

## РОЗПОВСЮДЖЕННЯ ТУБЕРКУЛЬОЗУ ПТИЦІ (ОГЛЯДОВА СТАТТЯ)

Замазій Андрій Анатолійович

доктор ветеринарних наук, професор  
Полтавський державний аграрний університет, м. Полтава, Україна  
ORCID: 0000-0003-3138-0424  
andrii.zamazii@pdau.edu.ua

Лівощенко Євгенія Михайлівна

кандидат ветеринарних наук, доцент  
Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна  
ORCID: 0000-0001-5826-4824  
evglivoshhenko@gmail.com

Лівощенко Олексій Ігорович

студент  
Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна  
ORCID: 0009-0006-4680-0099  
olexylivoshenko@gmail.com

В даній оглядовій роботі розглянуто актуальне питання захворювання птиці туберкульозом. Дане захворювання вважалося в Україні викорененим. З іншого боку поодинокі випадки захворювання птиці все ж зустрічається. Це можна пояснити в зв'язку з воєнними діями в Україні та тим що *Mycobacterium avium* постійно циркулює серед дикої птиці. Актуальність даного питання підтверджується, ще і тим що цим захворюванням боліють не тільки птиця але воно є контагіозним і для людей. У 2022 році підозру у захворювання птиці на туберкульоз виявляли здебільшого у частому секторі і серед невеличких підприємств. Причиною випадків захворювання птиці на туберкульоз було недотримання санітарних норм, недостатня або відсутня дезінфекція приміщень. Використання відкритих годівниць і водопоїв, сприяло контакту домашньої птиці із дикими птахами які є носіями *Mycobacterium avium*. Відсутність вакцинації птиці за різних причин. При захворюванні птиці на туберкульоз у неї знижується несучість на 30–50%, зменшення м'ясної продуктивності, при збільшенні витрати на корм. При розтині птиці спостерігаються патологоанатомічні зміни в легенях, селезінці, лімфатичних вузлах. Морфологічними та біологічними особливостями збудника є те що *Mycobacterium avium* є кислотостійкою, нерухомою, грам-позитивною паличкою розміром 0,2–0,5 × 1,0–4,0 мкм. Її клітинна стінка містить високу концентрацію ліпідів, які забезпечують стійкість до дезінфектантів і впливу зовнішнього середовища. Збудник є облигатним аеробом, який активно розмножується при температурі 37–42°C. Оптимальний рН середовища для росту становить 6,0–7,0. Бактерія здатна зберігати життєздатність у ґрунті, воді, підстилці та на поверхнях протягом 2 років. Бактерія нечутлива до більшості стандартних дезінфектантів. Факторами патогенності є стійкість до фагоцитозу, завдяки чому бактерія зберігається в макрофагах, викликаючи хронічне запалення. Основними шляхами поширення інфекції в умовах приватних господарств є фекально-оральний шлях який відбувається через викид збудника через фекалії хворих птахів. Умови поганої гігієни сприяють контамінації води, корму та підстилки. Проблеми своєчасної діагностики у приватних господарствах є відсутність доступу до сучасних методів, відсутнє обладнання для молекулярно-генетичної діагностики. Найчутливішими методами діагностики є ПЛР, гістологічний аналіз і мікробіологічні дослідження. Профілактичні заходи включають дезінфекцію, ізоляцію хворих птахів, контроль умов утримання та вакцинацію.

**Ключові слова:** туберкульоз, птиця, птахівництво, ветеринарія, діагностика, профілактика.

DOI <https://doi.org/10.32782/bsnau.vet.2024.4.3>

**Вступ.** Туберкульоз птиці, зокрема курей *Mycobacterium avium*, залишається однією з важливих проблем у птахівництві, особливо в умовах приватних господарств України. Це захворювання не тільки призводить до значних економічних збитків, але й має потенційне зоонозне значення, загрожуючи здоров'ю людини. В умовах сучасного птахівництва, де зростає щільність поголів'я, а контроль за станом здоров'я птиці у приватному секторі залишається недостатнім, питання профілактики, діагностики та боротьби з туберкульозом набуває особливої актуальності. Туберкульоз птиці,

