

ZAKAŻENIA MYCOPLASMA BOVIS U BYDŁA – CO WARTO WIEDZIEĆ

Katarzyna Dudek

Dział Bakteriologii i Chorób Bakteryjnych Zwierząt Państwowego Instytut Weterynaryjnego –
Państwowego Instytutu Badawczego w Puławach



Mycoplasma bovis należy do drobnoustrojów klasy Mollicutes, z których najważniejszą rolę w etiologii zaburzeń zdrowotnych u bydła przypisuje się bakteriom z rodzaju Mycoplasma. M. bovis, pomimo genomu zredukowanego do wielkości niewiele ponad 1 miliona par zasad, wykształciła szereg mechanizmów stwarzających warunki do przeżycia zarówno w środowisku zewnętrznym, jak i w organizmie gospodarza (18, 40). Do jednych z nich należy bez wątpienia zdolność M. bovis do produkcji biofilmu, czyli skupisk mikrokolonii, co wyraźnie zwiększa oporność komórek tworzących biofilm na działanie niekorzystnych warunków, takich jak wysoka temperatura czy desykcja, w porównaniu do pojedynczych komórek bakteryjnych (planktonicznych), jak wykazano w badaniach in vitro. W badaniach tych wykazano również, że zdolność do produkcji biofilmu przez M. bovis jest różna w zależności od szczepu, co związane jest z jego przynależnością do danego typu molekularnego oraz ekspresją określonych białek na powierzchni błony komórkowej bakterii, tzw. zmiennych białek powierzchniowych (ang. variable membrane surfa-

ce lipoproteins, VspS). Większą zdolnością do tworzenia biofilmu charakteryzują się bowiem szczepy M. bovis wykazujące ekspresję białek VspO i VspB (25). Obecność zróżnicowanych VspS warunkuje wysoką zmienność antygenową i strukturalną M. bovis, co stanowi jeden z mechanizmów unikania odpowiedzi immunologicznej gospodarza przez tą bakterię i sprzyja przewlekłemu przebiegowi zakażenia na tle M. bovis (22). Białka te biorą prawdopodobnie udział także w procesie adhezji M. bovis do komórek gospodarza. Ponadto, przypisuje się im rolę jednych z czynników wirulencji u tej bakterii (30). Żydliwość szczepów M. bovis zależy prawdopodobnie także od zdolności tej bakterii do produkcji tzw. wtórnych metabolitów, do których należy nadtlenek wodoru, co może prowadzić do uszkodzeń oksydacyjnych w docelowych narządach lub tkankach (32).

Dotychczas wykazano, że M. bovis wywołuje schorzenia w obrębie większości układów gospodarza, z których do najczęściej diagnozowanych należą: zapalenie płuc i oskrzeli, zapalenie stawów, zapalenie gruczołu mlekowego, zapalenie rogówki i spojówki, a także zmiany chorobowe w obrębie ucha środkowego

(1, 20, 23). M. bovis pełni również ważną rolę w etiologii stanów zapalnych w obrębie krtani i gardła, opon mózgowych, a także wsierdza (21, 23, 34). M. bovis odpowiedzialna jest również za zaburzenia w rozrodzie u krów, które prowadzić mogą do ronień, przedwczesnych porodów lub upadków cieląt w okresie neonatalnym jako następstwo stanów zapalnych w obrębie macicy i łożyska u zakażonych matek (19). W ostatnim czasie podkreśla się istotną rolę M. bovis w etiologii syndromu oddechowego bydła (ang. bovine respiratory disease, BRD), odpowiedzialnego za znaczne straty w hodowli tych zwierząt powodowane wysokim odsetkiem zachorowań i upadków (10, 33). W przebiegu BRD, M. bovis izolowana jest często z bakteriami z rodziny Pasteurellaceae, takimi jak Pasteurella multocida, czy Mannheimia haemolytica lub wirusami układu oddechowego bydła, wykazując synergistyczne działanie z niektórymi z tych drobnoustrojów (4, 6, 13, 16, 38).

