

AGATA TEKIELA

*Instytut Ochrony Roślin  
Terenowa Stacja Doświadczalna  
Langiewicza 28, 35-101 Rzeszów  
E-mail: a.tekiela@ior.poznan.pl*

## RÓŻNICE W STOPNIU INFEKCJI ZIARNA KUKURYDZY PRZEZ GRZYBY *FUSARIUM* SPP. A SKAŻENIA PRZEZ MIKOTOKSYNY W UPRAWIE MIESZAŃCÓW KUKURYDZY MODYFIKOWANYCH GENETYCZNIE I ICH FORM WYJŚCIOWYCH W WARUNKCH POLSKICH

### WPROWADZENIE

Panująca w ostatnim dziesięcioleciu XX w. ciepła pogoda, poszerzanie areału i intensyfikacja uprawy kukurydzy, wprowadzone uproszczenia agrotechniczne, pojawianie się nowych gatunków agrofagów oraz inwazyjne przemieszczanie się już występujących na terenach sąsiednie spowodowały znaczący wzrost zagrożenia dla wysokości i jakości plonów tej rośliny przez choroby (LISOWICZ 2000, 2001; LISOWICZ i TEKIELA 2004). Na podstawie badań wykonanych w ostatnich kilku latach szacuje się, że choroby kukurydzy co roku są przyczyną strat wysokości plonu, sięgających nawet 30%, jak również pogorszenia jakości kukurydzy (LISOWICZ i TEKIELA 2004). Wczesne porażenie roślin przez grzyby i bakterie powoduje zdrobnienie ziarna, a także znaczne pogorszenie wartości pokarmowej oraz jakości paszy uzyskiwanej z kukurydzy (LISOWICZ i TEKIELA 2004). Za najgroźniejsze uważa się obecnie choroby powodowane przez grzyby z rodzaju *Fusarium*, będące głównymi sprawcami zgorzeli siewek, zgnilizny korzeni i zgorzeli podstawy łodygi, ale także najbardziej niebezpiecznej fuzariozy kolb.

Fuzarioza kolb kukurydzy, poza przypadkami silnego wystąpienia, powoduje niewielkie ubytki plonu, ale w dużym stopniu pogarsza jakość ziarna i paszy, jako produktu do dalszego przerobu. Gatunki grzybów odpowiedzialne za porażenie, poza wydzielaniem substancji niezbędnych do życia, posiadają

zdolność produkowania metabolitów drugorzędnych tzw. mikotoksyn, kumulowanych w ziarniakach i innych częściach rośliny (trichoteceny m.in.: toksyna T-2 i diacetoksyscirpenol-DAS, ochratoksyna A, zearalenon, deoksyniwalenon-DON, HT-2 toksyna, alfatoksyny i in.). Substancje te mogą wywoływać wiele chorób u ludzi, między innymi różnego rodzaju alergię, zaburzenia hormonalne, nowotwory (uaktywniają komórki onkogenne). Ich obecność w paszy stanowi duże zagrożenie także dla zdrowia i życia zwierząt, szczególnie dla trzody chlewnej i drobiu, gdyż powodują one podwyższoną wrażliwość na czynniki zakaźne, które w standardowych warunkach, bez dodatkowego działania metabolitów grzybów toksynotwórczych nie byłyby w stanie wywołać choroby. Ponadto negatywnie wpływają na wyniki produkcyjne i reprodukcję, a przede wszystkim na zdrowotność oraz jakość produktu finalnego, trafiającego do konsumenta (GRAJEWSKI i współaut. 2004, TEKIELA i współaut. 2005).

Przebieg warunków pogodowych ma istotny wpływ na jakość plonu, ponieważ nawet przy niskim stopniu zasiedlenia przez grzyby zawartość mikotoksyn może być wysoka (wczesne porażenie, a następnie złe warunki do rozwoju grzybní). Istotne jest także żerowanie szkodników, zwłaszcza ploniarki zbożówki, mszyc, przyłżeńców, omacnicy prosowianki, które raniąc rośliny ułatwiają

wnikanie zarodników do tkanek. Największe straty notowane są w południowej Polsce, szczególnie na Dolnym Śląsku, w lata ciepłe i wilgotne (TEKIELA 2005).

