GA, Koning-Boucoiran CFS, Koopman WJ, Burger-Meijer K, Gonzalez PH, Waalwijk C, Kik C, Scholten OE (2008) Genetic variation among *Fusarium* isolates from onion, and resistance to *Fusarium* basal rot in related *Allium* species. *Eur J Plant Pathol* 121:499–512. doi:10.1007/s10658-008-9270-9
- Gärber U (2011) Nachweis von *Fusarium* spp. an Zwiebelsamen im Agarplattentest. *BHGL-Schriftenreihe* 28:146
- Gerlach W, Nirenberg H (1982) The genus *Fusarium* – a pictorial atlas. *Mitt Biol Bundesanst Land-/Forstw Berlin-Dahlem*, 209
- Goßmann M, Kleta S, Humpf HU, Büttner C (2005) Untersuchungen zum endophytischen Befall von *Fusarium proliferatum* (Matsushima) Nirenberg in geernteten Stangen von Spargel (*Asparagus officinalis* L.). *Ges Pfl* 57:53–58
- Goßmann M, Kadau R, Büttner C, Humpf HU (2006) Untersuchungen zu *Fusarium* spp. und Fumonisin-Kontamination in Knoblauch (*Allium sativum*). *ALVA-Mitteilungen* 5:122–124
- Komada H (1975) Development of a selective medium for quantitative isolation of *Fusarium oxysporum* from natural soil. *Rev Plant Protec Res* 8:114–125
- Köycü ND, Özer N (1997) Determination of seedborne fungi in onion and their transmission to onion sets. *Phytoparasitica* 25:25–31
- Lopez NG (2008) Rosa Wurzelfäule bei Poree und Zwiebeln. *Monatsschrift. Magazin für den Gartenbauprofi* 6:328–329
- Mannerucci G, Cristani C, Marziano F, Gambogi P, Mannerucci GF (1987) *Fusarium* species in onion seeds of Italian origin. *Phytopathologia Mediterranea* 26:156–164
- Mohan SK, Bijman VP, Knott EA (1997) Bulb rot of onions caused by *Fusarium proliferatum*. *Phytopath* 87:S 67
- Nirenberg H (1976) Untersuchungen über die morphologische und biologische Differenzierung in der *Fusarium*-Sektion Liseola. *Mitt Biol Bundesanst Land-/Forstw Berlin-Dahlem*, 169

- Özer, N, Köycü D, Chilosi G, Pizzuolo PH, Coskuntuna A, Magro P (2003) Pectolytic isoenzymes by *Fusarium oxysporum* f. sp. *cepae* and antifungal compounds in onion cultivars as a response to pathogen infection. *Can J Plant Path-Rev Canad Phytopath* 25:249–257
- Rabiei-Motlagh E, Falahati-Rastegar M, Rouhani H, Jafarpour B, Jahanbakhsh V (2010) Root diseases of onion caused by some root colonizing fungi in northeast of Iran. *Am-Euras J Agricul Environm Sci* 7:484–491
- Richardson MJ (1990) An annotated list of seed-borne diseases. International Seed Testing Association, Zürich
- Saß M, Schorling M, Goßmann M, Büttner C (2007) Artenspektrum und Befallshäufigkeit von *Fusarium* spp. in Bt- und konventionellem Mais im Maiszünsler-Befallsgebiet Oderbruch. *Ges Pfl* 59:119–125
- Stancovic S, Levis J, Petrovic T, Logrieco A, Moretti A (2007) Pathogenicity and mycotoxin production by *Fusarium proliferatum* isolated from onion and garlic in Serbia. *Eur J Plant Pathol* 118:165–172. doi:10.1007/s10658-007-9126-8
- Swift CE, Wickliffe ER, Schwartz HF (2002) Vegetative compatibility groups of *Fusarium oxysporum* f. sp. *cepae* from onion in Colorado. *Plant Dis* 86:606–610. doi:10.1094/PDIS.2002.86.6.606



Resistenzprüfung an Gemüse, Heil- und Gewürzpflanzen einschließlich der Untersuchung zum Auftreten von Pathotypen.

Ute Gärber, Biologie-Studium, Promotion am Institut für Pflanzenschutzforschung in Kleinmachnow, seit 1991 an der Biologischen Bundesanstalt für Landwirtschaft und Forst, heute Julius Kühn-Institut im Institut für Pflanzenschutz in Gartenbau und Forst tätig, arbeitet langjährig im Aufgabenbereich zu Krankheiten an Gemüse sowie Arznei- und Gewürzpflanzen und Entwicklung von Pflanzenschutzverfahren, ist zuständig für die Untersuchung und Bewertung von Sortenresistenzen und Entwicklung von Methoden der