Obraz kliniczny zakażeń na tle M. bovis jest często niespecyficzny, dlatego ich rozpoznanie bez dodatkowych narzędzi diagnostycznych, takich jak badania laboratoryjne, jest wyjątkowo trudne. W przebiegu zakażenia M. bovis zaobser-



SHUTTERSTOCK

***Mycoplasma bovis* infections in cattle – what we should know**

Despite its minimal genome size, Mycoplasma bovis causes a variety of diseases in cattle, including pneumonia, arthritis, mastitis, keratoconjunctivitis, otitis media, endocarditis, and meningitis. M. bovis is also an important etiological agent of bovine respiratory disease. M. bovis infections affect all age groups and sectors of cattle, increasing the risk of spread within the herd. Control of M. bovis infections in cattle is difficult due to the low susceptibility of the bacteria to routinely used antimicrobials and the recent availability of specific prophylaxis through vaccination in Poland.

Keywords: *Mycoplasma bovis*, cattle, infection, prevention, therapy.

wować można jednak pewne cechy charakterystyczne, które pozwolą mogą przynajmniej na wstępne rozpoznanie w tym kierunku. Do cech tych można zaliczyć występowanie konsolidacji tkanki płucnej, zwłaszcza w obrębie szczytowych płatów płuc oraz obecność ropnych lub serowatych zmian na przekroju zajętych chorobowo narządów lub tkanek, takich jak płuca, ucho środkowe, gardło, czy wsierdzie (7, 14, 21, 23, 34). Często diagnozowanymi zmianami patologicznymi u zwierząt zakażonych *M. bovis* są także rozległe obszary martwicy lub obecność włókniaka w obrębie płuc, gruczołu mlekowego, mózgu lub serca (2, 7, 29). Rozpoznanie klinicznych postaci zapaleń gruczołu mlekowego na tle *M. bovis* u krów ułatwić mogą pewne charakterystyczne objawy do których należą: zajęcie jednej, a następnie kolejnych ćwiartek wymienia, z atrofią ćwiartek włócznic, generalny brak bolesności gruczołu przy omacywaniu, a także wyraźny spadek produkcji mleka u ozdrowieńców (20). Podejrzenie zakażenia na tle *M. bovis* w tych przypadkach mogą również nasuwać równoczesne lub następowe zmiany chorobowe w obrębie stawów i/lub układu oddechowego u krów z objawami zapaleń gruczołu mlekowego,

a także brak skuteczności ze strony terapii z wykorzystaniem środków przeciwdrobnoustrojowych i/lub leków przeciwzapalnych stosowanych w rutynowym postępowaniu lekarsko-weterynaryjnym. Zmiany w zakresie stawów w tych przypadkach zlokalizowane są często w obrębie stawu nadgarstkowego, niekiedy także stawu skokowego i przejawiają się obrzękiem oraz bolesnością okolicy zajętego stanem zapalnym stawu oraz kulawizną (20, 39). Z kolei zapalenie ucha środkowego w przebiegu zakażenia *M. bovis* u cieląt często manifestuje się opadaniem uszu, potrząsaniem głową oraz obecnością wypływu z zewnętrznych przewodów słuchowych (23, 24).

Zakażenia *M. bovis* wykazano praktycznie na terenie wszystkich kontynentów świata, tam gdzie prowadzona jest hodowla bydła (9). O rozległym zasięgu szerzenia się zakażeń *M. bovis* w populacji bydła na świecie świadczy dodatkowo pojawienie się stosunkowo niedawno pierwszych przypadków identyfikacji tej bakterii w krajach, które przez długi okres uznawane były za wolne od infekcji na tle *M. bovis*, takich jak Finlandia, Nowa Zelandia, Argentyna czy też Australia (5, 15, 17, 37). Globalna łączna częstość występowania zakażeń *M. bovis*

u bydła oszacowana w oparciu o badania przeprowadzone w latach 2000-2024 wynosi nieco ponad 31 % (35). Zakażenia *M. bovis* są stale obecne w populacji bydła w Polsce, czego dowodzą ostatnie z badań własnych prowadzonych w latach 2024-2025 na próbkach pochodzących od cieląt i młodego bydła z wykorzystaniem metod serologicznych i molekularnych.

