

Jan Boczek

Katedra Entomologii Stosowanej

SGGW w Warszawie

Rola szkodników roślin, przechowywanej żywności i pasz w rozprzestrzenianiu grzybów wytwarzających toksyny

Mikroskopowe grzyby produkują metabolity, które mogą być toksynami dla człowieka i zwierząt i/lub roślin lub mogą hamować wzrost bakterii i grzybów. Te ostatnie nazywamy antybiotykami.

Pierwszą wzmiankę o toksyczności grzyba – sporyszu – znajdujemy już w Starym Testamencie. W XVIII wieku w 60% wyludniła się zachodnia Europa, gdy w miejsce uprawianego żyta odpornego na fuzariozy wprowadzono wrażliwą na tę chorobę pszenicę. Opisywane jest wiele przypadków masowego padania zwierząt domowych karmionych zapleśniałą paszą i schorzeń ludzi zjadających żywność zawierającą mykotoksyny.

Troska o zdrową żywność i pasze sprawiła, że w ostatnim okresie na dużą skalę podjęto badania nad mykotoksynami. Pojawiają się tysiące publikacji, oznaczane są coraz nowe związki. Okazuje się, że liczne gatunki grzybów wytwarzają często nie jeden, a kilka biologicznie czynnych związków. Produkcją danej toksyny może się charakteryzować tylko określony izolat grzyba [11]. Niektórym tym związkom udowadnia się działanie mutageniczne, teratogeniczne lub rakotwórcze.

Spośród setek dotychczas znanych mykotoksyn kilka ma znaczenie dla rolnictwa. Grzyby je produkujące można podzielić na dwie grupy: te, które porażają rośliny i produkują toksyny przed żniwami, i inne, występujące w przechowalni. Te ostatnie jednak także pochodzą z pola [3,12].

Skutki występowania grzybów i produkowanych przez nie toksyn w produktach spożywczych i paszach są wielorakie. Produkty mają wtedy obniżoną jakość, a więc i niższą cenę, są szkodliwe dla zdrowia ludzi i zwierząt domowych, nie nadają się na eksport, a często także do spożycia [10]. Ujemne skutki są często wielokrotnie większe niż wartość samych produktów [8].

Zarówno w polu, jak zwłaszcza w przechowalni duży udział w rozprzestrzenianiu grzybów i sprzyjaniu ich rozwojowi, a tym samym produkcji mykotoksyn mają szkodniki roślin, a więc nicienie, roztocze, owady, ptaki i ssaki. Na ciele tych

wszystkich zwierząt związanych z roślinami i przechowywaną żywnością powszechnie znajduje się zarodniki grzybów wytwarzających toksyny.

Aflatoksyny

Grzyby gatunków: *Aspergillus flavus*, *A. parasiticus* i *P. nomius* wytwarzają aflatoksyny, związki (B_1 , B_2 , G_1 , G_2) o silnym działaniu rakotwórczym, teratogenicznym i mutagenicznym. Dawki około 0,02–0,5 g/kg masy ciała są dawkami śmiertelnymi dla wielu zwierząt. Obecne w paszach, w bardzo małych ilościach, zmniejszają przyrosty zwierząt, nieśność ptaków, odporność na choroby infekcyjne, wywołują poronienia. Tolerowana ich ilość w paszach wynosi 20 $\mu\text{g/kg}$ paszy [3] i niemal we wszystkich krajach podawane są ściśle przepisy regulujące występowanie tych toksyn w produktach spożywczych i paszach [12].

