
Sektion 21

Ackerbau IV

21-1 - Monitoring und Bewertung pilzlicher Blattkrankheitserreger an Mais in Mitteleuropa

Inventory and validation of pathogenic fungi occurring on maize leaves in Central Europe

Lucia Ramos Romero, Birger Koopmann, Andreas von Tiedemann

Georg-August-Universität Göttingen, Abteilung für Allgemeine Pflanzenpathologie und Pflanzenschutz, Department für Nutzpflanzenwissenschaften, Grisebachstr. 6, 37077 Göttingen, Deutschland

Aufgrund des erhöhten Bedarfs an Mais für energetische Zwecke und des stetigen Züchtungsfortschritts in Hinblick auf Kältetoleranz hat der Anbauumfang von Mais in den vergangenen Jahren in ganz Mitteleuropa, besonders aber in Deutschland, stark zugenommen. In diesem Zusammenhang wurden in den letzten Jahren zunehmende Probleme mit phytopathogenen Pilzen an Mais im Bereich der Blätter beobachtet. Es ist anzunehmen, dass Blattkrankheiten an Mais durch die weitere Zunahme der Anbaufläche sowie engere Fruchtfolgen weiter an Bedeutung gewinnen werden. Jedoch ist das Spektrum, die Verbreitung und Dynamik von Phytopathogenen am Blattapparat von Mais in Mitteleuropa nur wenig untersucht. Daher wurde ein qualitatives Monitoring von allen auftretenden Pathogenen an den Blättern von Mais an mehreren Versuchsstandorten in Deutschland (28 Standorte), Holland (sechs Standorte), der Tschechischen Republik (sechs Standorte), Österreich (drei Standorte), Frankreich (zwei Standorte) und Polen (zwei Standorte) in den Jahren 2012 und 2013 durchgeführt. Hierbei wurden symptomatische Blätter (Blattflecken) gesammelt, die möglicherweise kausalen pilzlichen Isolate gewonnen und zunächst morphologisch analysiert. Mit den in Frage kommenden Isolaten wurden Pathogenitätstests unter kontrollierten Bedingungen durchgeführt. Sieben Isolate von *Kabatiella zae*, (Augenfleckenkrankheit), fünf *Bipolaris zeicola* Isolate (Braunfleckigkeit), zwei weitere nicht eindeutig identifizierte Isolate von *Bipolaris* spp., zwei *Colletotrichum graminicola* Isolate (Anthraknose) und sechs *Phoma* spp. Isolate (*Phoma*-Blattfleckenkrankheit) erfüllten die Koch'schen Postulate und erzeugten die in der Literatur beschriebenen Krankheitssymptome. Die *Phoma*-Isolate, die nach der morphologischen Untersuchung noch nicht eindeutig identifiziert werden konnten, werden zurzeit mit molekularen Verfahren bestimmt.

21-2 - *Fusarium*-Arten im norddeutschen Silomais 2006-2013

Fusarium-species in maize for silage in northern Germany

Klaus Schlüter, Ute Kropf, Petr Karlovsky²

Georg-August-Universität, Fachbereich Agrarwirtschaft, FH Kiel, Grüner Kamp 11, 24783 Osterrönfeld, Deutschland

²Georg-August-Universität Göttingen, Department für Nutzpflanzenwissenschaften, FG Pflanzenpathologie und Pflanzenschutz, Grisebachstr. 6, 37077 Göttingen, Deutschland

Der Maisanbau zur Gewinnung von Futter und Biogassubstrat wurde in Norddeutschland in den letzten Jahren erheblich ausgeweitet und umfasst nahezu die gleiche Anbaufläche wie Winterweizen. Im Gegensatz zu Körnermais bleibt Silomais in Norddeutschland meist frei von sichtbaren *Fusarium*-Symptomen, dennoch zeigten Erntegutanalysen immer wieder erhebliche Gehalte an Mykotoxinen. Die daraus resultierende Qualitätsminderung von Futtermitteln wird in der Praxis

unterschätzt. Zur Ermittlung der Verbreitung von Fusarien an Mais werden deshalb seit der Ernte 2006 Stoppelproben untersucht.

Probengewinnung

Jeweils im Frühjahr werden Stoppelproben nach dem Zufallsprinzip in Schleswig-Holstein und Nordniedersachsen gesammelt und mit der rt-PCR (Univ. Göttingen, Labor Karlovsky) auf das Vorhandensein sieben wichtiger Fusariumarten untersucht.