Warto pamiętać o ryzyku siewstwa *M. bovis* do środowiska, zwłaszcza przez bezobjawowych, często przewlekle zakażonych nosicieli (39). Należy przy tym podkreślić, że zakażenia tą bakterią dotyczą wszystkich grup wiekowych i typów użytkowych bydła, co zwiększa ryzyko ich szerzenia się w stadzie. Szerzenie się zakażeń *M. bovis* odbywa się zazwyczaj za pośrednictwem klasycznych dróg, takich jak droga aerogenna, alimentacyjna czy też droga kontaktu bezpośredniego, tzw. „nose-to-nose contact” (9). W ostatnim czasie szczególną uwagę zwraca się jednak na ryzyko przeniesienia zakażenia *M. bovis* drogą sztucznej inseminacji, gdzie nasienie poddane nieodpowiedniej konserwacji stanowić może źródło zakażenia drobnoustrojem nawet przez lata (17, 26). Następstwem tej drogi zakażenia *M. bovis* może być nie tylko wystąpienie objawów zapalenia gruczołu mlekowego u inseminowanych krów, ale także w wyniku niekontrolowanego siewstwa bakterii, wybuch choroby u innych krów w obrębie tego samego stada. W omawianym przypadku doszło również do rozprzestrzenienia się zakażenia *M. bovis* na cielęta pochodzące z tych samych stad, co inseminowane krowy (17).

Z uwagi na hematogenną drogę rozprzestrzeniania się mykoplazm w organizmie gospodarza, *M. bovis* może wywoływać schorzenia w obrębie różnych narządów i tkanek u tego samego osobnika (19, 23). Dla przykładu, zmianom patologicznym w obrębie ucha środkowego u cieląt ras mięsnych towarzyszyły stany zapalne w obrębie płuc lub opon mózgowych. Obecność antygeny *M. bovis* wykazano u wszystkich tych zwierząt w obrębie narządu słuchu, a z niewielkimi wyjątkami także w obrębie płuc i okolicznych węzłów chłonnych. U niektórych cieląt antygen *M. bovis* zlokalizowany był również w obrębie nerwu twarzowego, wątroby lub nerki (23). U cieląt rasy mięsnej z objawami zakaźnego zapalenia rogówki i spojówki na tle *M. bovis* obserwowano natomiast przypadki następowego zapalenia płuc i stawów (1). W innym przypadku wykazano z kolei równoczesne występowanie stanów zapalnych płuc i oskrzeli oraz zmian patologicznych w obrębie stawów u cieląt przeznaczonych do opasu (14). U krów mlecznych diagnozowano natomiast równoczesne lub następowe stany zapalne stawów i gruczołu mlekowego na tle *M. bovis*. W niektórych przypadkach stanom tym towarzyszyły zmiany chorobowe w obrębie płuc (39).

Stosunkowo niedawno, także w ramach badań własnych, wykazano wewnątrzko-

mórkowy charakter *M. bovis*, co dodatkowo komplikuje skuteczną kontrolę zakażeń z udziałem tej bakterii. W następstwie eksperymentalnego zakażenia cieląt *M. bovis* wykazano obecność komórek przypominających mykoplazmy, tzw. mycoplasma like organisms, wewnątrz granulocytów oraz komórek prezentujących antygen w obrębie węzłów chłonnych śródpiersiowych (8). Wewnątrzkomórkową lokalizację *M. bovis* wykazano również w warunkach naturalnie przebiegającego zakażenia *M. bovis* u cieląt w obrębie hepatocytów i nabłonka kanalików nerkowych. Obecność tzw. mycoplasma like organisms obserwowano również w tych warunkach także w obrębie nerwu twarzowego jednego z zakażonych cieląt (23). Z kolei, w warunkach *in vitro* udało się dowieść wewnątrzkomórkowej lokalizacji *M. bovis* w obrębie małżowiny nosa embrionu cielęcia (3).

Zakażenia *M. bovis* często pomijane są w rozpoznaniach różnicowych, zwłaszcza w przypadku chorób układu oddechowego i zapalenia gruczołu mlekowego u bydła, z uwagi na skomplikowaną diagnostykę wymagającą wykwalifikowanego personelu. W panelach diagnostycznych w przypadku ww. schorzeń bardzo często brakuje badań ukierunkowanych na wykrycie *M. bovis*, co sprzyja szerzeniu się zakażeń tą bakterią w populacji bydła. Do najczęściej stosowanych matryc w diagnostyce zakażeń *M. bovis* należą: surowica krwi, wymaz z jamy nosowo-gardłowej, wymaz z worka spojówkowego, wycinki narządów wewnętrznych, zwłaszcza płuc, a także mleko (20, 31). W przypadku podejrzenia o zapalenie stawów w przebiegu zakażenia *M. bovis* u bydła, dobry materiał diagnostyczny stanowić może płyn stawowy (39).