Aflatoksyny mogą występować w ziarnie zbóż, w wielu produktach spożywczych i paszach. Grzyby te, a zwłaszcza *A. flavus*, występują powszechnie w glebach, w materiałach roślinnych, a zwłaszcza w ziarnie kukurydzy, ryżu i orzeszków ziemnych, nasionach bawełny, śrucie roślin oleistych. Sklerocja grzyba mogą przeżywać w glebie szereg lat [12]. Ziarno kukurydzy jest infekowane zarodnikami grzyba w czasie sezonu wegetacyjnego w polu. Konidia grzyba porażają bródkę (miotłkę), a następnie ziarno, głównie zaatakowane przez gąsienice omacnicy prosowianki (*Pyrausta nubilalis*). Gąsienice tego motyla cały swój rozwój odbywają na kaczanie, nagryzając rozwijające się ziarno. Ponieważ szkodnik ma dwa pokolenia w roku, a żerowanie gąsienicy trwa ponad miesiąc i gąsienica osiąga długość 25 mm, uszkodzanych bywa ponad połowa ziarn w kolbie. Grzyb, jako saprofit, rozwija się na uszkodzonych ziarnach i dostaje się z nimi do przechowalni [18]. Jeśli warunki przechowywania są odpowiednie dla grzyba, zachodzi dalszy jego rozwój, także na ziarnach uszkodzonych w czasie zbioru i łuszczeniu kaczanów. Konidia grzyba mogą także nanosić na rośliny w polu inne szkodniki, jak nicienie, wciornastki [7], ploniarka zbożówka (*Oscinis frit*) i mszyce, a więc owady o narządach gębowych gryzących (przede wszystkim), ale i kłująco-ssących, oraz ptaki [17] i gryzonie. Te kręgowce infekują się grzybem, zjadając osypujące się w czasie żniw ziarno [18]. Podczas zbioru dostają się do ziarna gąsienice rolnic, różne roztocze związane z glebą i roślinami.

W przechowalni ziarna uszkodzone mogą być atakowane przez liczne szkodniki, jak mkliki i rozkruszki, a ziarna o nieuszkodzonej okrywie przez chrząszcze (wołki [6], trojszyki [16], spichrzek surynamski), ptaki i gryzonie. Liczne pojawy jakiegokolwiek owada lub roztocza prowadzą do uszkodzania dalszych ziaren, a na skutek swoich procesów życiowych powodują zawilgacanie i zagrzewanie ziarna, co sprzyja rozwojowi grzybów. Do kolonizacji *A. flavus* wymaga wilgotności 16,0–17,5%, a w wilgotności poniżej 13% produkcja aflatoksyny zatrzymuje się [18]. Kał szkodników

jest hygroskopijny, pochłania wilgoć z powietrza [1]. Przy masowym pojawie rozkruszków i owadów powstają w ziarnach tzw. gniazda, gdzie temperatura może być nawet o kilkanaście stopni wyższa niż poza nimi, a wilgotność osiągnąć 30%. Skrobia wilgotnego ziarna zostaje przez grzyby rozkładana. Rozkruszki nie trawią skrobi, natomiast zjadają zarodniki i strzępki różnych gatunków grzybów i powstałe węglowodany [1]. Są one typowymi grzybożercami. Wszystkie najważniejsze gatunki rozkruszków (mączny – *Acarus siro*, drobny – *Tyrophagus putrescentiae*, owłosiony – *Glycyphagus destructor*, domowy – *G. domesticus*, suszowy – *C. arpoglyphus lactis*) żerują i rozmnażają się na grzybni *A. flavus* [4]. Bardzo ważne jest także to, że niektóre szkodniki przechowywanych produktów (zwłaszcza chrząszcze) atakują nawet ziarno bardzo suche, które zawilgacają żerując w nim. Oczywiście, jeśli do przechowalni dostają się razem ziarna całe i uszkodzone zainfekowane grzybem, a nie dosuszone, rozwój w nich tych wszystkich szkodników będzie ułatwiony, gdyż z powodu swojej ruchliwości szybko rozprzestrzeniają grzyby w całej przymie. Według Sinhy [16] ziarno kukurydzy i przeniicy w Indiach porażone przez szkodniki zawierały w ponad 75% prób aflatoksynę, a nie porażone tylko w kilku procentach.

Także niewłaściwie przechowywane orzeszki ziemne i pasze ze śrut mogą zawierać duże ilości alfatoksyn. Orzeszki ziemne powinny być pakowane bez dostępu powietrza w puszki lub woreczki foliowe. Nieprzyjemny, pleśniowy zapach wskazuje na rozwój grzybów, często z rodzaju *Aspergillus*.

