

Prof. dr hab. GRAŻYNA PODOLSKA

Instytut Uprawy, Nawożenia i Gleboznawstwa – PIB w Puławach

CZYNNIKI WPŁYWAJĄCE NA ZANIECZYSZCZENIE ZBÓŻ MIKOTOKSYNAMI

Mikotoksyny to toksyczne dla człowieka i zwierząt produkty naturalne. Tworzą się wskutek wtórnego procesu przemiany materii grzybów pleśniowych podczas ich wzrostu na substratach roślinnych, przede wszystkim w sytuacji, gdy występuje dużo wilgoci dla wzrostu grzyba. **Związki te tworzone są głównie przez grzyby pleśniowe** z rodzaju: *Aspergillus*, *Penicillium*, *Fusarium*, *Alternaria* i *Claviceps* (tab. 1). Najważniejszymi mikotoksynami występującymi w zbożach i tworzonymi w naszych warunkach klimatycznych są: ochratoksyna A (OTA), deoksyniwalenol (DON), zearalenon (ZEA), T-2/HT-2 toksyna. Ochratoksyna A jest wytwarzana podczas przechowywania ziarna, dwie pozostałe są mikotoksynami tworzonymi podczas wegetacji roślin przez grzyby fuzaryjne. Mikotoksyny mają silne działanie toksyczne, rakotwórcze, teratogenne względem organizmów wyższych, a mutagenne i antybiotyczne w stosunku do bakterii. Głównym źródłem narażenia człowieka na działanie tych szkodliwych substancji jest żywność, a u zwierząt pasza.

Tabela 1. Rodzaje grzybów i tworzone przez nie mikotoksyny

Rodzaj grzyba	Mikotoksyna
<i>Aspergillus</i>	Aflatoksyna B ₁ , G ₁ , M ₁ , ochratoksyna A, sterigmatocystyna, kwas cyklopiazonowy
<i>Penicillium</i>	ochratoksyna A, cytrynian, patlina, kwas cyklopiazonowy, panierem A
<i>Fusarium</i>	Trichoteceny (m.in. deoksyniwalenol, niwanelon, toksyna T-2, toksyna HT-2, diacetoksyscirpenol) zearalenon, fumonizyny, moniliformina
<i>Alternaria</i>	Kwas tenazonowy, alternariol, alternariolmetyloeter
<i>Claviceps</i>	Ergotalkaloidy

Źródło: Gajewski 2006

OCHRATOKSYNA A (OTA)

Ochratoksyna jest wytwarzana przez kilka szczepów grzybów rodzaju *Aspergillus* i *Penicillium*. Wytwarzanie ochratoksyny przez grzyby rodzaju *Aspergillus* następuje w warunkach wysokiej wilgotności i podwyższonej temperatury, podczas gdy kilka szczepów *Penicillium* może wytwarzać ochratoksynę w niskiej temperaturze, w granicach 5°C. Grzyby te występują powszechnie na przechowywanym ziarnie zbóż. W warunkach podwyższonej wilgotności ziarna w czasie magazynowania może dojść do rozwoju pleśni i wytworzenia ochratoksyny A.

Ochratoksyna A występuje w kukurydzy, jęczmieniu, pszenicy, sorgu, życie, owsie i ryżu. Najbardziej narażone na zawartość tej toksyny są produkty zbożowe (pieczywo, mąka, makarony musli), kawa, skażone nią są także piwo, czerwone wino, czerwony sok winogronowy, kakao, rodzyunki. Spożywanie produktów skażonych wymienioną mikotoksyną jest niebezpieczne dla zdrowia z uwagi na fakt, że ochratoksyna A ma działanie nefrotoksyczne i rakotwórcze, powoduje wady rozwoju płodu i zaburzenia układu immunologicznego. Odkłada się w nerkach, wątrobie, mięśniach i tkance tłuszczowej. U świń pasza skażona Ochratoksyną A powoduje uszkodzenie nerek. Nie stwierdzono natomiast przechodzenia OTA z paszy do krwi, mleka i mięsa przeżuwaczy, mikroflora znajdująca się

w przewodzie pokarmowym rozkłada Ochrtoksynę A. W badaniach stwierdzono, że ochratoksyna A nie pozostaje na zewnątrz ziarniaka zbóż, ale przenika do wnętrza ziarniaka, dlatego występuję nie tylko w paszy, a również w produktach zbożowych.