W diagnostyce zakażeń *M. bovis* u bydła w dalszym ciągu złotym standardem pozostaje hodowla bakteryjna, jednak rzadko stosuje się ją w rutynowym postępowaniu, gdzie wymagane jest szybkie postawienie diagnozy. Ponadto, z uwagi na bardzo wysokie wymagania odżywcze *M. bovis*, ograniczające wzrost tej bakterii do podłoża wybiórczo-namnażających, długi okres wzrostu na podłożach stałych oraz trudności z właściwą oceną jej wzrostu na specjalnych pożywkach, ta metoda nie jest często stosowana w rutynowym postępowaniu. Do rutynowej diagnostyki zakażeń *M. bovis* u bydła zaleca się natomiast wykorzystanie zarówno molekularnych, jak i serologicznych technik, przeprowadzonych w oparciu o zróżnicowany materiał dia-

gnostyczny, co zdecydowanie usprawnia podjęcie właściwej diagnozy (27).

Z uwagi na ewolucyjnie uwarunkowany brak ściany komórkowej, *M. bovis* wykazuje naturalną oporność w odniesieniu do antybiotyków β -laktamowych, w tym penicylin i cefalosporyn (18). Skuteczną terapię zakażeń *M. bovis* komplikuje dodatkowo narastający w czasie spadek wrażliwości terenowych szczepów *M. bovis* w odniesieniu do środków przeciwdrobnoustrojowych stosowanych w leczeniu weterynaryjnym, takich jak makrolidy, tetracykliny czy fenikole (28). W badaniach własnych wykazano wysoką skuteczność enrofloksacyny w terapii cieląt zakażonych eksperymentalnie *M. bovis*, co potwierdzają badania *in vitro* wskazujące na wrażliwość *M. bovis* w odniesieniu do fluorochinolonów (7, 28). Należy mieć jednak na względzie, że ta grupa antybiotyków powinna być stosowana jako antybiotyki tzw. ostatniego rzutu, gdy terapia z wykorzystaniem innych środków przeciwdrobnoustrojowych jest nieskuteczna.

Profilaktyka swoista zakażeń *M. bovis* u bydła jest trudna z uwagi na specyfikę samego drobnoustroju, który wykazuje zdolność do unikania układu immunologicznego gospodarza, dzięki wyżej opisanym cechom, takim jak obecność Vsp, czy produkcja biofilmu. Dostępna od niedawna na rynku polskim szczepionka przeciwko zakażeniom *M. bovis* u bydła (Protivity, Zoetis) przeznaczona jest do czynnego uodparniania cieląt już od 1. tygodnia życia w celu ograniczenia objawów klinicznych zakażenia oraz zmian chorobowych wywoływanych przez drobnoustroj w obrębie płuc. Szczepionka ta została opracowana w oparciu o żywy atenuowany szczep *M. bovis*, co stanowić może, tak jak w przypadku tego typu preparatów, ryzyko rewersji szczepu szczepionkowego do postaci zjadliwej (36). Warto podkreślić, że jest to pierwszy komercyjny preparat do profilaktyki swoistej zakażeń *M. bovis* u bydła dopuszczony do obrotu w Polsce, jednak jego krótki okres dostępności na rynku europejskim uniemożliwia na tym etapie pełną ocenę skuteczności w omawianym zakresie. Warto dodać, że pierwszą i jak dotychczas jedyną w Polsce inaktywowaną szczepionką eksperymentalną przeciwko zakażeniom *M. bovis* u bydła opracowano w ramach badań własnych. Szczepionka ta charakteryzowała się wysoką skutecznością w ograniczaniu rozwoju objawów klinicznych i zmian patologicznych powodowanych przez *M. bovis* oraz stymulowaniu humoralnej odpowiedzi immunologicznej u zaszczepionych

cieląt (7). Warto przy tym zaznaczyć, że jak dotychczas, nie opracowano na świecie komercyjnego preparatu do czynnego uodparniania bydła przeciwko zapaleniom gruczołu mlekowego na tle zakażeń *M. bovis*.