Bisherige Ergebnisse

- 2006 waren weniger als 10 % der Proben mit *F. culmorum* und *F. graminearum* befallen.
- 2007 waren bereits 100 % aller Maisäcker mit *Fusarium graminearum* und 84 % mit *F. culmorum* nachweislich verseucht!
- Über alle Jahre können in 90 % der Bestände drei und mehr *Fusarium*-Arten nachgewiesen werden.
- Regelmäßig werden gefunden: *F. culmorum*, *F. graminearum*, *F. avenaceum*, *F. proliferatum*, *F. poae*, *F. verticillioides*, *F. subglutinans*.
- *F. graminearum*, *F. culmorum* und *F. avenaceum* finden sich auf über 80 % der Flächen und treten mit gleicher Häufigkeit im Weizen auf (Halmgrund + Ähre).
- Unterpflügen langer Stoppel allein reicht nicht aus, den Befall von Wurzeln und Stängeln zu mindern.
- Wirksam ist nur eine Rotteförderung und Einmischung der Ernterückstände durch geeignete technische Verfahren.
- Ganz besonders problematisch ist eine Mulchsaat – vor allem in Maismonokultur – zur Verminderung der Bodenerosion, weil das Befallspotenzial damit direkt auf dem Boden verbleibt.

Fazit

Maisbestände sind in Schleswig-Holstein nahezu flächendeckend und jahresunabhängig von den gleichen Fusariumarten befallen wie Winterweizen. Damit wird die große Bedeutung dieser qualitätsrelevanten Pathogene deutlich.

Literatur

KROPF, U., SCHLÜTER, K. (2013): Fusarien im norddeutschen Maisanbau nehmen zu. *Mais*, **3**, 124-127.

SCHLÜTER, K., U. KROPF (2013): Die Gefahren lauern im Mais. *DLG-Mitteilungen*, **9**, 54-57.

KROPF, U., SCHLÜTER, K. (2013): Mais – der Patient von morgen? *Top agrar*, **10**, 61-65.

21-3 - Einfluss der Witterung auf die epidemiologische Ausbreitung von *Kabatiella zeae* in der Maiskultur

Influence of weather conditions on the epidemiological spread of Kabatiella zeae in maize

Christoph Algermissen, Holger Klink, Joseph-Alexander Verreet

Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Institut für Phytopathologie

Die Trends zur Ausweitung des Maisanbaues in Deutschland, sowie zu einem erhöhten Anteil von Mulchsaaten zulasten einer wendenden Bodenbearbeitung vor der Aussaat des Mais, führen unweigerlich zu phytosanitären Problemen durch Pilzkrankheiten, die an den Pflanzenresten bei Maisvorfrucht auf der Bodenoberfläche verbleiben und neugesäten Mais unmittelbar infizieren. Die in Deutschland im Juni 2014 erstmalig zugelassenen Fungizide zur Bekämpfung von Blattkrankheiten im Mais sollen dazu beitragen, die Gesunderhaltung der Pflanzen zu fördern und Ertragsverluste zu vermindern, wobei der Einsatz der Pflanzenschutzmittel so gering wie möglich gehalten werden soll.

Ziel des Projektes ist es, anhand der gesammelten Boniturdaten der Augenfleckenkrankheit an Mais, ausgelöst durch das Blattpathogen *Kabatiella zea*, in Verbindung mit Wetterdaten, eine witterungsbasierte Prognose zu erstellen, um einen optimalen Applikationstermin im Sinne des integrierten Pflanzenschutzes zu benennen. In Jahren mit hohem Befallsdruck können durch diese Blattkrankheit im maritimen Klimaraum von Schleswig-Holstein und Dänemark Ertragsverluste von 20 – 30 % auftreten.

Anhand von direkt im Maisbestand erhobenen Witterungsdaten, sowie Exaktbonituren an der für Blattpathogene anfälligen Sorte „Lorado“, konnte ein Zusammenhang zwischen spezifischen Witterungsereignissen und der Progressionsphase des Erregers hergestellt werden. Der Beginn der Progressionsphase gilt im Allgemeinen auch als „Grenzwert der Erregerpopulation“ und gibt somit einen Schwellenwert an, bei dem der Befall des Blattpathogens am wirkungsvollsten durch eine fungizide Gegenmaßnahme, im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle, gemindert werden kann. In weiteren Feldversuchen dienten stadienorientierte Fungizidmaßnahmen in BBCH 34, 37, 55 und 65 dazu, neue Erkenntnisse zum optimalen Applikationszeitpunkt zu erlangen.