Ochratoksyny i cytryniny

Grzyby z grup gatunków *Aspergillus ochraceus* (zwłaszcza w klimacie gorącym) i *Penicillium verrucosum* (zwłaszcza w krajach o klimacie umiarkowanym) [11] wytwarzają ochratoksyny i cytryniny. Grzyby te występują powszechnie na ziarnach zbóż w przechowalniach, a na ziarnie o wyższej wilgotności mogą wytwarzać toksyny. Występowaniu grzybów sprzyjają nasiona chwastów, cząstki gleby i szkodniki. Podobnie jak podano wyżej, wszelkie szkodniki przechowywanego ziarna i pasz sprzyjają wytwarzaniu mykotoksyn, gdyż zawilgacają i zagrzewają ziarno i na swoim ciele przenoszą zarodniki grzybów [21]. Strzępki i zarodniki grzyba *A. ochraceus* stanowią pokarm, na którym żerują i rozwijają się niektóre gatunki rozkruszków (korzeniowy – *Rhizoglyphus echinopus*) [4]. Toksyny te hamowały rozwój niektórych szkodników przechowalni dopiero w stężeniach 1000 ppm [20].

W zależności od twardości okrywy ziarno różnych odmian jest w różnym stopniu porażane. Ziarno zbóż zbierane kombajnami jest w większym stopniu mechanicznie uszkodzane i nawet 30 razy częściej porażane przez grzyby. W czasie zbioru kombajnem rozprzestrzeniane są konidia grzyba [12]. Ziarna uszkodzone w okolicy zarodka są szczególnie często atakowane przez rozkruszki i grzyby. Przy stężeniu tych mykotoksyn w ziarnie w ilości 200 µg/kg ziarna, jakie spotyka się w magazynowanym

ziarnie w Polsce, mogą wystąpić chroniczne zatrucia trzody, ptactwa domowego i innych zwierząt [12] z patologicznymi zmianami rakotwórczymi w nerkach. Dawki śmiertelne wynoszą od 0,4 do kilkunastu $\mu\text{g}/\text{kg}$ masy ciała różnych zwierząt i toksyny te są kumulowane w tkance tłuszczowej zwierząt i człowieka, a także są znajdowane w mleku [12]. Ponieważ toksyna ta występuje także w chlebie z pełnego ziarna i w wieprzowinie i stąd pojawia się też w organizmie ludzkim. Można powiedzieć, że wszyscy Europejczycy mają ją w swoim ciele [12].

Zearalenon, deoxyniwalenol, niwalenol

Grzyby gatunków *Fusarium culmorum* (dominujący w Polsce), *F. graminearum* i *F. crookwellense* wytwarzają zearalenon, deoxyniwalenol i niwalenol. Według Millera [12,13] deoxyniwalenol jest najczęstszą mykotoksyną w żywności i paszach. Może on działać antyfidantnie, jednak świnie i krowy karmione paszą z tym związkiem mogą cierpieć na schorzenia jelitowe i poronienia. Może być synergantem w działaniu rakotwórczym z aflatoksyną. Zearalenon jest prawdopodobnie karcinogenem dla ludzi [12]. Grzyby wywołują zgorzel przedwschodową i powschodową siewek, zgorzel podstawy źdźbła i łodyg, fuzariozę kłosów i kolb kukurydzy. Mykotoksyny te są wytwarzane w polu i przechowalni, zwłaszcza przy wyższej temperaturze i wilgotności. W Polsce stwierdzono obecność tych grzybów w 31% prób ziarna, jednak nie wykazano znaczących ilości mykotoksyn w krajowym ziarnie [3]. Występowanie omacnicy prosowianki na kukurydzy, a takich szkodników na kłosach zbóż, jak pryszczarki (*Agromyza* sp.), łokaś garbatek (*Zabrus tenebrioides*), które nagryzają i ranią rozwijające się ziarno w kłosach, sprzyjają rozwojowi tych grzybów. Na pleśni grzyba *F. culmorum* żerują i rozmnażają się niektóre gatunki rozkruszków (drobny, korzeniowy) [4]. Zearalenon dodawany do pokarmu trojszyka (*Tribolium confusum*) nie wpływał istotnie na tego szkodnika [20]. Grzyby z rodzaju *Fusarium* wabią rozkruszkę korzeniowego (*Rhizoglyphus echinopus*) i rozwój tego roztocza na tym pokarmie jest lepszy niż na cebulach roślin [14]. Odmiany zbóż wrażliwe na porażenie wykazują liczniejsze pojawy grzyba. Stosowanie fungicydów, dzięki oddziaływaniu na metabolizm grzyba, wpływa na kumulację mykotoksyn [13].