викликається мікроорганізмом *Mycobacterium avium*, та є хронічним захворюванням, яке характеризується формуванням гранульом у різних органах, порушенням імунної системи, втратою продуктивності та високою смертністю. Хоча це захворювання зустрічається рідше в інтенсивному птахівництві через суворий ветеринарний контроль, у приватних господарствах, де контроль гігієни, профілактичних заходів та діагностики часто обмежений, ризик поширення залишається значним (Algammal, et al., 2021; Falkinham J. O., 2003; Gomes, M. S., et al., 1999; Graham, L., Jr, et al., 1988; Kriz, P., et al., 2013).

Епідеміологічна ситуація в Україні наступна, приватні господарства становлять значну частину птахівництва в Україні, забезпечуючи близько 35–40% продукції яєць і м'яса птиці. За даними звітів ветеринарних служб, у 2022 році було зафіксовано понад 120 випадків підозри на туберкульоз у курей у різних регіонах України, причому понад 70% із них стосувалися невеликих приватних господарств (Держпродспоживслужба, 2023).

Основними факторами поширення в приватних господарствах є недотримання санітарних норм і недостатня дезінфекція приміщень. Використання відкритих годівниць і водопоїв, що сприяє контакту курей із дикими птахами які є носіями *Mycobacterium avium* також спостерігається відсутність або недостатня вакцинація птиці через фінансові чи інформаційні обмеження власників домогосподарств. Ця проблема ускладнюється високою стійкістю збудника до дезінфектантів і здатністю *Mycobacterium avium* зберігатися в зовнішньому середовищі а саме в ґрунті, воді та підстилці до 2 років, що забезпечує тривале джерело інфекції навіть після видалення хворої птиці з домогосподарства (Fukano, H., et al., 2018; Miltner, E., et al., 2005; Shoulah, S. A., et al., 2018). Значення захворювання у птахівництві, туберкульоз птиці має кілька аспектів епідеміологічної серед яких вплив на продуктивність, у хворих курей знижується несучість на 30–50%. Відмічається втрата м'язової маси, захворювання призводить до значного зменшення м'ясної продуктивності, при цьому збільшуються витрати на корм через погіршення засвоєння поживних речовин організмом птахів. (Miltner, E., et al., 2005; Shoulah, S. A., et al., 2018).

Способами поширення серед птахів є передача збудника через контакт із фекаліями, водою, кормом, а також повітряно-крапельним шляхом. (Bannantine, J. P., et al., 2002). Дикі птахи, зокрема голуби, горобці, ворони, можуть бути резервуаром інфекції (Blanchard, J. D., et al., 2018), потрапляючи у контакт із курьми у приватних господарствах Bannantine, J. P., et al., 2010; Barratt-Boyes S. M. (2012). Хоча *Mycobacterium avium* рідко викликає захворювання у людей із нормальною імунною системою, у групах ризику є люди похилого віку, діти, пацієнти з імунодефіцитом для них ризик інфікування є реальним. Передача інфекції може здійснюватися через безпосередній контакт із хворими птахами або їхніми продуктами (Bannantine, J. P., et al., 2002; Bannantine, J. P., et al., 2003; Berry, D., et al., 2010; Cromie, R. L., et al., 2000; Erf, G. F., et al., 2016; Gray, P. L., et al., 2008; Hilda, J. N., et al., 2020). Впливом на екологічну стійкість господарства є забруднення ґрунту та води внаслідок виділення *Mycobacterium avium* призводить до тривалого збереження інфекційного агента у середовищі. Також поширення інфекції серед домашніх і диких птахів ускладнює епідеміологічний контроль. Епідеміологічна ситуація у приватних господарствах України свідчить про необхідність посилення ветеринарного нагляду, впровадження сучасних методів діагностики та підвищення обізнаності власників птиці щодо ризиків і профілактики туберкульозу.