Ważnym czynnikiem ograniczającym tworzenie się toksyn jest odpowiednie przechowywanie ziarna. Wilgotność na poziomie 13-13,5% ogranicza tworzenie się toksyn. W trakcie przechowywania ziarna powstaniu mikotoksyn sprzyja m.in.: duża wilgotność ziarna, wysoka temperatura, porażenie szkodnikami zbożowymi, obecność mikroorganizmów i procesy samozagrzania. Jeśli temperatura ziarna w magazynie nie będzie przekraczała 15°C to znaczy, że ziarno jest składowane prawidłowo i zmniejsza się ryzyko rozwoju pleśni i tworzenia mikotoksyn.

MIKOTOKSYNY WYTWARZANE PRZEZ GRZYBY Z RODZAJU FUSARIUM

Grzyby należące do rodzaju *Fusarium* wywołują choroby zwane fuzariozami. Do infekcji kłosa, a w dalszej kolejności ziarna dochodzi, gdy temperatura w trakcie kwitnienia pszenicy przekracza 20°C przy jednocześnie wysokiej wilgotności powietrza (powyżej 85-90%) przez co najmniej 24-40 godzin. Zarodniki dostają się do wnętrza kłosa przez otwarte pylniki w trakcie kwitnienia zbóż. Infekcja następuje po skiełkowaniu zarodników konidialnych przenoszonych z powietrzem i kroplami deszczu. Pierwszym objawem jest bielenie pojedynczych kłosek w zainfekowanym kłosie. W okresie dojrzewania zbóż na porażonych kłosach pojawia się zarodnikowanie *Fusarium* w postaci łososiowego nalotu. Efektem fuzariozy kłosa jest obniżenie masy ziarniaków, pomarszczenie ziarniaków, osłabienie siły kiełkowania. Grzyby te mogą wytwarzać groźne dla ludzi i zwierząt mikotoksyny (tab. 2).

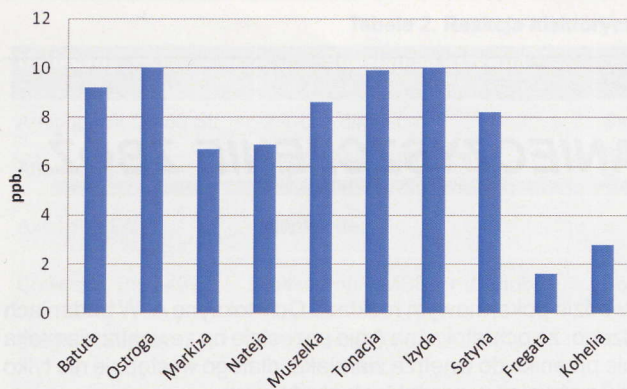
Tabela 2. Najważniejsze mikotoksyny wytwarzane przez grzyby z rodzaju *Fusarium*

Mikotoksyna	Najważniejsze grzyby pleśniowe
Deoksyniwalenol (DON)	<i>Fusarium graminearum</i> , <i>F. culmorum</i> , <i>F. crookwellense</i> , <i>F. sporotrichoides</i> , <i>F. poae</i> , <i>F. acuminatum</i>
T-2/HT-2 toksyna	<i>Fusarium sporotrichoides</i> , <i>F. poae</i>
Zearalenon (ZEA)	<i>Fusarium graminearum</i> , <i>F. culmorum</i> , <i>F. crookwellense</i>

Źródło: Gajewski 2006

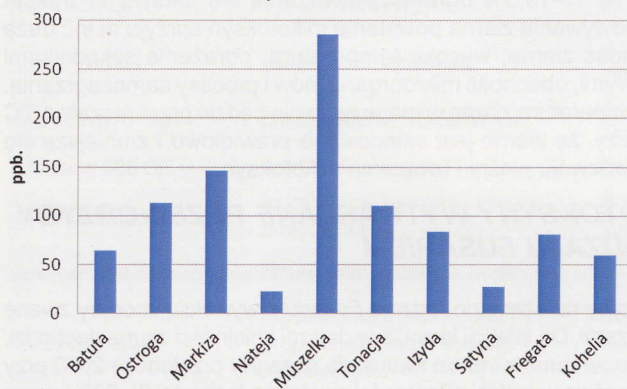
Zapobieganie występowaniu mikotoksyn polega na stworzeniu warunków ograniczających do minimum występowanie grzybów, które je wytwarzają.