Fumonizin

Inne gatunki grzybów z rodzaju *Fusarium*, głównie *F. moniliforme* i *F. proliferatum*, znane są od niedawna (1988) z wytwarzania rakotwórczych fumonizin, które związane są z żywnością i paszami sporządzanymi z kukurydzy, zwłaszcza uprawianej w warunkach suchego, ciepłego klimatu [8]. Z różnych kontynentów opisywane

są przypadki padania zwierząt karmionych paszą z tymi toksynami, z objawami patologii centralnego układu nerwowego, wątroby i nerek oraz zrakowacenia przełyku. Grzyby te podejrzewane są także o rakotwórcze działanie na człowieka. Notowano grupę osób chorych na raka przełyku (w Afryce) i schorzenia neurologiczne (w USA). Pospolicie występują we wszystkich organach roślin kukurydzy i powodują fuzaryjne gnicie ziarna. Porażenie przez *F. moniliforme* wahało się u amerykańskich linii i odmian kukurydzy od 5 do 89% [9,13]. Choroba ta jest silnie skorelowana z koncentracją mykotoksyn i występowaniem omacnicy prosowianki [13] oraz chrząszczy [19] i wciornastków [7]. Uszkodzone nasiona są silnie atakowane przez grzyb. Ponad 90% ziaren uszkodzonych przez chrząszcze w USA było zainfekowane przez grzyby z rodzaju *Fusarium* [20]. Zastosowanie insektycydów obniżało liczebność szkodników i występowanie grzybów. Udowodniono żerowanie i rozwój kilku gatunków rozkruszków (mączny, suszowy, drobny) na tym grzybie w przechowalni [4].

Patulina

Liczne gatunki grzybów z rodzaju *Penicillium*, a zwłaszcza *P. patulum*, *P. cyclopium*, *P. expansum* i *P. terrestre*, występujące we wszystkich surowcach i produktach spożywczych (owoce, warzywa, zioła, ziarno zbóż, sery, mięso), wytwarzają patulinę. Jest ona tworzona także przez *P. roquefortii* przy niewłaściwej produkcji sera [11]. Są to saprofity rozwijające się przy wilgotności ponad 80% w.w.p. Przy przetwarzaniu tych produktów patulina przechodzi w pewnym procencie do przetworów, soków i jej ilość jest dobrym wskaźnikiem jakości surowca [3].

Patulina ma właściwości teratogeniczne i rakotwórcze, zanieczyszcza przetwory i wina owocowe. Grzyb ten dostaje się do owoców i warzyw w miejscach uszkodzeń skórki. Wszelkie szkodniki uszkadzające owoce (owocówki, owocnice, zwójki, ryjkowce, ptaki) przyczyniają się do rozwoju grzyba w polu i w przechowalni. Czajkowska [4] udowodniła żerowanie na tych grzybach kilku gatunków rozkruszków (drobny, mączny, owłosiony). W gnijącym jabłku grzyb może wytworzyć nawet kilkanaście miligramów patuliny. Na szczęście związek ten łatwo ulega rozkładowi w przewodzie pokarmowym pod wpływem mikroflory jelitowej, jak również w czasie przetwarzania owoców.