**Мета дослідження.** Визначити основні анатомо-фізіологічні, мікробіологічні та епідеміологічні особливості

туберкульозу курей у приватних господарствах України, а також розробити рекомендації для профілактики та контролю цього захворювання.

**Завдання дослідження.** Завданням є вивчити поширення туберкульозу серед курей у різних регіонах України, зокрема в умовах приватних господарств. А також оцінити вплив умов утримання на частоту виникнення захворювання. Дослідити анатомічні та мікробіологічні особливості туберкульозу курей такі як зміни в легенях, селезінці, лімфатичних вузлах, провести ідентифікацію *Mycobacterium avium* за допомогою бактеріологічного і молекулярно-генетичного методів. Ціллю також є вивчити епідеміологічні аспекти передавання збудника між домашніми і дикими птахами, проаналізувати ефективність сучасних методів профілактики: дезінфекції, вакцинації, ізоляції інфікованої птиці. Розробити практичні рекомендації для приватних господарств щодо зниження ризику поширення туберкульозу.

**Результати дослідження.** Загальні відомості про туберкульоз у курей туберкульоз курей, спричинений *Mycobacterium avium*, є хронічним інфекційним захворюванням, яке призводить до значних економічних втрат у птахівництві. Це захворювання характеризується утворенням гранулом у різних органах, порушенням обміну речовин і прогресуючим виснаженням організму (Akapelwa, M. L., et al., 2021; Вах, Н. І., et al., 2016; Carazo-Fernández, L., et al., 2022).

Етіологія захворювання та характеристика *Mycobacterium avium*, збудник належить до комплексу *Mycobacterium avium-intracellulare* (MAC), який включає кілька патогенних видів, здатних інфікувати птахів, ссавців і людей (Kaczmarekowska, A., et al., 2022; Kolb, J., et al., 2014; Lande, L., et al., 2018; Matern, W. M., et al., 2018; Maurer, F. P., et al., 2019; Nishimura, T., et al., 2020; Shin, M. K., et al., 2021; Suzuki, A. E., et al., 1994; Thegerström, J., et al., 2012; Wetzstein, N., et al., 2024; Whiley, et al., 2012;).

Морфологічними та біологічними особливостями збудника є те що *Mycobacterium avium* є кислотостійкою, нерухомою, грам-позитивною паличкою розміром  $0,2\text{--}0,5 \times 1,0\text{--}4,0$  мкм. Її клітинна стінка містить високу концентрацію ліпідів, які забезпечують стійкість до дезінфектантів і впливу зовнішнього середовища. Збудник є облигатним аеробом, який активно розмножується при температурі  $37\text{--}42^\circ\text{C}$ . Оптимальний рН середовища для росту становить  $6,0\text{--}7,0$  (Doucet-Populaire, F., et al., 1998; et al., Ferro, B. E., et al., 2015; Rónai, Z., et al., 2016; Rossi, L., et al., 2004; Sohal, J. S., et al., 2007).

Стійкість у зовнішньому середовищі мікроорганізму *M. Avium* полягає в тому що вона здатна зберігати життєздатність у ґрунті, воді, підстилці та на поверхнях протягом 2 років. Бактерія нечутлива до більшості стандартних дезінфектантів, але чутлива до хлороформу та спиртів за тривалого контакту (Leite F. L., 2015; Meissner, G., et al., 1977; Oggioni, M. R., et al., 1995; Salamatian, I., et al., 2020; Shitaye, J. E., et al., 2008; Tran, Q. T., et al., 2014; Turenne, C. Y., et al., 2007; Zhu, D. K., et al., 2016).

Факторами патогенності є стійкість до фагоцитозу, завдяки чому бактерія зберігається в макрофагах, викли-

каючи хронічне запалення. Відбувається утворення гранульом для ізоляції інфекційного агента, що ускладнює імунну відповідь (Soetaert, K., et al., 2017; Uchiya, K. I., et al., 2018).

Основними шляхами поширення інфекції в умовах приватних господарств є фекально-оральний шлях який відбувається через викид збудника через фекалії хворих птахів. Умови поганої гігієни сприяють контамінації води, корму та підстилки (Uchiya, K. I., et al., 2018; Wheat, W. H., et al., 2014).