W ramach badań własnych podjęto również działania w zakresie możliwości zastosowania nowoczesnych immunostymulatorów, jak rekombinowana cytokina nowej generacji – pegbowigrastym (Imrestor, Eli Lilly and Company Limited, Elanco Animal Health) do profilaktyki chorób układu oddechowego u cieląt, w tym zwłaszcza wywołanych przez *M. bovis*. Wyniki tych badań wskazują na możliwość potencjalnego zastosowania pegbowigrastymu u cieląt do stymulacji odporności nieswoistej, także w odniesieniu do profilaktyki zakażeń na tle *M. bovis* (11, 12). Badania te wpisują się w aktualnie obowiązujący trend dotyczący podejmowania działań zmierzających do ograniczenia globalnego zużycia środków przeciwdrobnoustrojowych w produkcji zwierzęcej.

W Polsce, zakażenia na tle *M. bovis* znajdują się nadal w obszarze chorób nieuregulowanych prawnie. W celu zapobieżenia rozprzestrzeniania się tego drobnoustroju w krajowej populacji bydła ważne jest szybkie rozpoznanie, stosowanie zasad bioasekuracji oraz korzystanie z dostępnych narzędzi profilaktycznych. Do rutynowej diagnostyki w kierunku zakażeń *M. bovis* warto włączyć nie tylko podejrzane o zakażenie zwierzęta, ale także te nowo wprowadzone do stada. Szczególnie ważna jest także okresowa ocena stad bydła w kierunku występowania *M. bovis*, badanie zbiorczych prób mleka, a także nasienia buhajów przeznaczonych do reprodukcji. W podejrzaniu o zakażenia *M. bovis* warto zwrócić uwagę na ich pewne cechy charakterystyczne, które ułatwić mogą ich rozpoznanie, jak przewlekły przebieg choroby, brak lub słaba odpowiedź chorych zwierząt na środki przeciwdrobnoustrojowe rutynowo stosowane w postępowaniu lekarsko-weterynaryjnym, a także występowanie więcej niż jednego schorzenia u tego samego osobnika. ●

Piśmiennictwo

- Alberti A., Addis M. F., Chessa B., Cubeddu T., Profiti M., Rosati S., Ruiu A., Pittau M.: Molecular and antigenic characterization of a *Mycoplasma bovis* strain causing an outbreak of infectious keratoconjunctivitis. „J. Vet. Diagn. Invest.”, 2006, 18, 41–51.
- Ayling R., Nicholas R., Hogg R., Wessels J., Scholes S., Byrne W., Hill M., Moriarty J., O'Brien T.: *Mycoplasma bovis* isolated from brain tissue of calves. „Vet. Rec.”, 2005, 156, 391–392.

