

# Chlamydie – drobnoustroje ciągle ewoluujące

Monika Szymańska-Czerwińska, Krzysztof Niemczuk, Kinga Zaręba

Zakład Chorób Bydła i Owiec/Laboratorium Diagnostyki Serologicznej Państwowego Instytutu Weterynaryjnego – Państwowego Instytutu Badawczego w Puławach

Chlamydie to bakterie Gram-dodatnie o złożonym cyklu rozwojowym, bytują wewnątrzkomórkowo i większość z nich posiada potencjał zoonotyczny. Pod względem taksonomicznym przynależą do rodziny Chlamydiaceae. Należy podkreślić, że ich taksonomia na przestrzeni lat ulegała licznym zmianom. W 1966 r. Page (1) wyodrębnił w ramach rodziny Chlamydiaceae rząd Chlamydiales, a do lat 80. ubiegłego wieku znane były tylko dwa gatunki chlamydii: *C. psittaci* i *C. trachomatis* (1). Następnie w latach 80. i 90. opisane zostały dwa nowe gatunki *C. pneumoniae* i *C. pecorum* (2, 3). W 1999 r. Everett i wsp. (4) na podstawie tropizmu do organizmu gospodarza i tkankowego oraz markerów genetycznych podzieliła rodzinę Chlamydiaceae na dwa rodzaje: *Chlamydia* (*C.*) i *Chlamydophila* (*Cp.*). Rodzaj *Chlamydia* stanowiły trzy gatunki: *C. trachomatis*, *C. muridarum* i *C. suis* (4). Natomiast do rodzaju *Chlamydophila* przynależało sześć gatunków: *Cp. abortus*, *Cp. felis*, *Cp. pecorum*, *Cp. pneumoniae*, *Cp. psittaci* i *Cp. caviae* (4). Pomimo formalnego zaakceptowania zmian wprowadzonych przez Everett cały czas trwały badania i dyskusje na temat zasadności istnienia tych dwóch rodzajów. Ostatecznie w 2011 r. zaproponowano ponowne ograniczenie taksonomii o rodzaj *Chlamydophila*, a rok później wprowadzono zmianę w Bergey's Manual (5) i aktualnie w taksonomii widnieje tylko jeden rodzaj *Chlamydia* (5). Nie jest to jednak koniec zmian w systematyce tych mikroorganizmów, ponieważ intensywny rozwój biologii molekularnej i coraz większa dostępność nowych metod genotypowania, umożliwiających badanie struktury nawet całych genomów, skutkuje odkrywaniem kolejnych *Chlamydia* spp.

W ostatnich latach raportowanych jest dość dużo informacji na temat występowania *Chlamydia* spp. u ptaków i gadów, które, jak wynika z literatury, są ich istotnym rezerwuarem. Szczególnie dużo nowych danych pojawiło się w zakresie ptasich *Chlamydia* spp. Na szczególną uwagę zasługuje wprowadzenie przez Sachse i wsp. (6) dwóch nowych jednostek taksonomicznych: *C. gallinacea* oraz *C. avium*. Są to gatunki wykazujące tropizm do organizmu ptaków, pierwszy z nich występuje u drobiu, głównie u kurcząt, ale również kaczek, indyków i perliczek. Nie można też wykluczyć ich występowania u innych gatunków drobiu domowego (6). Przypadki *C. gallinacea* raportowane były już w kilku państwach europejskich, w tym również w Polsce, oraz w Chinach (7, 8, 9). Częstość jego występowania niejednokrotnie jest wyższa aniżeli w przypadku *C. psittaci*, która do niedawna była uznawana za dominujący gatunek u drobiu (7, 8). *C. gallinacea* izolowana jest głównie z wymazów ze steku, kałomoczu oraz narządów wewnętrznych ptaków. Początkowo sądzono, że jest to tylko komensal w przewodzie pokarmowym ptaków, nieposiadający potencjału patogennego.