Збудник при цьому проникає в організм через шлунково-кишковий тракт. Також можливий контактний шлях через безпосередній контакт із хворими курями або зараженим обладнанням. В умовах високої щільності утримання птахів інфекція швидко поширюється серед стада (Abdellrazeq, G. S., et al., 2020; Ignatov, D., et al., 2012; Mattoo R., 2021; Palacios, A., et al., 2019; Pidot, S. J., et al., 2010; Zhang, Z., et al., 2016). У меншості випадків збудник передається через інгаляцію аерозолів із частинками пилу або фекалій, це особливо актуально для закритих приміщень із поганою вентиляцією. Дикі птахи такі як голуби, горобці та інші є природними резервуарами інфекції, які можуть передавати її через контакт або забруднення корму та води. Можливі також інші чинники поширення такі як використання зараженої підстилки або необроблених кормових добавок. Або через трансмісію через яйця, але цей метод вважається малоімовірним через низький рівень вертикального передавання (Palacios, A., et al., 2019).

Чутливість курей до *Mycobacterium avium* зумовлені генетичними, фізіологічними та екологічними факторами. Генетичні фактори у курей окремих ліній або порід вважають більш чутливими до інфекції через особливості імунної системи. Наприклад, кури леггорн демонструють меншу стійкість до туберкульозу порівняно з м'ясними породами (Agrawal, et al., 2014; Appelberg R., 2006; Arikawa, K., et al., 2019; Bermudez L. E., 1994; Corner, L. A., et al., 2012; Danelishvili, L., et al., 2014; Dirac, M. A., et al., 2013; Flaherty, D. K., et al., 2006; Gordon, S. V., et al., 2018; Grange, J. M., et al., 1990; Hall, T. J., et al., 2024; Kirubakar, G., et al., 2020; Manning E. J., 2001; McNabe, M., et al., 2011; Rindi, L., et al., 2014; Sangari, F. J., et al., 1999; Schrenzel, M., et al., 2008; Semret, M., et al., 2004; Sion, C., et al., 1999; Sun, L., et al., 2021; Toba, H., et al., 1989; Whittington, R. J., et al., 2012; Yamazaki, Y., et al., 2006). Генетична селекція може знижувати сприйнятливість, але її ефективність обмежена через складність передачі імунітету до туберкульозу у спадок. Фізіологічні фактори, оскільки стан імунної системи відіграє вирішальну роль. Ослаблені птахи, наприклад ті, що пережили стрес, мають підвищену сприйнятливості до інфекції. Також молодняк і старі кури є найбільш чутливими через недосконалість або ослаблення імунітету. Екологічні фактори можуть бути наступними, погані умови утримання, висока щільність поголів'я, недостатня вентиляція, антисанітарія що в свою чергу збільшує ризик інфікування. Важливу роль відіграє й висока вологість у приміщеннях, яка сприяє виживанню бактерії, особливо в підстилці та воді.

Первинними змінами в органах та тканинах є ураження легеневої системи. Легені стають основною мішенню для збудника при аерогенному інфікуванні. Гістологічно виявляються туберкульозні гранульоми з центральним некрозом, оточені макрофагами та гігантськими клітинами типу Ланганса (Kravitz, A., et al., 2021; American Academy of Microbiology, 2007; Rónai, Z., et al., 2015). У важких випадках розвивається легеневий фіброз, що значно знижує дихальну функцію. Відмічаються зміни у лімфатичній системі та селезінці, лімфатичні вузли значно збільшуються, стають ущільненими. У селезінці спостерігається множинне утворення гранульом, що призводить до порушення її функцій у кровотворенні та імунній відповіді.