Die aus den Bonituren gewonnenen Befallsverlaufskurven von *K. zea* in den Jahren 2011 bis 2013 weisen zwar parallele Steigungen während der Progressionsphase auf, basieren aber auf unterschiedlichen Startpunkten. In 2011 und 2012 setzte eine starke Ausbreitung des Blattpathogens bereits in der ersten Augustdekade ein, wohingegen diese Entwicklung in 2013 erst in der ersten Septemberdekade zu beobachten war. Die unterschiedlichen Eintritte in die Progressionsphase können rückwirkend durch besondere Witterungsereignisse mit hohen relativen Luftfeuchten im Maisbestand von über 85 % über einen längeren Zeitraum (35 – 40 h) erklärt werden.

Die Ergebnisse der stadienorientierten Behandlungsversuche zeigten, dass die wirksamste Bekämpfung des Blattpathogens, wie im Vorhinein postuliert, in der Startphase der Progression zu verzeichnen war. So konnten in 2012 die Applikationsvarianten zu BBCH 37 und 55 den Befall mit *K. zea* zur Silomaisenernte um durchschnittlich 6,8 Prozentpunkte Befallstärke von *K. zea* an der Gesamtpflanze, ggü. Der unbehandelten Kontrolle, mindern. In 2013 war demgegenüber die späte Behandlung zu BBCH 65 mit einer Befallsreduktion von 7,3 Prozentpunkten zur unbehandelten Kontrolle von ihrer Wirksamkeit am effektivsten.

21-4 - Pilzkrankheiten im Mais: wetterbasierte Infektionsbedingungen und infektionsbezogener Fungizideinsatz

Fungal diseases in corn: weather-based infection probabilities and infection-oriented fungicide application

Thomas Volk

proPlant GmbH

Für folgende Pilzkrankheiten im Mais wurden die wetterbasierten Infektionsbedingungen anhand von Exakt-Bonituren aus Feldversuchen in unterschiedlichen Jahren und Regionen in Deutschland bzw. in anderen europäischen Ländern sowie des vorhandenen Expertenwissens erarbeitet und fachlich validiert:

- Turcicum-Blattdürre (Exserohilum turcicum, teleomorph Setosphaeria turcica)
- Augenflecken (*Kabatiella zea*)
- Braun- oder Schwarzfleckigkeit (*Bipolaris zeicola*, synonym *Helminthosporium carbonum*)
- Stängel- und Kolbenfäulen (*Fusarium graminearum*).

Basierend darauf zeigt das Prognosesystem proPlant expert. für jeden dieser Pilze an, ab welchem Datum die Bestandeskontrolle auf Befall mit Pilzkrankheiten empfohlen wird. Denn für den Fungizideinsatz in Mais kommt z.B. in Deutschland ein relativ langer Zeitraum von Mitte Juni bis

Anfang August (dann mit Selbstfahrern) in Frage. Der optimale Termin für Bonituren und Fungizideinsätze variiert witterungsbedingt von Jahr zu Jahr und von Region zu Region. Der Fungizideinsatz wird von proPlant expert. empfohlen, wenn Ausgangsbefall vorhanden ist und das Wetter der letzten Tage und/oder der Vorhersage weitere Infektionen ermöglicht. Ob und wann Ausgangsbefall auftritt ist nicht nur von den wetterbasierten Infektionsbedingungen abhängig, sondern z.B. für die Turcicum-Blattdürre wie bei anderen Pilzkrankheiten auch von Parametern wie Inokulum, Fruchtfolge, Bodenbearbeitung und Sortenanfälligkeit. Beispielsweise ist das Inokulum aus den letzten Jahren deutschlandweit nicht gleichverteilt, sondern für die Turcicum-Blattdürre in Süddeutschland und für die Augenflecken in Schleswig-Holstein höher. Bei hohem Maisanteil in der Fruchtfolge und Mulchsaat ist ein früherer Epidemiebeginn zu erwarten als bei Pflugsaat nach Getreide. Der Anbau von Maissorten mit geringer Anfälligkeit für Pilzkrankheiten stellt eine einfach umzusetzende Maßnahme im Sinne des integrierten Pflanzenschutzes dar, wobei aus Sicht der Landwirte damit keine Nachteile bei anderen Sorteneigenschaften (Zeitpunkt der Reife, Ertrag, Qualität, Lageranfälligkeit usw.) verbunden sein dürfen.