Niestety obecnie stosowanie fungicydów w Polsce ogranicza się jedynie do zaprawiania ziarna siewnego, co w późniejszym okresie wegetacji nie zabezpiecza plonu kukurydzy przed porażeniem przez grzyby z rodzaju *Fusarium*. Na podstawie wieloletnich badań,

można wyciągnąć wniosek, że bardzo istotne jest także żerowanie szkodników, zwłaszcza omacnicy prosowianki. Dlatego oprócz agrotechnicznych sposobów zapobiegania chorobom, należy szczególną uwagę zwrócić na profesjonalne zwalczanie szkodników za pomocą metod chemicznych, biologicznych, mechanicznych, integrowanych czy z wykorzystaniem roślin modyfikowanych genetycznie.

### INFEKCJA ZIARNA PRZEZ GRZYBY PATOGENICZNE

W latach 2005-2006 wykonano w warunkach Polski badanie zasiedlenia kolb przez grzyby z rodzaju *Fusarium*, a także określenie zawartości mikotoksyn w ziarnie odmian zawierających gen (Bt) odporności na omacnicę prosowiankę: DKC 3421YG (FAO 250), PR39F56 (=X4S733T) (FAO 270), PR39D82 (=0840FT) (FAO 260), PR38F71(=X0920RT) (FAO 260) oraz ich form wyjściowych: DKC 3420 (FAO 250), PR39F58 (FAO 270), PR39D81 (FAO 260), PR38F70 (FAO 260). W 2005 r. analizy poletkowe w czterech powtórzeniach przeprowadzono w jednej lokalizacji w województwie podkarpackim, natomiast w 2006 r. w dwóch lokalizacjach: w województwach podkarpackim i wielkopolskim.

Bezpośrednio przed zbiorem, w fazie rozwojowej 89 oceniono występowanie fuzariozy kolb kukurydzy poddając analizie po 100 roślin (po 25 szt. w czterech powtórzeniach), przy pomocy skali pięciostopniowej (Tabela 1).

Uzyskane wyniki poddano analizie wariancji, a istotność weryfikowano testem t-Studenta na poziomie  $\alpha = 0,05$ . Gatunki grzybów identyfikowano na podstawie zarodnikowania konidialnego w Instytucie Ochrony Roślin w Terenowej Stacji Doświadczalnej w Rzeszowie.

Analizę mikotoksyn wykonano pod kierunkiem prof. J. Grajewskiego w Laboratorium Badawczym Mikotoksyn na Uniwersytecie Kazimierza Wielkiego w Bydgoszczy metodą HPLC z detekcją fluorescencyjną. Próby oczyszczono na kolumnach powinowactwa immunologicznego FumoniTest firmy Vicam (fumonizyny) lub DONtest firmy Vicam, (deoksyniwalenol) według procedur podanych przez producenta.

Warunki meteorologiczne, a także uszkodzenia kolb przez gąsienice omacnicy prosowianki i rolnic sprzyjały rozwojowi grzybów z rodzaju *Fusarium*. Początkowo

Tabela 1. Skala używana do oceny zasiedlenia kolb przez grzyby *Fusarium* spp.

| Stopień | Opis                              |
|---------|-----------------------------------|
| 1       | Bardzo małe (1–6 ziaren, 2%)      |
| 2       | Małe (7–30 ziaren, 3–10%)         |
| 3       | Średnie (1/3 kolby, 11–30%)       |
| 4       | Duże (1/2 kolby, 31–50%)          |
| 5       | Bardzo duże (>1/2 kolby, 51–100%) |

objawy chorobowe w postaci grzybni patogena barwy białej, różowej lub czerwonej, w zależności od gatunku, widoczne były na liściach okrywowych kolb, potem także na ziarniakach i osadkach kolb już w okresie młeczej i woskowej dojrzałości. Zainfekowane ziarno zazwyczaj matowiało, a niekiedy pękało i rozpadało się. Ziarniaki kukurydzy zasiedlały również grzyby z rodzaju *Trichoderma*, *Penicillium* i *Trichothema*.