- Bürki S., Frey J., Pilo P.: Virulence, persistence and dissemination of *Mycoplasma bovis*. „Vet. Microbiol.” 2015, 179, 15–22.
- Calderón Bernal J. M., Fernández A., Arnal J. L., Baselga C., Benito Zuñiga A., Fernández-Garyzábal J. F., Vela Alonso A. I., Cid D.: Cluster analysis of bovine respiratory disease (BRD)-associated pathogens shows the existence of two epidemiological patterns in BRD outbreaks. „Vet. Microbiol.”, 2023, 280, 109701.
- Cantón G., Llada I., Margineda C., Urtizbiria F., Fanti S., Scioli V., Fiorentino M. A., Louge Uriarte E., Morrell E., Sticotti E., Tamiozzo P.: *Mycoplasma bovis*-pneumonia and polyarthritis in feedlot calves in Argentina: First local isolation. „Rev. Argent. Microbiol.”, 2022, 54, 299–304.
- Caswell J. L., Bateman K. G., Cai H. Y., Castillo-Alcala F.: *Mycoplasma bovis* in respiratory disease of feedlot cattle. „Vet. Clin. North Am. Food Anim. Pract.” 2010, 26, 365–379.
- Dudek K., Bednarek D., Ayling R. D., Kycko A., Reichert M.: Preliminary study on the effects of enrofloxacin, flunixin meglumine and pegbovigrastim on *Mycoplasma bovis* pneumonia. „BMC Vet. Res.” 2019, 15, 371.
- Dudek K., Bednarek D., Ayling R. D., Kycko A., Szacawa E., Karpińska T. A.: An experimental vaccine composed of two adjuvants gives protection against *Mycoplasma bovis* in calves. „Vaccine”, 2016, 34, 3051–3058.
- Dudek K., Nicholas R. A. J., Szacawa E., Bednarek D.: *Mycoplasma bovis* Infections—Occurrence, Diagnosis and Control. „Pathogens”, 2020, 9, 640.
- Dudek K., Nicholas R. A. J.: Recent Role of Microorganisms of the Mollicutes Class in the Etiology of Bovine Respiratory Disease. „Pathogens”, 2024, 13, 951.
- Dudek K., Szacawa E., Bednarek D.: The effect of pegbovigrastim administration on the nonspecific immunity of calves. „J. Vet. Intern. Med.”, 2024, 38, 505–513.
- Dudek K., Szacawa E., Wasiak M., Bednarek D., Reichert M.: The Effect of Pegbovigrastim Injection on Phagocytic and Oxidative Burst Activities of Peripheral Blood Granulocytes and Monocytes in Calves Challenged with *Mycoplasma bovis*. „Pathogens”, 2022, 11, 1317.
- Freeman C. N., Herman E. K., Abi Younes J., Ramsay D. E., Erikson N., Stothard P., Links M. G., Otto S. J. G., Waldner C.: Evaluating the potential of third generation metagenomic sequencing for the detection of BRD pathogens and genetic determinants of antimicrobial resistance in chronically ill feedlot cattle. „BMC Vet. Res.”, 2022, 18, 21.
- Gagea M. I., Bateman K. G., Shanahan R. A., van Dremel T., McEwen B. J., Carman S., Archambault M., Caswell J. L.: Naturally occurring *Mycoplasma bovis*-associated pneumonia and polyarthritis in feedlot beef calves. „J. Vet. Diagn. Invest.”, 2006, 18, 29–40.
- Gogoi-Tiwari J., Tiwari H. K., Wawegama N. K., Premachandra C., Robertson I. D., Fisher A. D., Waichigio F. K., Irons P., Aleri J. W.: Prevalence of *Mycoplasma bovis* Infection in Calves and Dairy Cows in Western Australia. „Vet. Sci.”, 2022, 9, 351.
- Goto Y., Fukunari K., Suzuki T.: Multiplex RT-qPCR Application in Early Detection of Bovine Respiratory Disease in Healthy Calves. „Viruses”, 2023, 15, 669.
- Haapala V., Pohjanvirta T., Vähänikkilä N., Halkilahti J., Simonen H., Pelkonen S., Soveri T., Simojoki H., Autio T.: Semen as a source of *Mycoplasma bovis* mastitis in dairy herds. „Vet. Microbiol.”, 2018, 216, 60–66.
- Hermann R.: Genome structure and organization. W: Maniloff J. (ed.) *Mycoplasmas: molecular biology and pathogenesis*. American Society of Microbiology, Washington DC, USA, 1992, 157–168.
- Hermeyer K., Peters M., Brüggemann M., Jacobsen B., Hewicker-Trautwein M.: Demonstration of *Mycoplasma bovis* by immunohistochemistry and in situ hybridization in an aborted bovine fetus and neonatal calf. „J. Vet. Diagn. Invest.”, 2012, 24, 364–369.
- Houlihan M. G., Veenstra B., Christian M. K., Nicholas R., Ayling R.: Mastitis and arthritis in two dairy herds caused by *Mycoplasma bovis*. „Vet. Rec.”, 2007, 160, 126–127.