Odmiana. Jednym ze sposobów ograniczenia występowania chorób fuzaryjnych i tworzeniu przez grzyby mikotoksyn jest wysiew odmian bardziej odpornych na fuzariozy. Szczególnie duży postęp odnotowano w pszenicy ozimej. Obecnie w doborze jest 18 odmian z odpornością 8 i powyżej: Nateja, Oxal, Platin, Patras, Legenda, Speedway, Ostroga, Tonacja, Tulecka, KWS Magic, Ludwig, Meister, Mewa, Akteur, Anthus, Dorota, Kepler, Kobiera. W pszenicy jarej postęp jest nieco mniejszy, najbardziej odporne odmiany to Laweta: (7,8), Trappe (7,7), Ostka Smolicka (7,7). Spośród odmian pszenicy ozimego najbardziej odporne (powyżej 8) to: Bereniko, Borwo, Elpaso, Mikado, Tomko, Pigmiej, Fredro, Borowik, Amoroza. Wyniki badań prowadzone w Zakładzie Uprawy Roślin Zbożowych Instytut Uprawy, Nawożenia i Gleboznawstwa – PIB (IUNG-PIB) w Puławach wykazały, że odmiany wykazują różny stopień zanieczyszczenia mikotoksynami zależnie od warunków siedliska (rys. 1 i 2).



Rysunek 1. Skażenie ziarniaków pszenicy zearalenonem, Czesławice (2012 rok)

Źródło: opracowanie własne



Rysunek 2. Skażenie ziarniaków pszenicy zearalenonem, Srem (2012 rok)

Źródło: opracowanie własne

Uprawa roli. Prawidłowe stosowane zabiegi mogą podnieść zdrowotność roślin. Stosując wczesną podorywkę, a potem głęboką orkę niszczy się stadia przetrwalnikowe grzybów.

Zmianowanie. Grzyby z rodzaju *Fusarium* są patogenami glebowymi. Mogą żyć w glebie więcej niż 5 lat jako saprofity obok innych organizmów glebowych. Zmianowanie ogranicza występowanie tych grzybów w glebie, nie powoduje ich całkowitego wymierania. Badania prowadzone w Zakładzie Uprawy Roślin Zbożowych IUNG-PIB wykazały, że zmianowanie ma istotny wpływ na skażenie ziarniaków mikotoksynami (tab. 3).

Nawożenie. Prawidłowe nawożenie przyczynia się do lepszego wzrostu i rozwoju roślin, a tym samym zwiększa odporność na choroby. Istotną rolę odgrywa zwłaszcza nawożenie potasowe, fosforowe i mikroelementy, ponieważ wzmagają one odporność roślin na choroby.

Przygotowanie materiału siewnego. Grzyby z rodzaju *Fusarium* przenoszą się na rok następny za pomocą nasion. Należy materiał siewny dokładnie oczyścić, nasiona połamane, poślednie są najczęściej zarażone w większym stopniu niż nasiona zdrowe, dlatego dzięki starannemu czyszczeniu pozbywamy się źródeł zakażenia pierwotnego, mamy wówczas pewność uzyskania równych i wczesnych wschodów. Bardzo ważne jest zaprawianie materiału siewnego przeciwko chorobom wywołanym przez grzyby z rodzaju *Fusarium*.

Terminy siewu. Patogeny glebowe najsilniej zakażają rośliny w okresie niesprzyjającym kiełkowaniu nasion. Przedłużający się proces kiełkowania i powolny wzrost kielków znacznie przedłuża okres, w którym roślina może być zakażona. Dlatego odpowiednie regulowanie terminu siewu nasion może przyczynić się do uniknięcia zbiegania się fazy największej wrażliwości rośliny z obecnością patogena. Przykładowo, wczesny wysiew pszenicy ozimej sprzyja szybkiemu kiełkowaniu nasion i może przyczynić się do wyrastania kielków z fazy, w której mogą być zakażone.