Tabela 2. Występowanie fuzariozy kolb kukurydzy w 2005 r.

| Lp. | Odmiana            | Średni stopień porażenia kolb | % porażonych kolb |
|-----|--------------------|-------------------------------|-------------------|
| 1.  | PR39D82 (=0840FT)  | 0,12                          | 33,04             |
| 2.  | PR39F56 (=X4S733T) | 0,12                          | 14,26             |
| 3.  | PR38F71 (=X0921RT) | 0,29                          | 3,95              |
| 4.  | DKC 3421YG         | 0,34                          | 5,72              |
| 5.  | PR39D81            | 0,61                          | 82,02             |
| 6.  | PR38F70            | 0,82                          | 79,76             |
| 7.  | DKC 3420           | 0,96                          | 95,35             |
| 8.  | PR39F58            | 1,11                          | 79,17             |
|     | NIR (0,05)         | 0,27                          | 15,07             |

Tabela 3. Występowanie fuzariozy kolb kukurydzy w 2006 r. w Wielkopolsce.

| Lp.        | Odmiana            | Średni sto-<br>pień pora-<br>żenia kolb | % kolb<br>porażo-<br>nych |
|------------|--------------------|-----------------------------------------|---------------------------|
| 1.         | DKC 3420           | 1,5                                     | 74                        |
| 2.         | DKC 3421YG         | 1,17                                    | 56                        |
| 3.         | PR39F58            | 2,9                                     | 80                        |
| 4.         | PR39F56 (=X4S733T) | 1,9                                     | 59                        |
| 5.         | PR39D81            | 0,33                                    | 24                        |
| 6.         | PR39D82(=0840FT)   | 0,29                                    | 23                        |
| 7.         | PR38F70            | 0,86                                    | 42                        |
| 8.         | PR38F71(=X0920RT)  | 0,37                                    | 23                        |
| NIR (0,05) |                    | 0,67                                    | 22,59                     |

*cium* (grzybnia biała, zielona, szarawa lub niebieskawa) lub bakterie. Na wszystkich poletkach doświadczalnych w latach badań analiza mikologiczna wykazała, że choroba występowała w dużo wyższym nasileniu na formach matecznych niż na odmianach modyfikowanych genetycznie (Tabela 2, 3, 4), zaś głównymi jej sprawcami były gatunki:

Tabela 4. Występowanie fuzariozy kolb kukurydzy w 2006 roku na Podkarpaciu.

| Lp.        | Odmiana            | Średni sto-<br>pień pora-<br>żenia kolb | % kolb<br>porażo-<br>nych |
|------------|--------------------|-----------------------------------------|---------------------------|
| 1.         | DKC 3420           | 0,66                                    | 50                        |
| 2.         | DKC 3421YG         | 0,3                                     | 27                        |
| 3.         | PR39F58            | 0,95                                    | 51                        |
| 4.         | PR39F56 (=X4S733T) | 0,12                                    | 6                         |
| 5.         | PR39D81            | 0,52                                    | 21                        |
| 6.         | PR39D82(=0840FT)   | 0,08                                    | 7                         |
| 7.         | PR38F70            | 0,46                                    | 28                        |
| 8.         | PR38F71(=X0920RT)  | 0,07                                    | 2                         |
| 9.         | ES Paroli          | 0,45                                    | 23                        |
| 10.        | ES Paroli Bt       | 0,01                                    | 1                         |
| NIR (0,05) |                    | 0,28                                    | 15,24                     |

*Fusarium subglutinans* [(Wollenw. et Re-  
iking) Nelson *et al.*], *Fusarium gramine-  
arum* (Schwabe.) oraz *Fusarium culumo-  
rum* ((W.G. Smith.) Sacc.).

#### OKREŚLENIE ZAWARTOŚCI MIKOTOKSYN

Wykonane badanie na obecność fumonizyn (2005–2006 r.) i DON (2005 r.) potwierdza doniesienia, że substancje te nawet przy niewielkim stopniu porażenia kolb przez patogeny są kumulowane w ziarnie kukurydzy (NELSON i współaut. 1993, TEKIELA i współaut. 2005). W latach badań w ziarnie odmian GMO mikotoksyn nie stwierdzano lub stwier-

dzano ich niewielkie ilości, w porównaniu z odmianami wyjściowymi (Tabela 5, 6).

W 2005 r. określono najwyższe dopuszczalne poziomy dla toksyn *Fusarium* w zbożach i produktach zbożowych, w tym w kukurydzy i w produktach z kukurydzy. W przypadku kukurydzy nie wszystkie czynniki mające wpływ na powstawanie toksyn *Fusa-*

Tabela 5. Zawartość mikotoksyn w ziarnie w 2005 r.