Liczne inne gatunki grzybów rozwijających się na ziołach, warzywach i owocach z rodzaju *Alternaria*, *Botrytis*, *Penicillium*, *Stemphylium*, *Fusarium*, *Aspergillus* wytwarzają toksyny, które przenikają do porażonych roślin. Ich rozprzestrzenianiu i rozwojowi sprzyjają szkodniki uszkadzające części jadalne roślin, np. w polu polysznica marchwianka (*Psila rosae*) na marchwi, śmietka na cebuli (*Hylemyia antiqua*) i kapuście (*H. brassicae*), nasionnica trześniówka (*Rhagoletis cerasi*) na czereśniach i wiśniach, kistnik maliniak (*Byturus tomentosus*) na malinach, pachówka strąkóweczka (*Laspeyresia nigricana*) na grochu, drutowce i pędraki na ziemniakach i

burakach, a w przechowalni np. gryzonie, nicienie czy inne szkodniki. Wytwarzane przez te grzyby toksyny nie są dotąd dokładnie jeszcze znane, chociaż z pewnością dostając się w większych ilościach do przetworów uzyskanych z takich produktów, nie są obojętne dla konsumentów. Grzyby różnych gatunków i rodzajów występują często razem na roślinach i produktach spożywczych i ich toksyny mogą oddziaływać wzajemnie na siebie.

Z powyższego przeglądu widać, że grzyby wytwarzające groźne dla człowieka i zwierząt domowych toksyny występują powszechnie na roślinach w polu, w surowcach roślinnych i produktach spożywczych. Ich rozwój i wytwarzanie toksyn jest uzależnione przede wszystkim od wilgotności. W rozprzestrzenianiu tych grzybów zarówno w polu, jak i w przechowalniach ogromną rolę odgrywają zwierzęta powiązane z roślinami w polu, jak i z produktami roślinnymi w przechowalniach. Uszkadzając rośliny i produkty, udostępniają grzybom substrat do rozwoju, zagrzewają i zawilgacają produkty, a tym samym sprzyjają ich rozwojowi. Wszelkie szkodniki, zarówno bezkręgowce, jak i kręgowce, przenoszą na swoim ciele zarodniki tych grzybów, a niektóre, jak rozkruszki, mogą na strzępkach i zarodnikach tych grzybów nie tylko żerować, ale i rozmnażać się. Widać z tego, że niektóre stawonogi odporne są nawet na wysokie stężenia związków silnie toksycznych dla człowieka i zwierząt domowych.

Oprócz szkodliwości bezpośredniej (zjadanie) roztocze te są wabione przez te grzyby [5] i przenoszą je nie tylko na ciele, ale z kałem, w którym często stwierdza się nie strawione zarodniki grzybów. Ponieważ są to ciągle w naszych warunkach pospolite szkodniki ziół, zbóż, pasz, o tej stronie szkodliwości muszą pamiętać wszyscy kwalifikujący i troszczący się o produkty spożywcze i pasze, przede wszystkim służby sanitarno-higieniczne.

W tropikalnych krajach Afryki przechowuje się często ziarno zbóż zmieszane z roślinami, które hamują wzrost mykotoksycznych grzybów [2]. W Indiach, w celu ograniczenia poziomu toksyn w ziarnie kukurydzy, stosowano napromienianie ziarna dawką 4–6 kGy lub przechowywanie w zmodyfikowanej atmosferze 40% CO₂/20%O₂ lub kombinacji tych 2 metod [15].

Z tego wynika także na przyszłość ogromna rola hodowli roślin w kierunku odmian odpornych na wymienione grzyby i owady rozprzestrzeniające je lub nawet odmian roślin, które będą wytwarzać allelozwiązki przeciwdziałające tworzeniu mykotoksyn. Okazało się np., że w ziarnie kukurydzy o zbitej okrywie kaczanów było mniej aflatoksyn, a inne odmiany miały okrywy zawierające związki działające repelentnie na szkodniki kukurydzy w polu [18].

Literatura

-
- [1] Boczek J. 1980. Zarys akarologii rolniczej. PWN.
[2] Caldwell, Dongo L. 1994. Effects of extracts from nine plant species growth in Africa on *Aspergillus flavus* Link. Proc. 6th Int. Work. Conf. Stor. Prod. Prot. 2: 978–980.