Захворювання впливає на метаболізм курей, порушується білковий обмін, знижується синтез білків плазми, включаючи альбуміни, що призводить до гіпопротеїнемії. Відмічається підвищена деградація тканинного білка через активацію катаболічних шляхів унаслідок хронічного запалення. Відбувається порушення ліпідного обміну, активація ліполізу для забезпечення енергетичних потреб у стані хронічного захворювання. Спостерігається накопичення ліпідів у макрофагах гранульом, що є характерною рисою туберкульозного запалення. Порушення вуглеводного обміну, зниження рівня глюкози в крові через активацію імунної відповіді та енергетичні витрати.

Імунологічна резистентність характеризується дисбалансом між Т-хелперами типу 1 і типу 2 (Th1/Th2), що призводить до неадекватної імунної відповіді, що в свою чергу виснажує макрофаги та лімфоцити (Gonzalo-Asensio, J., et al., 2017; Hamilton, L. A., et al., 2018; Horsburgh, C. R., Jr, et al., 1986; Huang, L., et al., 2019; Kanabalan, R. D., et al., 2021; Kiran, D., et al., 2016).

Макроскопічні та мікроскопічні зміни в органах наступні, при макроскопічному аналізі можна помітити наявність множинних біло-жовтих вузликів (гранульом) у легенях, печінці, селезінці, лімфатичних вузлах, некроз центральної частини гранульом із казеозним розпадом. А мікроскопічно можна помітити центральний некроз із утворенням кальцинатів, оточення гранульом макрофагами, гігантськими клітинами та лімфоцитами з виснаженням кровотворних центрів у селезінці.

Характеристика *Mycobacterium avium* її структура, стійкість до зовнішніх факторів. Морфологічними та фізіологічними властивостями *Mycobacterium avium* є її належність до грам-позитивних кислотостійких бактерій. Завдяки високому вмісту міколевих кислот у клітинній стінці вона стійка до дії кислот, лугів та інших агресивних хімічних агентів. Збудник має розмір 0,2–0,5 × 1,0–4,0 мкм, відзначається повільним ростом на живильних середовищах, формуючи колонії через 2–3 тижні. Оптимальними умовами росту є температура 37–42°C, та аеробне середовище (Crilly, N. P., et al., 2021; Fröberg, G., et al., 2023; Griffith D. E., 2018; Hermon-Taylor, J., et al., 2000; Inderlied, C. B., et al., 1993; Jones, A., et al., 2020).

У ґрунті бактерія зберігає життєздатність до 2 років. У воді *M. avium* може виживати понад 1 рік, особливо в умовах низької температури. Бактерія нечутлива до

багатьох дезінфектантів, але знищується під дією 5% розчину фенолу або йоду протягом 15 хвилин (Ferro, B. E., et al., 2015; Rónai, Z., et al., 2016; Rossi, L., et al., 2004; Sohal, J. S., et al., 2007).

Фактори патогенності наступні, висока стійкість до фагоцитозу, бактерія виживає та розмножується в макрофагах. Формування гранульом забезпечує тривале збереження збудника в організмі, що ускладнює лікування.

Розглянемо основні методи ідентифікації патогену, найпопулярнішим є бактеріологічний аналіз, в ході якого збудник вирощують на спеціалізованих живильних середовищах, таких як середовище Левенштейна-Йенсена або середовище Дюбоса. Посів здійснюють із тканин, уражених гранульомами мими можуть слугувати селезінка, печінка та легені. Первинний ріст колоній може тривати до 21–28 днів через повільний метаболізм збудника. Мікроскопічний аналіз включає в собі фарбування за Цілем-Нільсеном, яке дозволяє виявити кислотостійкі палички. Вони мають червоний колір на синьому фоні. При цьому використання електронної мікроскопії забезпечує деталізацію структури клітинної стінки. Молекулярно-генетичні методи, або ПЛР (полімеразна ланцюгова реакція), використовуються для швидкої ідентифікації *M. avium* шляхом ампліфікації специфічних послідовностей ДНК. Цей метод забезпечує високу чутливість і специфічність (Klanicova- Huang, L., Zalewska, B., et al., 2014; Motamedi, N., et al., 2014; Orme I. M., 1993; Sakamoto K., 2012; Sohal, J. S., et al., 2010; Stevenson K., 2015; Thegerström, J., et al., 2005). Також можливе секвенування геному, це використовується для детального аналізу генетичних характеристик і виявлення штамів, стійких до антибіотиків. Існують також імунологічні методи, до них відносять, використання шкірних проб із туберкульозом це дозволяє оцінити імунну відповідь організму на контакт із збудником, або можна застосувати ензим-імунний аналіз (EIA) для виявлення антитіл до *M. Avium*.