| Lp. | Odmiana            | Deoxynivalenol<br>(DON) (ppb) | Fumonizyny (ppb) |                |                |       |
|-----|--------------------|-------------------------------|------------------|----------------|----------------|-------|
|     |                    |                               | B <sub>1</sub>   | B <sub>2</sub> | B <sub>3</sub> | Razem |
| 1   | DKC 3421YG         | < 50                          | 0                | 0              | 0              | 0     |
| 2   | DKC 3420           | 502                           | 409              | 103            | 14             | 511   |
| 3   | PR38F71 (=X0920RT) | < 50                          | 25               | 8              | 0              | 33    |
| 4   | PR38F70            | 148                           | 164              | 45             | 6,7            | 209   |
| 5   | PR39D82 (=0840FT)  | 115                           | 0                | 0              | 0              | 0     |
| 6   | PR39D81            | 283                           | 121              | 44             | 13             | 165   |
| 7   | PR39F56 (=X4S733T) | < 50                          | 0                | 0              | 0              | 0     |
| 8   | PR39F58            | 502                           | 342              | 97             | 13             | 439   |

Tabela 6. Zawartość fumonizyn (ppb) w ziarnie w 2006 r.

| Lp. | Odmiana            | Wielkopolska   |                |       | Podkarpacie    |                |       |
|-----|--------------------|----------------|----------------|-------|----------------|----------------|-------|
|     |                    | B <sub>1</sub> | B <sub>2</sub> | Razem | B <sub>1</sub> | B <sub>2</sub> | Razem |
| 1   | DKC 3421YG         | 684            | 263            | 947   | 0              | 0              | 0     |
| 2   | DKC 3420           | 3739           | 988            | 4727  | 56             | 0              | 56    |
| 3   | PR38F71 (=X0920RT) | 866            | 203            | 1069  | 53             | 18             | 71    |
| 4   | PR38F70            | 1047           | 283            | 1330  | 212            | 76             | 288   |
| 5   | PR39D82 (=0840FT)  | 53             | 0              | 53    | 53             | 22             | 75    |
| 6   | PR39D81            | 249            | 55             | 304   | 591            | 256            | 847   |
| 7   | PR39F56 (=X4S733T) | 716            | 151            | 867   | 0              | 0              | 0     |
| 8   | PR39F58            | 1212           | 347            | 1559  | 18             | 0              | 18    |

Tabela 7. Najwyższe dopuszczalne poziomy niektórych zanieczyszczeń w środkach spożywczych w odniesieniu do toksyn *Fusarium* w kukurydzy i produktach kukurydzy.

| Lp. | Produkt                                                                                                                        | Maksymalna dozwolona zawartość<br>(ppm/ kg) |            |            |
|-----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|------------|------------|
|     |                                                                                                                                | Deoksyniwalenol                             | Fumonizyny | Zearalenon |
| 1   | Nieprzetworzona kukurydza z wyjątkiem przeznaczonej do mielenia na mokro                                                       | 1250                                        | 4000       | 350        |
| 2   | Mąka, otręby, zarodki                                                                                                          | 750                                         | 1000       | 75         |
| 3   | Olej kukurydziany                                                                                                              | -                                           | -          | 400        |
| 4   | Chleb, ciasta, przekąski i płatki śniadaniowe                                                                                  | 500                                         | 800        | 100        |
| 5   | Przetworzona żywność dla niemowląt i małych dzieci                                                                             | 200                                         | 200        | 20         |
| 6   | Fracje mielenia kukurydzy o rozmiarze cząstek powyżej 500 mikronów, nieprzeznaczone do bezpośredniego spożycia przez ludzi     | 750                                         | 1400       | 200        |
| 7   | Fracje mielenia kukurydzy o rozmiarze cząstek co najwyżej 500 mikronów, nieprzeznaczone do bezpośredniego spożycia przez ludzi | 1250                                        | 2000       | 300        |

*rium*, w szczególności zearalenonu i fumonizyn B 1 i B 2, były wówczas dokładnie znane. Obecnie w Polsce zawartość mikotoksyn w ziarnie kukurydzy jest regulowana rozporządzeniem Komisji (WE) nr 1126/2007 z dnia 28 września 2007 r., zmieniającym rozporządzenie (WE) nr 1881/2006. W załączniku ustala ono najwyższe dopuszczalne poziomy niektórych zanieczyszczeń w środkach

spożywczych, w odniesieniu do toksyn *Fusarium* w kukurydzy i produktach z kukurydzy. Dla kukurydzy i produktów z kukurydzy przewidziano zatem stosowanie najwyższych dopuszczalnych poziomów dopiero od dnia 1 lipca 2007 r. dla deoksyniwalenolu i zearalenonu oraz od dnia 1 października 2007 r. dla fumonizyn B 1 i B 2 (Tabela 7).

