

Dr ELŻBIETA CZEMBOR

Instytut Hodowli i Alimatyzacji Roślin – PIB w Radzikowie

CZYNNIKI KSZTAŁTUJĄCE POZIOM SKAŻENIA ZIARNA KUKURYDZY TOKSYNAMI FUZARYJNYMI

Kukurydza zajmuje trzecie miejsce pod względem powierzchni zasiewu, po pszenicy i ryżu, natomiast pod względem wielkości zbiorów zajmuje pierwsze miejsce wśród roślin uprawianych na świecie. Jej udział w światowej powierzchni uprawy zbóż wynosi ponad 20%, a pod względem produkcji około 30%. Wyróżnia się wysokimi plonami ziarna powyżej 10 t/ha i około 20 t/ha suchej masy w uprawie na kiszonkę. W 2007 roku jej łączna powierzchnia uprawy wyniosła ponad 150 mln ha, a zbiory sięgały prawie 800 mln ton ziarna [FAOSTAT 2007]. Według danych Eurostatu, w 2009 roku powierzchnia uprawy tej rośliny w 27 krajach członkowskich UE wyniosła około 13 mln ha. Polska jest piątym krajem w UE pod względem powierzchni uprawy kukurydzy, po Francji, Niemczech, Węgrzech i Rumunii (419 tys. ha na kiszonkę i 274 tys. ha na ziarno w 2011 r.). W 2012 roku przewiduje się wzrost powierzchni uprawy zarówno kukurydzy ziarnowej (o ok. 2%), jak i kiszonkowej (o ok. 8%).

Jednak w ostatnich latach jednym z podstawowych czynników decydujących o wartości gospodarczej kukurydzy, obok wielkości plonu ziarna, jest jego jakość. Główną czynnikami obniżającą jakość ziarna jest **fuzarioza kolb** (fot. 2). Choroba powodowana jest przez grzyby z rodzaju *Fusarium* spp., których metabolity wtórne są wysoko szkodliwe dla ludzi i zwierząt (szczególnie dla trzody chlewnej), powodując ich choroby a nawet śmierć. Związki te są szybko wchłaniane do krwi i gromadzone w organizmie. Ich wpływ na organizm ludzki może ujawniać się w postaci chorób dopiero po wielu latach. U zwierząt przeżuujących, które mają długi przewód pokarmowy, toksyny są w niewielkim stopniu rozkładane, co nie znaczy że są nieszkodliwe.

Najczęściej sprawcą fuzariozy kolb jest grzyb *F. graminearum* (produkujący deoksynivalenol – DON i zearalenon – ZEA) oraz *F. verticillioides* (produkujący fumonizyny – FUM). Najbardziej powszechne choroby powodowane przez deoksynivalenol u ludzi i zwierząt to utrata łaknienia, biegunki, owrzodzenia jamy ustnej, hipotemia lub zmiany martwicze skóry. Fumonizyny powodują obrzęki płuc trzody chlewnej, nowotwory wątroby, uszkodzenia mózgu koni, a nawet bezwład ruchowy. Zearalenon powoduje m.in. zaburzenia płodności, zaburzenia hormonalne oraz ujemnie