- [3] Chelkowski J. 1985 Mikotoksyny, wytwarzające je grzyby i mikotoksykozy. Wyd. SGGW.
- [4] Czajkowska B. 1970 Rozwój rozkruszków na niektórych gatunkach grzybów. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* 109: 219–227.
- [5] Czajkowska B. 1995. Występowanie i szkodliwość rozkruszków (Acaroidea) na cebulowych i bulwiastych roślinach ozdobnych. Wyd. SGGW.
- [6] Dharmaputra O.S., Retnowati I. 1994. *Aspergillus flavus* and *Penicillium islandicum* on milled rice collected from different parts of the postharvest handling chain. Proc. 6th Int. Work. Conf. Stor. Prod. Prot. 2: 985–987.
- [7] Farrar J.J., Davis R.M. 1991. Relationships among ear morphology, western flower thrips and *Fusarium* ear rot of corn. *Phytopathology* 81: 661–666.
- [8] Hocking A.D., Miller J.D. 1994. Storage fungi and mycotoxins – session summary. Proc. 6th Int. Work. Conf. Stor. Prod. Prot. 2: 1082–1083.
- [9] King S.B., Scott G.E. 1981. Genotypic differences in maize to kernel infection by *Fusarium moniliforme*. *Phytopathology* 71: 1245–1247.
- [10] Lubulowa A.S.G., Davis J.S. 1994. Estimating the social costs of the impacts of fungi and aflatoxins in maize and peanuts. Proc. 6th Int. Work. Conf. Stor. Prod. Prot. 2: 1017–1042.
- [11] Kozakiewicz Z. 1994. Taxonomy: the key to mycotoxin identification in food and feedstuffs. Proc. 6th Int. Work. Conf. Stor. Prod. Prot. 2: 999–1006.
- [12] Miller J.D. 1994. Fungi and mycotoxins in grain: implications for stored product research. Proc. 6th Int. Work. Conf. Stor. Prod. Prot. 2: 971–977.
- [13] Miller J.D. 1995. Fungi and mycotoxins in grain: implications for stored product research. *J. Stored Prod. Res.* 31: 1–16.
- [14] Okabe K., Amano H. 1991. Penetration and population growth of the robin bulb mite, *Rhizoglyphus robini* Cl. (Acari: Acaridae) on healthy and *Fusarium* infected rakkyo bulbs. *Appl. Ent. Zool.* 26: 129–136.
- [15] Shetty H.S., Vijaya P., Usha C.M., Patkar K.L., Lacey J. 1994. Effect of physical treatments on moulding and aflatoxin production in maize. Proc. 6th Int. Work. Conf. Stor. Prod. Prot. 2: 1054–1058.
- [16] Sinha A.K. 1994. The impact of insect pests on aflatoxin contamination of stored wheat and maize. Proc. 6th Int. Work. Conf. Stor. Prod. Prot. 2: 1059–1063.
- [17] Warner G.M., French G.W. 1970. Dissemination of fungi by migratory birds: survival and recovery of fungi from birds. *Can. J. Bot.* 48: 907–910.
- [18] Wicklow D.T. 1994. Preharvest origins of toxigenic fungi in stored grain. Proc. 6th Int. Work. Conf. Stor. Prod. Prot. 2: 1075–1081.
- [19] Windels C.E., Windels M.B., Kommendahl T. 1976. Association of *Fusarium* species with picnic beetles on corn ears. *Phytopathology* 66: 328–331.
- [20] Wright H.R., de las Casas E., Harein P.K. 1976. The response of *Tribolium confusum* to the mycotoxins zearalenone. *Envir. Ent.* 5: 371–374.
- [21] Wright H.R., de las Casas E., Harein P.K. 1980. Evaluation of *Penicillium* mycotoxins for activity in stored product Coleoptera. *Envir. Ent.* 9: 217–221.

Importance of plant pests, stored products and feedstuffs in the spreading of toxins-producing fungi

Summary

In this review the characteristics of agriculturally important fungal toxins: aflatoxin, zearalenone, ochratoxin, fumonisin and patulin are listed. The role of such field pests as European corn borer, thrips, fruit fly, aphids, agromyzids and others in the spreading of the fungi is discussed. The importance of acarid mites and insects attacking stored foods and feedstuffs is also characterized. These pests are frequently attracted by the fungi present in the products.