Клінічні прояви та діагностика туберкульозу у курей спостерігаються задишка, хрипи, зниження фізичної активності. У тяжких випадках розвивається ціаноз через недостатнє насичення крові киснем. Спостерігаються загальні ознаки виснаження такі як втрата маси тіла через зниження апетиту та порушення обміну речовин, зменшення несучості до 50% у хронічній формі захворювання. Відмічається порушення травлення, діарея через ураження кишечника, що спричиняє втрату рідини й електролітів. Жовтуваті фекалії з домішками слизу є характерним симптомом.

Проблеми своєчасної діагностики у приватних господарствах є відсутність доступу до сучасних методів. У приватних господарствах часто відсутнє обладнання для молекулярно-генетичної діагностики. Недостатня кваліфікація персоналу ускладнює вчасне виявлення захворювання. Також чамте ігнорування клінічних симптомів, багато власників не звертають увагу на ранні ознаки захворювання, що сприяє його поширенню. Не слід забувати про економічні фактори, діагностичні процедури можуть бути фінансово недоступними для малих господарств.

Ефективний контроль і профілактика туберкульозу у курей базуються на комплексному підході, який включає дотримання гігієнічних норм, організацію карантинних заходів, удосконалення системи вакцинації та посилення ветеринарного контролю. Особливу увагу необхідно приділити приватним господарствам, де ризики поширення інфекції значно зростають через відсутність регламентованого нагляду.

Дезінфекція та гігієнічні заходи в господарствах є дуже важливими оскільки регулярна дезінфекція приміщень є основним методом знищення *Mycobacterium avium* у навколишньому середовищі. Використання хлорвмісних препаратів 0,5–2% розчин гіпохлориту натрію або фенольних дезінфектантів забезпечує високу ефективність (Soetaert, K., et al., 2017; Uchiya, K. I., et al., 2018; Wheat, W. H., et al., 2014). При цьому підстилку та залишки корму необхідно регулярно замінювати, а забруднену підстилку спалювати.

Контамінація води є одним із головних шляхів поширення інфекції. Рекомендується використовувати закриті поїлки та регулярно їх очищати за допомогою йодофосфатів або хлорофосфатів. Корми слід зберігати у закритих приміщеннях, щоб уникнути контакту з дикими птахами. Регулярний моніторинг санітарного стану приміщень та кормів із застосуванням мікробіологічного аналізу дозволяє виявити ризики контамінації. Робочий персонал повинен дотримуватися гігієнічних норм, використовувати захисний одяг, дезінфікувати руки та взуття перед входом у пташник.

Організація карантинних заходів, обмеження контактів із дикими птахами, становлення сітчастих огорож для запобігання контакту домашньої птиці з дикими птахами, використання закритих годівниць і поїлок.

Новопридбаних курей необхідно утримувати в окремих приміщеннях протягом 14–21 днів для виявлення можливих симптомів захворювання (Doucet-Populaire, F., et al., 1998; et al., Rossi, L., et al., 2004; Sohal, J. S., et al., 2007).

Використання інкубаторів із контрольованими умовами значно знижує ризик інфекції, ніж природне виведення під квочкою. Також регулярний моніторинг здоров'я поголів'я, ветеринарні обстеження для виявлення ознак туберкульозу мають проводитися щоквартально.

Важливою є вакцинація, оскільки вакцини проти туберкульозу птахів знаходяться на стадії розробки. Більшість досліджень фокусується на використанні атенуованих штамів *Mycobacterium avium*. Перспективними є ДНК-вакцини, які забезпечують активацію клітинного імунітету (Inglis, N., et al., 1999; Klanicova, B., et al., 2011; Lin, C. S., et al., 2015; Miltner, E. C., et al., 2000; Tadesse, S., et al., 2003; Todd, T., et al., 2016; Weiss, D. J., et al., 2008).