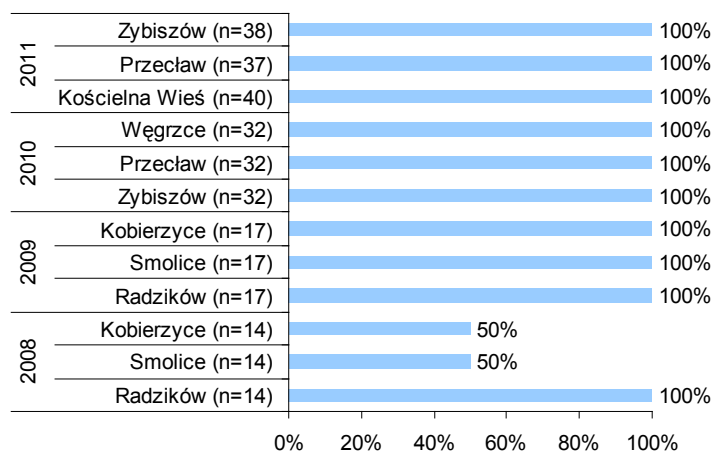


Fotografia 1. Plantacja kukurydzy
Foto: E. Czembor

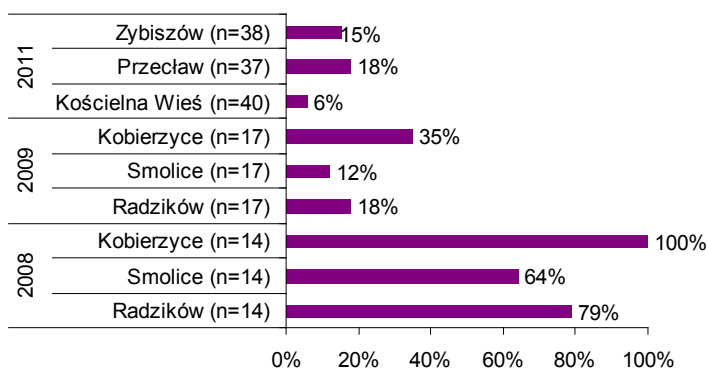
wpływa na wzrost i rozwój gruczołu mlekowego. W 2007 roku UE wprowadziła normy określające ich maksymalne zawartości w ziarnie kukurydzy [EC No 1126/ 2007]. Jeżeli zawartość DON w ziarnie nieprzetworzonym przekracza 1700 ug/kg, ZEA 350 ug/kg, a FUM 4000 ug/kg (maksymalna zawartość fumonizyn ma ulec w najbliższym czasie obniżeniu do 2000 ug/kg), takie ziarno nie kwalifikuje się do wykorzystania na paszę.



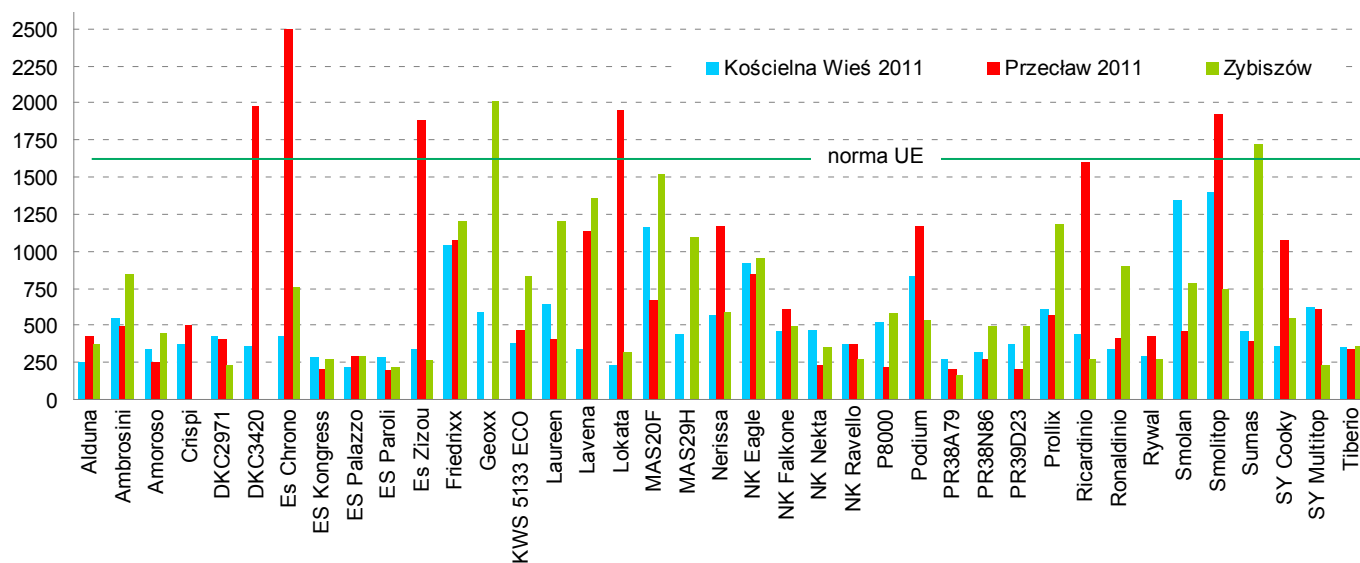
Fotografia 2. Objawy fuzariozy kolb kukurydzy powodowanej przez grzyby z rodzaju *Fusarium* spp.
Foto: E. Czembor



Rysunek 1. Procent prób w których stwierdzono zawartość deoksynivalenolu produkowanego przez *F. graminearum* w latach 2008-2011 (n – liczba prób badanych)
Źródło: opracowanie własne



Rysunek 2. Udział procentowy prób, w których stwierdzono zawartość fumonizyn produkowanego przez *F. verticillioides* w latach 2008-2011 (n – liczba prób badanych)
Źródło: opracowanie własne



Rysunek 3. Zawartość deoksynivalenolu w próbach ziarna pobranych z odmian kukurydzy włączonych do badań porejestrowych COBORU w 2011 roku
Źródło: opracowanie własne