In Deutschland sind die beiden seit dem Jahr 2014 erstmals einsetzbaren Mais-Fungizide bislang ausschließlich gegen den Pilz Turcicum-Blattdürre zugelassen, für die Folgejahre wird eine Erweiterung der Zulassung auf andere Pilze erwartet.

Der Fungizideinsatz in anderen europäischen Ländern unterscheidet sich teilweise in folgenden Punkten:

- Die Zulassung umfasst auch die Anwendung gegen weitere Pilze und besteht seit mehreren Jahren (z. B. Dänemark).
- Die zugelassenen Wirkstoffmengen pro Hektar liegen deutlich niedriger (z. B. Ukraine, Baltikum), so dass insbesondere aufgrund der kürzeren vorbeugenden Wirkung für den Bekämpfungserfolg ein gezielter Fungizideinsatz noch wichtiger ist.

Im Jahr 2014 wurde dieses neue Prognosemodell von proPlant expert. erstmals in Deutschland und anderen europäischen Ländern getestet. Im Jahr 2015 soll es breiter in der landwirtschaftlichen Praxis eingesetzt werden.

- Durch die Kombination mit dem seit Jahren bewährten Maiszünsler-Prognosemodell von proPlant expert. kann der optimale Behandlungstermin für diejenigen Schläge empfohlen werden, auf denen im selben Jahr sowohl ein Fungizid- als auch ein Insektizideinsatz notwendig sind.

21-5 - Analyse des epidemiologischen Ausbreitungsmusters (Infektion, Besiedlung, Progression) verschiedener *Fusarium*-Arten sowie Effekte der Beize und fungizider Blattbehandlungen in Mais

Analysis of the epidemiological patterns (infection, colonization, progression) of different Fusarium species and the effect of fungicide seed treatments and foliar fungicides in maize

Christiane Wiese, Tim Birr, Joseph-Alexander Verreet

Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Institut für Phytopathologie

Durch die Energiewende nahm der Maisanbau in den letzten Jahren in weiten Regionen Deutschlands zu. Engere Fruchtfolgen bis hin zur Monokultur in Kombination mit pflugloser Bodenbearbeitung bringen einen zunehmenden Infektionsdruck mit sich. Vor allem die *Fusarium*-Pilze und ihre Stoffwechselprodukte, die Mykotoxine, sorgen für Probleme hinsichtlich der Nahrungs- und Futtermittelsicherheit. Eine effektive Verminderung der Mykotoxingehalte ist durch ackerbauliche Maßnahmen wie z.B. Fruchtfolge und Bodenbearbeitung möglich. In wie weit eine chemische

Kontrolle in Zukunft im Rahmen einer Bekämpfungsstrategie eine Rolle spielen kann, soll mit den laufenden Versuchen ermittelt werden.

In den Jahren 2013 und 2014 wurden auf dem Versuchsstandort Hohenschulen in Schleswig-Holstein Maisfeldversuche (Nutzungsrichtung Silomais) mit den Maissorten Lorado, NK Nekta und Multitop angelegt. Ziel der Untersuchungen war es, fungizide Bekämpfungsstrategien (Fungizidbeize, Fungizidblattapplikation) zu entwickeln, welche das Auftreten und die Mykotoxinbildung durch Fusariosen während der Vegetationsperiode im Feld in der Maiskultur reduzieren. Zur Untersuchung der Wirkung von Fungizidbeizen und Fungizidblattapplikationen wurde eine schon über mehrere Jahre genutzte Maismonokulturfläche verwendet, so dass ein natürliches Inokulum zur Infektion der Maispflanzen zur Verfügung stand. Das *Fusarium*-Artenpektrum sowie die Befallsstärke wurden mittels quantitativer PCR (qPCR) analysiert. Die quantitative Bestimmung der Mykotoxinbelastung erfolgte mittels LC/MS.