## Chlamydia – the evolving organisms

Szymańska-Czerwińska M., Niemczuk K., Zaręba K., Department of Cattle and Sheep Diseases/ Laboratory of Serological Diagnosis, National Veterinary Research Institute, Puławy

This article presents the summary of current knowledge about *Chlamydia* spp. belonging to the *Chlamydiaceae* family. The particular emphasis has been paid to the changing taxonomy of these bacteria. New *Chlamydia* species, that occur in birds and reptiles, were described. Moreover, the data on epidemiological situation of chlamydioses in animals were included.

**Keywords:** *Chlamydia* spp., birds, reptiles, taxonomy.

Jednak w świetle najnowszych wyników badań opublikowanych przez Guo i wsp. (8) można uznać, że posiada umiarkowaną patogenność, gdyż co prawda przewlekłe zakażenie u brojlerów powoduje obniżenie ich przyrostów masy ciała, ale bez występowania innych objawów (8).

Pierwszy przypadek *C. gallinacea* u drobiu w Polsce potwierdzono w czasie badania materiału archiwalnego pobranego od kur w 2010 r. (10). Badania monitoringowe drobiu w Polsce prowadzone w latach 2014–2016 dowiodły, że gatunkiem dominującym w stadach *Chlamydiaceae* dodatnich jest właśnie *C. gallinacea*, której obecność potwierdzono u 73% stad. Jednocześnie nie wykazano występowania objawów klinicznych u ptaków będących siewcami *C. gallinacea* (7). Odmienna sytuacja epidemiologiczna została opisana w Belgii, gdzie badania nie wykazały obecności tej chlamydii u drobiu (11). Z kolei w Chinach *C. gallinacea* uznana została za czynnik występujący endemicznie u kurcząt (8). Należy zwrócić uwagę, że szczepy *C. gallinacea*, zarówno te występujące w Chinach, jak i w Polsce, wykazują duże zróżnicowanie genotypowe, jest jednak jeszcze zbyt mało badań w tym zakresie, aby wyodrębnić w ramach tego gatunku genotypy (7, 8). Jak się okazuje, występowanie *C. gallinacea* nie ogranicza się tylko do ptaków, pierwszy przypadek u bydła stwierdzony został w Chinach (12). Badania drobiu w Polsce wskazują, że oprócz *C. gallinacea* występuje również *C. psittaci*, ale notowana jest znacznie rzadziej. Te same badania wykazały też występowanie *C. abortus*, która dotychczas nie była notowana u ptaków hodowlanych i do tej pory uznawana była za gatunek typowy dla ssaków (7).

Drugim nowym gatunkiem chlamydii występującym u ptaków jest *C. avium*, która notowana jest u gołębi oraz papugowatych, nie można też wykluczyć jej obecności u innych gatunków ptaków (6). Badania monitoringowe ptaków dziko żyjących w Polsce

wykazały, że występowanie tego gatunku jest sporadyczne i stwierdzony został tylko jeden przypadek siewstwa do kału u kaczki krzyżówki. Co ciekawe, nie stwierdzono występowania *C. avium* u gołębi (13), podczas gdy dane z innych państw europejskich wskazują na jej występowanie u ptaków z rodziny Columbidae (6). Jak wynika z danych literaturowych, *C. avium* posiada potencjał patogeny, notowano bowiem objawy ze strony układu oddechowego i/lub biegunki u papugowatych będących jej siewcami (6). Siewstwo chlamydii u papugowatych jest problemem powszechnie znanym. Do niedawna uważano, że chlamydioza u papug wywołwana jest jedynie przez *C. psittaci*.