Дослідження у Європі показали, що введення вакцини на основі штаму BCG знижує смертність серед курей на 40–60%, але не забезпечує повного захисту. Поєднання вакцини з пробіотиками демонструє покращення імунної відповіді (Cannalire, R., et al., 2017; Danelishvili, L., et al., 2004; el-Zaatari, F. A., et al., 1996; Touray, B. J. B., et al., 2023), висока вартість виробництва вакцин і необхідність

багаторазового введення обмежують їх впровадження в умовах приватних господарств. При цьому існує ризик латентного перенесення в організмі навіть після вакцинації, що вимагає подальших досліджень.

**Висновки.** Туберкульоз курей, спричинений *Mycobacterium avium*, залишається складною епідеміологічною та ветеринарною проблемою, особливо в умовах приватних господарств. Це захворювання впливає на продуктивність птиці, санітарно-гігієнічний стан господарств і має потенційне зоонозне значення. *Mycobacterium avium* є кислостійкою бактерією, що відзначається високою стійкістю до зовнішніх факторів до 2 років у ґрунті та воді. Збудник має здатність до виживання в макрофагах. Основними шляхами передачі є фекально-оральний та контактний. Дикі птахи, вода, ґрунт і корми є важливими резервуарами збудника. Погані санітарно-гігієнічні умови в приватних господарствах значно підвищують ризик інфікування.

Туберкульоз викликає ураження легенів, лімфатичних вузлів, селезінки та печінки з утворенням гранульом із некротичним центром. Захворювання супроводжується порушенням білкового, ліпідного та вуглеводного обмінів, що призводить до виснаження курей.

Найчутливішими методами діагностики є ПЛР, гістологічний аналіз і мікробіологічні дослідження. Профілактичні заходи включають дезінфекцію, ізоляцію хворих птахів, контроль умов утримання та вакцинацію.

**Рекомендації для приватних господарств.** Забезпечення належної вентиляції та освітлення у приміщеннях для зниження вологості та підтримання оптимальної температури 18–22°C. Регулярна заміна підстилки та очищення годівниць і поїлок. Використання закритих годівниць для зменшення контакту з дикими птахами.

Своєчасна діагностика та ізоляція хворих птахів. Проведення туберкулінових проб для раннього виявлення інфікованих курей. Ізоляція або знищення хворих птахів, щоб запобігти поширенню інфекції. Регулярний моніторинг санітарного стану господарства ветеринарними службами. Дезінфекція та боротьба з контамінацією середовища, використання хлорвмісних препаратів і фенольних розчинів для обробки приміщень, спалювання зараженої підстилки та залишків корму, контроль якості води та запобігання її забрудненню фекаліями. Розглянути можливість впровадження експериментальних вакцин проти *M. avium*. Поєднання вакцинації з пробіотиками для підвищення імунного захисту. Проведення семінарів і розробка доступних інформаційних матеріалів щодо профілактики туберкульозу, стимулювання власників до впровадження біозахисних заходів.

**Перспективи досліджень.** Дослідження нових вакцин на основі ДНК та білкових компонентів для активації специфічного клітинного імунітету. Вивчення комбінованих вакцин, які могли б одночасно захищати від кількох патогенів. Вивчення механізмів резистентності *Mycobacterium avium* до антибіотиків і дезінфектантів. Аналіз генетичних варіацій у штаммах, що циркулюють у різних регіонах. Епідеміологічний моніторинг, проведення довгострокових досліджень поширення туберкульозу серед домашніх і диких птахів в Україні. Розробка регіональних програм моніторингу з урахуванням локальних особливостей господарств. Вдосконалення швидких і чутливих тест-систем для виявлення *M. avium* у польових умовах. Вивчення перспектив використання нанотехнологій у діагностиці туберкульозу. Оцінка ризиків передачі збудника між птахами, іншими тваринами та людьми. Дослідження ролі диких птахів як резервуарів інфекції.