#### UWAGI KOŃCOWE

Niestety dokładny monitoring zawartości mikotoksyn w ziarnie kukurydzy nie był dotychczas prowadzony, lecz na podstawie fragmentarycznych badań można przypusz-

czać, że (zależnie od nasilenia występowania omacnicy prosowianki, stopnia porażenia roślin przez grzyby z rodzaju *Fusarium*, przebiegu warunków pogodowych) od kilku do

30% prób ziarna może zawierać te bardzo szkodliwe substancje w ilościach przekraczających dopuszczalne normy (TEKIELA i współaut. 2005).

Dlatego jak wykazują badania (Tabela 5, 6) i jak potwierdzają doniesienia w literaturze, (MUNKVOLD i DESJARDINS 1997), w celu ograniczenia zawartości mikotoksyn w ziar-

nie kukurydzy, obok agrotechnicznych sposobów zapobiegania chorobom, a także zwalczania szkodników za pomocą metod chemicznych, biologicznych czy integrowanych, jedną z alternatyw może być uprawa roślin modyfikowanych genetycznie, zawierających gen odporności na omacnicę prosowiankę.

#### DIFFERENCES IN THE GRAIN INFECTION BY *FUSARIUM* SPP. FUNGI AND MYCOTOXIN CONTAMINATION OF GENETICALLY MODIFIED AND CONVENTIONAL MAIZE CULTIVARS UNDER POLISH CONDITIONS

##### Summary

The differences in *Fusarium* spp. infection level and mycotoxins content in grain of four conventional and four genetically modified maize hybrids were compared in 2005–2006 years in Poland. The cobs were evaluated before harvesting of maize crop for the *Fusarium* occurrence on grains according to the 1–5 scale. The species of fungi collected from the infected cobs were identified on the basis of conidial morphology in the laboratory of the Rzeszów Regional Experimental Station, Institute of Plant Pro-

tection. The analysis of fumonisins and DON were measured by scientists of Institute of Biology and Environmental Protection at the Kazimierz Wielki University, Bydgoszcz. The mycological analysis confirmed reports from other counties that the percentage of kernels infected by *Fusarium* spp. and mycotoxins content in grains was significantly higher in conventional than in transgenic maize hybrids in all experiments.

##### LITERATURA

- GRAJEWSKI J., POTKAŃSKI A., RACZKOWSKA-WERWIŃSKA K., MIKLAZEWSKA B., TWARUZEK M., WOŹNIAK A., WASZKIEWICZ K., 2004. *Mikotoksyny i patogenne pleśnie w kiszonce z kukurydzy z biologicznym i chemicznym dodatkiem*. Materiały VII Międzynarodowej Konf. Nauk. „Mikotoksyny i patogenne pleśnie w środowisku”. Bydgoszcz, 28–30 czerwca 2004, 91–95.
- LISOWICZ F., 2000. *Badania nad łącznym zwalczaniem mszyc (Aphididae), przylżeńców (Thysanoptera) i omacnicy prosowianki (Ostrinia nubilalis Hbn.), na kukurydzy*. Prog. Plant. Protection/Post. Ochr. Roślin 40, 492–494.
- LISOWICZ F., 2001. *The occurrence and economically important maize pests in south-eastern Poland*. J. Plant Protect. Res. 41, 250–255.
- LISOWICZ F., TEKIELA A., 2004. *Szkodniki i choroby kukurydzy oraz ich zwalczanie*. [W:] *Technologia Produkcji Kukurydzy*. DUBAS A. (red). Wydawnictwo „Wies Jutra”, 52–64.
- MUNKVOLD G. P., DESJARDINS A. E., 1997. *Fumonisins in maize: can we reduce their occurrence*. Plant Dis. 81, 556–565.
- NELSON, P. E. DESJARDINS A. E. PLATTNER R. D., 1993. *Fumonisins, mycotoxins produced by Fusarium species: biology, chemistry, and significance*. Ann. Rev. Phytopathol. 31, 233–252.
- TEKIELA A., 2005. *Fuzarioza kolb kukurydzy – zwalczanie i zapobieganie*. Agrotechnika 4, 42–43.
- TEKIELA A., BERES P., GRAJEWSKI J., 2005. *Wpływ zwalczania chorób i szkodników kukurydzy na zasiedlenie ziarna przez grzyby i zawartość mikotoksyn*. Prog. Plant Prot. Res./Postępy w Ochr. Rośl. 45, 1149–1152.