Prrowadzone w ostatnim czasie badania w Krajowym Laboratorium Referencyjnym Państwowego Instytutu Weterynaryjnego – Państwowego Instytutu Badawczego w Puławach wykazały, że siewstwo *C. psittaci* występuje u różnych gatunków papug ozdobnych (dane nieopublikowane). Występowanie *C. psittaci* u papug w Polsce potwierdzają też badania przeprowadzone we wcześniejszych latach przez Piaseckiego i wsp. (14), którzy raportowali prewalencję *C. psittaci* u papug z hodowli prywatnych i sklepów zoologicznych na poziomie 10,3%. Z kolei brak jest danych wskazujących na występowanie *C. avium* u papugowatych w Polsce. Należy jednak pamiętać, że badania w tym zakresie są bardzo ograniczone, dlatego też nie można tego wykluczyć. Biorąc pod uwagę potencjał zoonotyczny *C. psittaci*, wskazane jest, aby hodowcy, a zwłaszcza właściciele ptaków ozdobnych prezentowanych podczas wystaw, okresowo wykonywali ich badania na obecność chlamydii. Wskazane jest również przeprowadzanie badań ptaków przed wprowadzeniem ich do hodowli, a zwłaszcza nimf, u których dość często stwierdza się siewstwo *C. psittaci*.

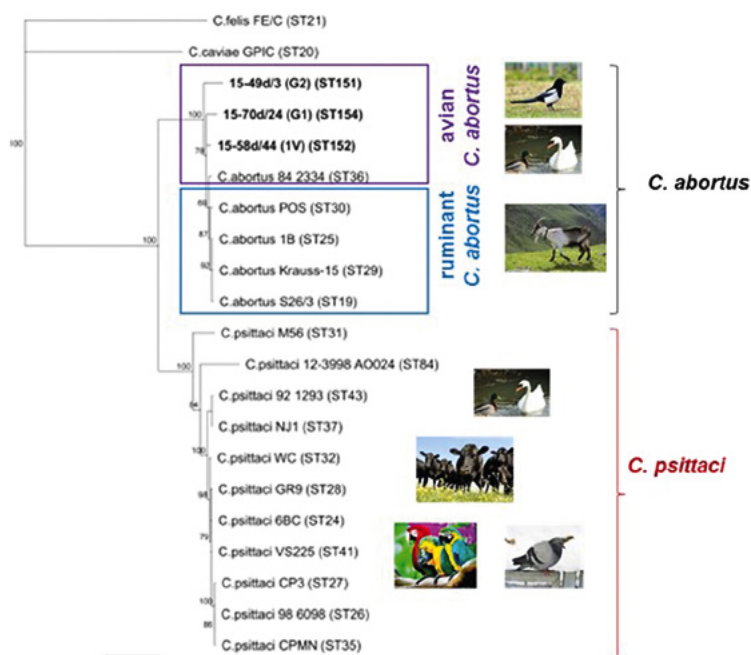
W obrębie tzw. avian *Chlamydia* spp. zidentyfikowana została jeszcze jedna jednostka taksonomiczna, która z uwagi na brak izolatu posiada na razie status *candidatus C. ibidis* (15). Materiał genetyczny tego gatunku został wykryty w próbkach pobranych od ibisa

czczonego we Francji. Jak dotąd nie potwierdzono jego występowania w innych krajach.