W krajach Europy Południowej dominuje *F. verticillioides* natomiast na obszarze Europy Północnej – *F. graminearum*. W Polsce, w latach z małą ilością opadów, gatunki powodujące fuzariozę są zbliżone do tych występujących na południu Europy, natomiast w latach mokrych na północy Europy [Czembor i in. 2011a]. Przykładowo, w próbach ziarna pobranych w latach 2002-2004 grzybem występującym z najwyższą częstotliwością był *F. graminearum*. Wysokie temperatury w latach 2005 i 2006 spowodowały, że w populacji zaczęły dominować grzyby z sekcji *Lisolea* – *F. verticillioides* i *F. proliferatum*. Natomiast w próbach ziarna pobranych w latach 2009-2011 głównym sprawcą fuzariozy kolb był *F. graminearum*. Potwierdzeniem tego były wyniki badań mających na celu monitorowanie skażenia ziarna kukurydzy toksynami fuzaryjnymi prowadzonych przez IHAR-PIB [Czembor i in. 2011a]. W latach 2009-2011 wszystkie badane próby zawierały DON, natomiast w 2008 roku stanowiły one 50% wszystkich prób (rys. 1). Natomiast udział prób skażonych fumonizynami był wysoki w 2008 roku, a w kolejnych latach znacznie niższy (rys. 2)

W ostatnich latach również w Polsce wzrasta zagrożenie skażenia ziarna kukurydzy toksynami fuzaryjnymi, przez co jakość produktów żywnościowych i paszy uzyskiwanych na jego bazie jest niższa. Przykładem są wyniki analiz zawartości deoksynivalenolu i fumonizyn w próbach ziarna pobranych z odmian kukurydzy włączonych do badań porejestrowych COBORU w 2011 roku [Czembor, Ochodźki dane nieopublikowane]. Próby ziarna zostały przekazane przez Stację Oceny Odmian w Zbiszowie, Stację Oceny Odmian w Przeclawiu oraz Zakład Oceny Odmian w Kościelnej Wsi. Stwierdzono, że chłodne i wilgotne lato 2011 roku sprzyjało rozwojowi grzyba *F. graminearum*. We wszystkich badanych próbach stwierdzono zawartość deoksynivalenolu, na co istotny wpływ miała zarówno lokalizacja, jak i genotyp (rys. 3). Najwyższe zawartości tych metabolitów stwierdzono w próbach pobranych w Przeclawiu, gdzie w 7 z nich (18,9% wszystkich prób badanych) zawartość tej toksyny przekraczała normy unijne. W większości badanych prób nie występowały fumonizyny lub ich poziomy zawartości był bardzo niski.

Tabela 1. Czynniki wpływające na zawartość mikotoksyn produkowanych przez grzyby z rodzaju *Fusarium* spp. w ziarnie kukurydzy (oraz na plon ziarna)

Przedplon	Uprawa, agrotechnika	Wybór odmiany	Warunki meteorologiczne	Zbiór i warunki meteorologiczne
Zasady dobrej agrotechniki				
Wszystkie gatunki oprócz kukurydzy i pszenicy	usuwanie resztek poźniwnych	unikanie odmian podatnych	brak opadów w czasie kwitnienia	właściwy zbiór, brak opadów
Zasady złej agrotechniki				
Kukurydza lub pszenica	dużo resztek poźniwnych	odmiany podatne	obfite opady, wysoka wilgotność powietrza	opóźniony zbiór, opady, wilgotne ziarno

Źródło: opracowanie własne

Hodowla i wykorzystanie w uprawie odmian odpornych oraz stosowanie właściwej agrotechniki są powszechnie uznane za najbardziej opłacalną i przyjazną środowisku metodę ochrony roślin przed tymi patogenami. Zostało to w sposób kompleksowy opisane przez Zijlstra i współpracowników [2011]. W przypadku kukurydzy stosowanie fungicydów przeciwko fuzariozie jest trudne i mało efektywne, gdyż trudno jest ocenić nasilenie choroby, a jej rozwój może być zbyt szybki, aby fungicyd okazał się skuteczny. Interakcja pomiędzy grzybami z rodzaju *Fusarium* spp. a kukurydzą jest bardzo specyficzna. Nie jest to klasyczny układ w którym nasilenie choroby jest efektem końcowym interakcji pomiędzy gospodarzem, patogenem i środowiskiem. Układ ten należy uzupełnić o wpływ środowiska i samych grzybów z rodzaju *Fusarium* spp. na ilość i rodzaj produkowanych toksyn. W tabeli 1 przedstawiono przykładowe zasady dobrej i złej praktyki rolniczej, które w sposób istotny wpływają na zawartość toksyn fuzaryjnych w ziarnie kukurydzy.