Über die Maisvegetation 2013 wurden zu den Entwicklungsstadien EC 31, EC 65, EC 75 die Befallsstärke sowie die Artenzusammensetzung von *Fusarium* spp. in drei Fraktionen (Oben – Kolben – Unten) mittels qPCR analysiert. Durch eine alleinige Fungizidbeize konnte vergleichend zur ungebeizten Kontrolle die *Fusarium*-Belastung zu allen betrachteten Entwicklungsstadien in den einzelnen Fraktionen deutlich reduziert werden. Während in der Kontrolle in EC 31 ausschließlich *F. poae* detektiert werden konnte, zeigten die EC-Stadien 65 und 75 neben *F. poae* auch eine deutlich Belastung mit *F. culmorum* sowie *F. avenaceum*, wobei *F. culmorum* in der unteren Fraktion, *F. poae* in der Kolbenfraktion und *F. avenaceum* in der oberen Fraktion das Befallsgeschehen dominierten.

Die DON-Belastung konnte im Vergleich zur ungebeizten Kontrolle durch eine alleinige Beizung in der Sorte NK Nekta um 44,7 % reduziert werden. Eine zusätzliche Fungizidapplikation in EC 55 (Mitte Rispenschieben) führte zu einer weiteren DON-Minderungen in Höhe von 34,4 %. Der ZEA-Gehalt konnte durch die Kombination aus Fungizidbeize und Fungizidapplikation im Vergleich zur Kontrolle sehr signifikant reduziert werden und überschritt den Richtwert für Futtermittel von 500 µg ZEA/kg TM nicht mehr.

Als wichtigste Vermeidungsstrategie von *Fusarium*-Belastungen und der damit verbundenen Mykotoxinbelastungen im Silomais ist auf die Einhaltung phytosanitär-pflanzenbaulicher Maßnahmen wie z.B. Fruchtfolge und Pflugsaat zu achten. Allerdings stellen unter den Bedingungen der Umwelt und Kulturführung *fusariumspezifische* Fungizidbeizen und fungizide Blattbehandlungen als chemisch-therapeutische Maßnahmen gegenüber den in der Maiskultur auftretenden *Fusarium*-Pilzen eine effektive Strategie zum Erzielen des genetisch fixierten Ertragspotentials dar.

21-6 - Einfluss von Fungizidapplikation im Mais auf die Kontrolle von pilzlichen Schaderregern und abiotischen Stress

Impact of fungicide treatment in maize on the control of fungal pathogens and abiotic stress

Nicole Metz, Monika Fleschhut, Michael Heß

Technische Universität München, Lehrstuhl für Phytopathologie

Feldversuche zum Einsatz vor Fungizid im Mais zeigen bei geringem Pathogendruck deutlich positive Effekte auf den Ertrag. Diese wurden besonders in den Varianten beobachtet, die aufgrund einer überhöhten Bestandesdichte stärker „gestresst“ waren. Neben dem Kornertrag konnten durch die Fungizidapplikation eine verringerte Nekrotisierung, höherer Chlorophyllgehalt, höherer Zucker- und reduzierter Stärkegehalt festgestellt werden. Es ergibt sich die Frage, in wie weit die Feldbeobachtungen auf die Wirkung des Fungizids auf biotischen und abiotischen Stress zurückgeführt werden können. Während im Feld kaum Symptome von Blattkrankheiten festgestellt wurden, zeigte der Einsatz verschiedener diagnostischer Methoden ein breites Auftreten

unterschiedlicher Schaderreger. In den einzelnen Untersuchungsjahren und an den verschiedenen Standorten im Raum Freising dominierten unterschiedliche Spezies.

Trotz stärkerer Schwankungen zwischen den einzelnen Proben konnte generell durch den Fungizideinsatz ein reduzierter Pathogenbefall beobachtet werden. Die Fungizidwirkung auf abiotischen Stress wurde überwiegend in unterschiedlichen Untersuchungsansätzen unter kontrollierten Bedingungen im Gewächshausversuch untersucht. Aus den Ergebnissen ergibt sich die Schlussfolgerung, dass durch den Einsatz von Fungiziden im Mais sowohl der biotischer als auch der abiotischer Stress reduziert wird, wodurch positive Ertragseffekte erklärt werden können.

21-7 - Bewertung der Maiskolbenfusariose mittels Spektralanalyse

Elisabeth Oldenburg, Martin Kraft²

Julius Kühn-Institut, Institut für Pflanzenschutz in Ackerbau und Grünland

²Thünen-Institut, Institut für Agrartechnologie

Der Befall von Maiskolben mit Pilzen der Gattung *Fusarium* kann zu Ertragsverlusten und zu Qualitätsmängeln durch **Fusarium**toxin-Belastungen der Ernteprodukte führen.