W dostępnej literaturze na przestrzeni ostatnich lat pojawiały się doniesienia na temat występowania atypowych *C. psittaci* lub szczepów pośrednich pomiędzy *C. psittaci* i *C. abortus* (16, 17, 18). Na podstawie podziału taksonomicznego stworzonego przez Everett i wsp. (4) uznaje się, że *C. abortus* to gatunek wyraźnie odseparowany od *C. psittaci*. Zgodnie z obowiązującym podziałem taksonomicznym *C. abortus* kolonizuje łożyska ssaków i jest przyczyną poronień lub osłabienia noworodków głównie u owiec, kóz, a znacznie rzadziej stwierdzana jest u bydła, świń czy koni, podczas gdy *C. psittaci* występuje głównie u ptaków. Jako pierwsza o zmianę definicji *C. abortus* wniosowała Pannekoeck (19), która sugerowała, że *C. abortus* to nie tylko szczepy pochodzące od ssaków i należy definicję tego gatunku dodatkowo rozszerzyć o izolaty od ptaków, które definiowane są jako atypical *C. psittaci*. Bazowała ona wówczas jednak tylko na wynikach badań DNA, a brak rzeczywistego izolatu uniemożliwił przeprowadzenie bardziej szczegółowych badań potwierdzających ich faktyczne istnienie. Dopiero wyniki badań z wykorzystaniem izolatów bakteryjnych uzyskanych od ptaków dzikich opublikowane przez Szymańską-Czerwińską i wsp. (13) potwierdziły słuszność wcześniej formułowanej hipotezy i ostatecznie poświadczyły istnienie szczepów atypowych tzw. avian *C. abortus*, które można uznać za „emerging agent” u ptaków nie tylko dziko żyjących, ale również hodowlanych. Pozycja filogenetyczna avian *C. abortus* została przedstawiona na **rycinie 1**. Jak wynika z danych (niepublikowanych) niemieckiego laboratorium referencyjnego w Jenie (Niemcy), avian *Chlamydia abortus* stwierdzony został również u kaczek w Turynii. Należy podkreślić, że nie stwierdzono obecności tego gatunku chlamydii u ptaków hodowlanych w Polsce, ale nie można tego faktu wykluczyć. Aktualnie w Krajowym Laboratorium Referencyjnym ds. Chlamydiozy w Polsce trwają prace nad określeniem struktury pełnego genomu avian *C. abortus*, który reprezentowany jest przez trzy genotypy: G1, G2 oraz 1V, co umożliwi w przyszłości dokonanie kolejnych zmian w taksonomii.

Jak wiadomo, bakterie z rodzaju *Chlamydia* posiadają potencjał zoonotyczny. Przypadki zakażeń niektórymi gatunkami, np. *C. abortus* czy *C. psittaci*, były niejednokrotnie opisywane w literaturze. Dlatego też wraz z pojawianiem się ich nowych gatunków formułowane są hipotezy o ich zagrożeniu dla człowieka. W przypadku *C. gallinacea* nie można wykluczyć potencjału zoonotycznego, ponieważ we Francji wśród pracowników rzeźni, do której trafiały ptaki będące siewcami *C. gallinacea*, wystąpiły jednocześnie przypadki atypowego zapalenia płuc (20). Niemniej jednak potwierdzenie tego faktu wymaga dalszych badań w tym zakresie. Państwowy Zakład Higieny – Narodowy Instytut Zdrowia Publicznego w latach 2000–2011 raportował tylko 19 przypadków zakażeń *C. psittaci* u ludzi w Polsce. Chociaż w ostatnich latach w naszym kraju nie notowano zakażeń u ludzi, to nie można wykluczyć, że wiele z nich nie jest właściwie zdiagnozowanych i nie są w związku z tym raportowane. Dlatego też można zakładać, że dane te nie odzwierciedlają

**Ryc. 1.** Drzewo filogenetyczne obrazujące pozycję filogenetyczną avian *C. abortus* w powiązaniu z tropizmem do organizmu gospodarza



faktycznej sytuacji epidemiologicznej w tym zakresie w naszym kraju.

W ostatnim czasie pojawiły się liczne nowe doniesienia na temat występowania *Chlamydia* spp. u gadów. Pierwszy przypadek występowania chlamydiozy u gadów odnotowano w 1944 r. u wschodniej jaszczurki płotowej (*Sceloporus undulatus*; 21). Od tego czasu raportowano też przypadki siewstwa np. u pytonów, boa psiogłowego, żmii nosorogiej, kameleonów, krokodyli oraz żółwi należących do rodziny Testudinidae (22, 23, 24, 25, 26). Gatunkiem najczęściej stwierdzanym u gadów jest *C. pneumoniae*, ale wraz z rozwojem techniki genotypowania wykrywane są nowe, dotychczas niezidentyfikowane gatunki. Ostatnio opisano kolejne dwie jednostki ze statusem *candidatus*: *C. sanzinia* oraz *C. corallus*, których materiał genetyczny stwierdzono w materiale biologicznym pobranym od węży klatkowych (27, 28).