- Kanda T., Tanaka S., Suwanruengsri M., Sukmawinata E., Uemura R., Yamaguchi R., Sueyoshi M.: Bovine Endocarditis Associated with *Mycoplasma bovis*. „J. Comp. Pathol.”, 2019, 171, 53–58.
- Lysnyansky I., Sachse K., Rosenbusch R., Levisohn S., Yoge D.: The vsp locus of *Mycoplasma bovis*: gene organization and structural features. „J. Bacteriol.”, 1999, 181, 5734–5741.
- Maeda T., Shibahara T., Kimura K., Wada Y., Sato K., Imada Y., Ishikawa Y., Kadota K.: *Mycoplasma bovis*-associated suppurative otitis media and pneumonia in bull calves. „J. Comp. Pathol.”, 2003, 129, 100–110.
- Maunsell F. P., Donovan G. A.: *Mycoplasma bovis* Infections in young calves. „Vet. Clin. North Am. Food Anim. Pract.”, 2009, 25, 139–177.
- McAuliffe L., Ellis R. J., Miles K., Ayling R. D., Nicholas R. A. J.: Biofilm formation by *Mycoplasma bovis* species and its role in environmental persistence and survival. „Microbiology (Reading)”, 2006, 152, 913–922.
- Nicholas R. A., Ayling R. D.: *Mycoplasma bovis*: disease, diagnosis, and control. „Res. Vet. Sci.”, 2003, 74, 105–112.
- Olorunshola I. D., Ahmad K. H., Peters A. R., R. R. Nicholas, Adegboye D. S.: *Mycoplasma bovis*: A review of vaccination and diagnostic initiatives. „CABI Reviews”, 2025, 20, 0022.
- Pereyre S., Tardy F.: Integrating the Human and Animal Sides of *Mycoplasmas* Resistance to Antimicrobials. „Antibiotics (Basel)”, 2021, 10, 1216.
- Radaelli E., Castiglioni V., Losa M., Benedetti V., Piccinini R., Nicholas R. A., Scanziani E., Luini M.: Outbreak of bovine clinical mastitis caused by *Mycoplasma bovis* in a North Italian herd. „Res. Vet. Sci.”, 2011, 91, 251–253.
- Sachse K., Grajetzki C., Rosengarten R., Hänel I., Heller M., Pfützner H.: Mechanisms and factors involved in *Mycoplasma bovis* adhesion to host cells. „Zentralbl. Bakteriol.”, 1996, 284, 80–92.
- Sachse K., Salam H. S., Diller R., Schubert E., Hoffmann B., Hotzel H.: Use of a novel real-time PCR technique to monitor and quantitate *Mycoplasma bovis* infection in cattle herds with mastitis and respiratory disease. „Vet. J.”, 2010, 186, 299–303.
- Schott C., Cai H., Parker L., Bateman K. G., Caswell J. L.: Hydrogen peroxide production and free radical-mediated cell stress in *Mycoplasma bovis* pneumonia. „J. Comp. Pathol.”, 2014, 150, 127–137.
- Smith R. A., Step D. L., Woolums A. R.: Bovine Respiratory Disease: Looking Back and Looking Forward, What Do We See? „Vet. Clin. North Am. Food Anim. Pract.”, 2020, 36, 239–251.
- Strugnell B. W., Glover M., Wessels M., Ayling R. D.: Ear droop and stertor in dairy calves associated with *Mycoplasma bovis*. „Vet. Rec.”, 2013, 173, 299–300.
- Su Y., Zhao G., Xu J., Wang Y.: Mapping the global distribution of *Mycoplasma bovis* infections in cattle (2000–2024): A geospatial modeling analysis. „J. Dairy Sci.”, 2025, 108, 10099–10124.
- Thomas S., Abraham A., Rodríguez-Mallon A., Unajak S., Bannantine J. P.: Challenges in Veterinary Vaccine Development. „Methods Mol. Biol.” 2022, 2411, 3–34.
- Vähänikkilä N., Pohjanvirta T., Haapala V., Simojoki H., Soveri T., Browning G. F., Pelkonen S., Wawegama N. K., Autio T.: Characterisation of the course of *Mycoplasma bovis* infection in naturally infected dairy herds. „Vet. Microbiol.”, 2019, 231, 107–115.
- Valeris-Chacin R., Powledge S., McAtee T., Morley P. S., Richeson J.: *Mycoplasma bovis* is associated with Mannheimia haemolytica during acute bovine respiratory disease in feedlot cattle. „Front. Microbiol.”, 2022, 13, 946792.
- Wilson D. J., Skirpstunas R. T., Trujillo J. D., Cavender K. B., Bagley C. V., Harding R. L.: Unusual history and initial clinical signs of *Mycoplasma bovis* mastitis and arthritis in first-lactation cows in a closed commercial dairy herd. „J. Am. Vet. Med. Assoc.”, 2007, 230, 1519–1523.
- Wise K. S., Calcutt M. J., Foecking M. F., Röske K., Madupu R., Methé B. A.: Complete genome sequence of *Mycoplasma bovis* type strain PG45 (ATCC 25523). „Infect. Immun.”, 2011, 79, 982–983.

Katarzyna Dudek,
e-mail: Katarzyna.Dudek@piwet.pulawy.pl