Um das Risiko von *Fusarium*-Infektionen und Mykotoxinkontaminationen zu verringern, sind Kenntnisse über die Anfälligkeit von Maissorten gegenüber **Fusarium**infektionen wünschenswert. Bisher sind jedoch keine standardisierten Prüfmethode zur Bewertung der Kolbenfusariose verfügbar. Aufgrund der komplexen Symptomatik und der häufig vorkommenden Mischinfektionen mit anderen pilzlichen Schaderregern erfordern visuelle Boniturverfahren zur Befallsdiagnose den Einsatz von phytopathologisch qualifiziertem Personal. Da die automatisierte Bildanalyse neue Möglichkeiten zur definierten und damit standardisierten Krankheitsevaluierung eröffnet, wurde versucht, eine symptom-spezifische Befallsdiagnose der Kolbenfusariose mittels Spektralanalyse zu entwickeln.

Dazu wurde ein Sortiment von ca. 2000 Maiskolben von 20 Sorten mit unterschiedlicher Krankheitsausprägung, die aus Feldversuchen am Standort des JKI stammten, zunächst einer visuellen Bonitur durch Experten unterzogen. Es wurde eine prozentuale Schätzung des sichtbaren symptom-spezifischen Anteils im Vergleich zum symptomlosen Anteil an der inneren Fläche von längs halbierten Kolben vorgenommen, da die Befallssymptome an der Spindel besser und eindeutiger erkennbar sind als an der äußeren Oberfläche des Kolbens (Oldenburg und Ellner, 2011). Anschließend wurden Spektralbilder der bonitierten Kolbenhälften im Wellenlängenbereich von 460 bis 1130 nm mit Hilfe eines Zeutec Spektralsystems aufgenommen. Die Bilder wurden spektral geglättet und anhand eines Reflexionsstandards kalibriert. Die Grauwertbilder von 135 Wellenlängen (im Abstand von 5 nm) bildeten die Basis des Merkmalsatzes für die Klassifikation. Mit einer Diskriminanzanalyse wurden geeignete kleine Merkmalsätze für die Segmentierung der Spektralbilder in vordefinierte Oberflächenklassen ausgewählt.

Die Reflexionsspektren derjenigen Teilflächen, die *Fusarium*-spezifische Symptome zeigten (*Fusarium* Zone), unterschieden sich deutlich von den Reflexionsspektren der Bereiche ohne sichtbare Symptome (Gesunde Zone), wobei Differenzen sowohl bei Wellenlängen im sichtbaren als auch im infraroten Bereich auftraten. Als Ergebnis der Diskriminanzanalyse wurde entsprechend Del Fiore et al. (2010) festgestellt, dass der Nahinfrarotbereich zwischen 850 und 1000 nm die deutlichsten Reflexions-Unterschiede zwischen den *Fusarium*-infizierten und gesunden Zonen zeigte. Die mit dieser Spektralbild-Analyse berechneten Befallsgrade lagen etwas über den Schätzwerten der visuellen Bonitur und erlauben eine Vorhersage der Expertenbonitur mit einem Bestimmtheitsmaß von $r^2 = 0,81$ (Kraft und Oldenburg, 2010).

Die in diesem Beitrag beschriebene Technik ist ein Erfolg versprechender Ansatz für die objektive Quantifizierung *Fusarium*-spezifischer Befallssymptome auf der Innenseite der Spindel halbierten Maiskolben. Die Arbeiten werden zur Optimierung des Verfahrens fortgesetzt.

Literatur

59. Deutsche Pflanzenschutztagung "Forschen – Wissen – Pflanzen schützen: Ernährung sichern!" 23. bis 26. September 2014, Freiburg

DEL FIORE, A., M. REVERBERI, A. RICELLI, F. PINZARI, S. SERRANTI, A. FABBRI, G. BONIFAZI, C. FANELLI, 2010: Early detection of toxigenic fungi on maize by hyperspectral imaging analysis. *Int. J. Food Microbiology* **144** (1), 64-71.

KRAFT, M., E. OLDENBURG, 2012: Detection and quantification of *Fusarium*-specific disease symptoms in maize ears by spectral imaging. 3rd CIGR International Conference of Agricultural Engineering, 6 pages.
http://cigr.ageng2012.org/images/fotosg/tabla_137_C0919.pdf.

OLDENBURG, E., F. ELLNER, 2011: Infection process and mycotoxin production in *Fusarium culmorum*-infected maize ears. *Plant Breeding and Seed Science* **63**, 59-65.