Badania żółwi, zarówno tych bytujących w środowisku naturalnym, jak również pochodzących z hodowli prywatnych lub ogrodów zoologicznych, prowadzone przez Państwowy Instytut Weterynaryjny – Państwowy Instytut Badawczy w Puławach, wykazały obecność dwóch genetycznie odmiennych *Chlamydia* spp. Jeden z nich to gatunek blisko spokrewniony z *C. pneumoniae*, natomiast drugi to zupełnie nowy, dotychczas nieopisany i wykazujący w pewnym stopniu podobieństwo filogenetyczne do *C. pecorum* (29). Należy podkreślić, że liczba egzotycznych gadów importowanych do Polski w ostatnich latach zdecydowanie wzrosła. Jednocześnie znaczna ich część z czasem trafia na wolność i staje się inwazyjnymi gatunkami (IAS), które oprócz zagrożenia dla ekosystemu, mogą stanowić zagrożenie dla zdrowia publicznego m.in. z uwagi na siewstwo groźnych patogenów takich jak np. *Chlamydia* spp. Egzotyczne gady importowane do Polski bardzo często są z czasem wypuszczane przez nieodpowiedzialnych hodowców do zbiorników wodnych (jezior, rzek) będących jednocześnie miejscem rekreacji dla człowieka. Doskonałym przykładem IAS jest np. żółw czerwonolicy (*Trachemys scripta elegans*), który oprócz tego, że w ekosystemie stał się zagrożeniem dla krajowego gatunku żółwia błotnego (*Emys orbicularis*), jest jednocześnie rezerwuarem *Chlamydia* spp.

Objawy kliniczne w przypadku wystąpienia chlamydiozy zarówno u zwierząt, jak i człowieka nie są patognomiczne, dlatego kluczowym elementem jest diagnostyka laboratoryjna. Złotym standardem w diagnostyce chlamydiozy są badania przy zastosowaniu techniki PCR, szczególnie przydatna w tym zakresie jest metoda real-time PCR. Materiałem do badań w przypadku zwierząt są próbki kałowe, a w przypadku ptaków wymazy ze steku. U zwierząt padłych badaniu poddaje się wycinki z ich narządów wewnętrznych. Należy pamiętać, że *Chlamydia* spp. są wrażliwe na działanie czynników środowiskowych, dlatego też jeżeli pobrany materiał ma posłużyć do izolacji bakterii na zarodkach kurzych lub w linii komórkowej, konieczne jest jego pobranie na specjalne podłoże transportowe, a próbkę należy przechowywać w warunkach chłodniczych i dostarczyć do laboratorium w ciągu 72 godzin od momentu pobrania. U zwierząt gospodarskich, takich jak bydło, małe przeżuwacze czy świnie,

istnieje możliwość wykonania badań serologicznych na obecność przeciwciał anty-*Chlamydia* spp. w surowicy. Z kolei w przypadku poronienia materiałem do badań mogą być wycinki łożyska lub narządów wewnętrznych od poronionych płodów.

Z uwagi na fakt, że chlamydie to patogeny bytujące wewnątrzkomórkowo, ich leczenie nie jest łatwe i wymaga zastosowania antybiotyków, np. tetracyklin. Nie ma możliwości zabezpieczenia zwierząt poprzez stosowanie szczepień ochronnych, ponieważ do tej pory nikt nie opracował skutecznej szczepionki.