Fotografia 2. Wiechy kukurydzy
Foto: E. Czembor

Podsumowując, należy stwierdzić, że zagadnienia dotyczące poszukiwania źródeł odporności kukurydzy na fuzariozę kolb nabrały szczególnego znaczenia ze względu na:

- szybki wzrost powierzchni uprawy tej rośliny i stosowanie niewłaściwego płodozmianu, co spowodowało zwiększenie ryzyka porażenia roślin grzybami z rodzaju *Fusarium* spp. i skażenia ziarna toksynami,
- zawężenie zmienności genetycznej spowodowane nastawieniem hodowli na uzyskanie jak największych plonów,
- wprowadzenie norm unijnych dotyczących maksymalnej zawartości toksyn w ziarnie nieprzetworzonym i przetworzonym,
- Dyrektywę 2009/128/WE obligującą kraje członkowskie do wprowadzenia od początku 2014 roku obowiązku przestrzegania przez profesjonalnych użytkowników środków ochrony roślin zasad integrowanej ochrony roślin.

Uzyskanie postępu biologicznego dla stopnia odporności na fuzariozę kolb powinno być więc ważnym elementem prowadzonych obecnie programów hodowlanych kukurydzy.

Literatura

Adamczyk J. 1998: Przegląd metod hodowli kukurydzy i ich skuteczność w praktyce. *Biul. IHAR*, 208, 123-130.
 Adamczyk J. 1999: Oszacowanie wartości hodowlanej odmian populacyjnych i syntetycznych kukurydzy (*Zea Mays* L.). *Biul. IHAR*, 209, 223-245
 Adamczyk J., Rogacki J., Cygert H. 2010. Postęp w hodowli kukurydzy w Polsce. Artykuł przeglądowy. *Acta Sci. Pol., Agricultura*, 9(4), 85-91.

Czembor E. 2011: Innowacyjne systemy ochrony roślin na przykładzie kukurydzy. *Więś Jutra*, 3-4.
 Czembor E., Adamczyk J., Posta K., Oldenburg E., Schürch S. 2010: Prevention of *Fusarium* ear rot of maize and mycotoxins accumulation ENDURE Maize Case Study Guide Number 3, http://www.endure-network.eu/endure_publications/endure_publications2.
 Czembor E., Ochodźki P., Warzecha R., Adamczyk J., Wójcik K. 2011a: Ear rot severity, mycotoxin content and *Fusaria* species in maize hybrids grown in Poland. [W:] Book of Abstract EUCARPIA Maize and Sorghum Conference. Resources in Maize and Sorghum Breeding, 19-22, 06.2011., p. 97
 Czembor E., Presello D., Warzecha R., Adamczyk J., Wójcik K. 2011b: Responses of pedigree selection for ear and stalk rot resistance in F₂, F₃ and F₄ generations of maize. [W:] Book of Abstracts Conference: Sustainable use of pesticides and integrated pest management in East-Central Europe and the Baltics, Radzikow, Poland, 4-6. 09.2011., p. 63
 Meissler M., Mouron P., Musa T., Bigler F., Pons X., Vasileiadis, V.P., Otto S., Antichi D., Kiss J., Pálincás Z., Dorner Z., van der Weide R., Groten J., Czembor E., Adamczyk J., Thibord J-B., Melander B., Cordsen Nielsen G., Poulsen R.T., Zimmermann O., Verschwele A., Oldenburg E. 2010: Pests, pesticide use and alternative options in European maize production: current status and future prospects. *Journal of Applied Entomology*, 34 (5), 357-375
 Vasileiadis V.P., Otto S., Sattin M., Pálincás Z., Veres A., Bán R., Kiss J., Pons X., Kudsk P., Weide R., Czembor E., Moonen C. 2010: General Recommendations for IPM Development in European Maize Based Cropping Systems: Innovative Methods and ToolsMaize Based Cropping Systems Case Study Guide Number 2. http://www.endure-network.eu/endure_publications/endure_publications2.
 Zijlstra C., Lund I., Justesen A., Nicolaisen M., Bianciotto V., Posta K., Balestrini, R., Przetakiewicz A., Czembor E., van de Zande J. 2011: Combining novel monitoring tools and precision application technologies for integrated high-tech crop protection in the future (a discussion document). *Pest Manag. Sci.*, 67, 616-625.