Tabela 3. Zanieczyszczenie ziarniaków pszenicy mikotoksynami w zależności od udziału zbóż w strukturze zasiewów (Podolska, Mikos)

Mikotoksyna	Udział zbóż w strukturze zasiewów [%]	Zanieczyszczenia ziarniaków mikotoksynami [µg/kg]		
		średnio	maksymalnie	minimalnie
dON	50	3100	3410	2789
	75	2250	2560	1939
	100	4575	4885	4264
	NIR _{5%}	439.1		
ZEA	50	298.4	385.9	210.9
	75	162.2	249.7	74.7
	100	294.9	382.5	207.4
	NIR _{5%}	123.78		
T-2/HT-2 toxins	50	136.6	169.8	103.3
	75	88.6	121.8	55.3
	100	228.2	261.4	194.9
	NIR _{5%}	46.99		

Źródło: opracowanie własne

Gęstość siewu. Im gęstsze są wschody, tym większą jest wilgotność w warstwie przyziemnej, co sprzyja rozwojowi czynników chorobotwórczych.

Termin zbioru. Właściwie dobrany termin sprzętu może w dużym stopniu zmniejszyć porażenie, ponieważ niektóre czynniki chorobotwórcze atakują rośliny szczególnie łatwo w okresie dojrzewania. W lata wilgotne opóźnienie sprzętu zbóż np. żyta lub pszenicy, bardzo sprzyja rozwojowi fuzariozy kłosów.

Warunki zbioru i przechowywania ziarna. W Polsce w okresie żniw występują często opady deszczu, w związku z czym terminowy zbiór na początku fazy pełni dojrzałości, gdy zawartość wody wynosi w ziarnie 16% ma podstawowe znaczenie. Pozostawienie na pniu zboża w czasie wilgotnej pogody stymuluje rozwój grzybów pasożytniczych na ziarnie i plewach, co może spowodować straty w plonie ziarna. Jeżeli zawartość wody przekracza 16% należy je dosuszać. Bezpośrednio po zbiorze w suszarniach, a w małych gospodarstwach można je rozsytać cienką warstwą na podłodze w pomieszczeniu gospodarczym i szufłować, co przyspiesza suszenie i zapobiega zagrzewaniu się ziarna oraz jego pleśnieniu.

Zastosowanie chemicznej walki w celu ochrony kłosów zbóż przed grzybami z rodzaju *Fusarium* jest trudne. Należałoby dokładnie zaobserwować warunki sprzyjające zainfekowaniu kłosów w momencie ich kwitnienia, co np. dla każdej odmiany pszenicy ozimej może być różne. Najwłaściwszym terminem zastosowania fungicydów dla ochrony kłosów przed fuzariozą jest aplikacja środków tuż przed infekcją.

Literatura

- Arseniuk, E., Foremska, E., Góral, T. and Chełkowski J., 1999: *Fusarium head blight reactions and accumulation of deoxynivalenol (DON) and some of its derivatives in kernels of wheat, triticale and rye*. J. Phytopathology 147, s. 577-590.
- Baliukonienė, V., Bakutis, B., Januškevičienė, G. and Mišeikienė R., 2011: *Fungal contamination and Fusarium mycotoxins in cereals grown in different tillage systems*. Journal of Animal and Feed Sciences 20, s. 637-647.
- Mikos-Szymańska M., Podolska G. 2013: *Contamination with Fusarium mycotoxins in triticale depends on agrotechnical factors and cultivar*. Journal of Food, Agriculture & Environment. (in press)
- Mikotoksyny i grzyby pleśniowe. 2006: (red. J. Galewski). Wyd. Uniwersytetu Kazimierza Wielkiego, Bydgoszcz, ss.201.
- Oldenburg, E., Bramm, A. and Valenta, H., 2007: *Influence of nitrogen fertilization on deoxynivalenol contamination of winter wheat - Experimental field trials and evaluation of analytical methods* Mycotoxin Research 23, s. 7-12.
- Schaafsma, A.W., Tamburic-Ilinic, L., Miller, J.D. and Hooker, D.C., 2001: *Agronomic considerations for reducing deoxynivalenol in wheat grain*. Can. J. Plant. Pathol. 23, s. 279-285.
- Wiwart, M., Perkowski, J., Budzyński, W., Suchowilska, E. Matysiak, A., 2011: *Concentration of ergosterol and trichothecenes in the grains of tree triticum species*. Czech J. Food Sci. 4, s. 430-440.