## Piśmiennictwo

- Page L.A.: Revision of the family Chlamydiaceae Rickettsiales: unification of the psittacosis-lymphogranuloma venereum-trachoma group of organisms in the genus Chlamydia Jones, Rahe and Stearns 1945. *Int. J. Syst. Bacteriol.* 1966, **16**, 223–252.
- Grayston J.T.: *Chlamydia pneumoniae*, strain TWAR, *Chest* 1989, **95**, 664–669.
- Fukushi H., Hirai K.: Proposal of *Chlamydia pecorum* sp. nov. for Chlamydia strains derived from ruminants. *Int. J. Syst. Bacteriol.* 1992, **49**, 414–440.
- Everett K.D., Bush R.M., Andersen A.A.: Emended description of the order Chlamydiales, proposal of Parachlamydiaceae fam. nov. and Simkaniaceae fam. nov., each containing one monotypic genus, revised taxonomy of the family Chlamydiaceae, including a new genus and five new species, and standards for the identification of organisms. *Int. J. Syst. Bacteriol.* 1999, **49**, 415–40.
- Kuo C., Stephens R.S., Bavoil P.M., Kaltenboeck B. 2011.: Genus Chlamydia Jones, Rake and Stearns 1945, 55 in: Krieg N.R., Stanley J.T., Brown D.R., Hedlund B.P., Paster B.J., Ward N.L., Ludwig W., Whitman W.B. (Eds.), *Bergey's Manual of Systematic Bacteriology*, vol. 4, 2nd ed., Springer, Heidelberg, 846–865.
- Sachse K., Laroucau K., Riege K., Wehner S., Dilcher M., Creasy H.H.: Evidence for the existence of two new members of the family Chlamydiaceae and proposal of *Chlamydia avium* sp. nov. and *Chlamydia gallinacea* sp. nov. *Syst. Appl. Microbiol.* 2014, **37**, 79–88.
- Szymańska-Czerwińska M., Mitura A., Zaręba K., Schnee Ch., Koncicki A., Niemczuk K.: Poultry in Poland as Chlamydiaceae carrier. *J. Vet. Res.* 2017, **61**, 411–419.
- Guo W., Li J., Kaltenboeck B., Gong J., Fan W., Wang C.: *Chlamydia gallinacea*, not *C. psittaci*, is the endemic chlamydial species in chicken (*Gallus gallus*). *Sci. Rep.* 2016, **6**:19638.
- Zocovic A., Vorimore F., Marhold C., Horvatek D., Wang D., Slavec B., Prentza Z., Stavianis G., Prukner-Radovic E., Dovc A.: Molecular characterization of atypical Chlamydia and evidence of their dissemination in different European and Asian chicken flocks by specific real-time PCR. *Environ. Microbiol.* 2012, **14**, 2212–2222.
- Szymańska-Czerwińska M., Niemczuk K., Sachse K., Mitura A., Karpńska T.A., Reichert M.: Detection of a new non-classified chlamydia species in hens in Poland. *Bull. Vet. Inst. Pulawy* 2013, **57**, 25–28.
- Lagae S., Kalmar I., Laroucau K., Vorimore F., Vanrompay D.: Emerging *Chlamydia psittaci* infections in chickens and examination of transmission to humans. *J. Med. Microbiol.* 2014, **63**, 399–407.
- Li J., Guob W., Kaltenboeck B., Sachse K., Yanga Y., Lua G., Zhang J., Luana L., You J., Huang K., Qiua H., Wang Y., Lia M., Yange Z.: Wanga Ch. *Chlamydia pecorum* is the endemic intestinal species in cattle while *C. gallinacea*, *C. psittaci* and *C. pneumoniae* associate with sporadic systemic infection. *Vet. Microbiol.* 1996, **193**, 93–99.
- Szymańska-Czerwińska M., Mitura A., Niemczuk K., Zaręba K., Jodelko A., Pluta A., Scharf S., Vitek B., Aaziz R., Vorimore F., Laroucau K., Schnee Ch.: Dissemination and genetic diversity of chlamydial agents in Polish wildfowl: Isolation and molecular characterisation of avian *Chlamydia abortus* strains. *Plos One* 2017, **12**, 1–19.
- Piasecki T., Chrzastek K., Wieliczko A.: Detection and identification of *Chlamydia psittaci* in asymptomatic parrots in Poland. *BMC Vet. Res.* 2012, **8**, 2–6.
- Vorimore F., Hsia R.C., Huot-Creasy H., Bastian S., Deruyter L., Passet A.: Isolation of a new *Chlamydia* species from the Feral Sacred Ibis (*Threskiornis aethiopicus*): *Chlamydia ibidis*. *Plos One* 2013, **8**:e74823.
- Van Loock M., Vanrompay D., Herrmann B., Vander Stappen J., Volckaert G., Goddeeris B.M.: Missing links in the divergence of *Chlamydia abortus* from *Chlamydia psittaci*. *Int. J. Syst. Evol. Microbiol.* 2003, **53**, 761–70.
- Takahashi T., Masuda M., Tsuruno T., Mori Y., Takashima I., Hirahara T.: Phylogenetic analyses of *Chlamydia psittaci* strains from birds based on 16S rRNA gene sequence. *J. Clin. Microbiol.* 1997, **35**, 2908–2914.

18. Siarkou V.I., Stamatakis A., Kappas I., Hadweh P., Laroucau K.: Evolutionary relationships among *Chlamydophila abortus* variant strains inferred by rRNA secondary structure-based phylogeny. *Plos One* 2011, **6**, 1–19.
19. Pannekoek Y., Dickx V., Beeckman D.S., Jolley K.A., Keijzers W.C., Vretou E.: Multi locus sequence typing of Chlamydia reveals an association between *Chlamydia psittaci* genotypes and host species. *Plos One* 2010, **5**, 1–9.
20. Laroucau K., Vorimore F., Aaziz R., Berndt A., Schubert E., Sachse K.: Isolation of a new chlamydia agent from infected domestic poultry coincidence with cases of atypical pneumonia among slaughterhouse workers in France. *Infect. Genet. Evol.* 2009, **9**, 1240–1247.
21. Thompson P.E., Huff C.G.: Saurian malarial parasites of the United States and Mexico. *J. Infect. Dis.* 1944, **74**, 68–79.
22. Bodetti T.J., Jacobson E., Wan C., Hafner L., Pospischil A., Rose K.: Molecular evidence to support the expansion of the host range of *Chlamydophila pneumoniae* to include reptiles as well as humans, horses, koalas and amphibians. *Syst. Appl. Microbiol.* 2002, **25**, 146–152.
23. Frutos M.C., Monetti M.S., Re V.E., Cuffini C.G.: Molecular evidence of *Chlamydophila pneumoniae* infection in reptiles in Argentina. *Rev. Argent. Microbiol.* 2014, **46**: 45–48.
24. Jacobson E., Origgi F., Heard D., Detrisac C. Immunohistochemical staining of chlamydial antigen in emerald tree boas (*Corallus caninus*). *J. Vet. Diagn. Invest.* 2002, **14**, 487–494.
25. Huchzermeyer F.W., Gerdes G.H., Foggin C.M., Huchzermeyer K.D.A., Limper LC.: Hepatitis in farmed hatchling Nile crocodiles (*Crocodylus niloticus*) due to chlamydial infection. *J. S. Afr. Vet. Assoc.* 1994, **65**, 20–22.
26. Huchzermeyer F.W., Langelet E., Putterill J.F.: An outbreak of chlamydiosis in farmed Indopacific crocodiles (*Crocodylus porosus*). *J. S. Afr. Vet. Assoc.* 2008, **79**, 99–100.
27. Taylor-Brown A., Bachmann N.L., Borel N., Polkinghorne A.: Culture-independent genomic characterization of *Candidatus Chlamydia sanzinia*, a novel uncultivated bacterium infecting snakes. *BMC Genomics* 2016, **17**, 710.
28. Taylor Brown A., Spang L., Polkinghorne A.: Culture-independent metagenomics supports discovery of uncultivable bacteria within the genus Chlamydia. *Nature* 2018, 1–9.
29. Mitura A., Niemczuk K., Zaręba K., Zajac M., Laroucau K., Szymańska-Czerwińska M.: Free-living and captive turtles and tortoises as carriers of new *Chlamydia* spp. *Plos One* 2017, **12**, 1–15.

---

Dr hab. Monika Szymańska-Czerwińska,  
e-mail: monika.szymanska@piwet.pulawy.pl