#### **Бібліографічні посилання:**

1. Abdellrazeq, G. S., Mahmoud, A. H., Park, K. T., Fry, L. M., Elnaggar, M. M., Schneider, D. A., Hulubei, V., & Davis, W. C. (2020). *relA* is Achilles' heel for mycobacterial pathogens as demonstrated with deletion mutants in *Mycobacterium avium* subsp. *paratuberculosis* and *mycobacterium bovis* bacillus Calmette-Guérin (BCG). *Tuberculosis* (Edinburgh, Scotland), 120, 101904. <https://doi.org/10.1016/j.tube.2020.101904>.
2. Agrawal, G., Borody, T. J., & Chamberlin, W. (2014). 'Global warming' to *Mycobacterium avium* subspecies *paratuberculosis*. *Future microbiology*, 9 (7), 829 – 832. <https://doi.org/10.2217/fmb.14.52>.
3. Akapelwa, M. L., Kapalamula, T. F., Ouchi-Aizu, Y., Hang'ombe, B. M., Nishiuchi, Y., Gordon, S. V., Solo, E. S., Tamaru, A., Nishimura, T., Hasegawa, N., Morimoto, K., Fukushima, Y., Suzuki, Y., & Nakajima, C. (2021). Evaluation of IS1245 LAMP in *Mycobacterium avium* and the influence of host-related genetic diversity on its application. *Diagnostic microbiology and infectious disease*, 101 (4), 115494. <https://doi.org/10.1016/j.diagmicrobio.2021.115494>
4. Algammal, A. M., Hashem, H. R., Al-Otaibi, A. S., Alffifi, K. J., El-Dawody, E. M., Mahrous, E., Hetta, H. F., El-Kholy, A. W., Ramadan, H., & El-Tarabili, R. M. (2021). Emerging MDR-*Mycobacterium avium* subsp. *avium* in house-reared domestic birds as the first report in Egypt. *BMC microbiology*, 21(1), 237. <https://doi.org/10.1186/s12866-021-02287-y>.
5. Appelberg R. (2006). Pathogenesis of *Mycobacterium avium* infection: typical responses to an atypical mycobacterium?. *Immunologic research*, 35(3), 179–190. <https://doi.org/10.1385/IR:35:3:179>.
6. Arikawa, K., Ichijo, T., Nakajima, S., Nishiuchi, Y., Yano, H., Tamaru, A., Yoshida, S., Maruyama, F., Ota, A., Nasu, M., Starkova, D. A., Mokrousov, I., Narvskaya, O. V., & Iwamoto, T. (2019). Genetic relatedness of *Mycobacterium avium* subsp. *hominissuis* isolates from bathrooms of healthy volunteers, rivers, and soils in Japan with human clinical isolates from different geographical areas. *Infection, genetics and evolution : journal of molecular epidemiology and evolutionary genetics in infectious diseases*, 74, 103923. <https://doi.org/10.1016/j.meegid.2019.103923>.
7. Bannantine, J. P., & Stabel, J. R. (2002). Killing of *Mycobacterium avium* subspecies *paratuberculosis* within macrophages. *BMC microbiology*, 2, 2. <https://doi.org/10.1186/1471-2180-2-2>.
8. Bannantine, J. P., & Talaat, A. M. (2010). Genomic and transcriptomic studies in *Mycobacterium avium* subspecies *paratuberculosis*. *Veterinary immunology and immunopathology*, 138(4), 303–311. <https://doi.org/10.1016/j.vetimm.2010.10.008>.

9. Bannantine, J. P., Baechler, E., Zhang, Q., Li, L., & Kapur, V. (2002). Genome scale comparison of *Mycobacterium avium* subsp. *paratuberculosis* with *Mycobacterium avium* subsp. *avium* reveals potential diagnostic sequences. *Journal of clinical microbiology*, 40 (4), 1303–1310. <https://doi.org/10.1128/JCM.40.4.1303-1310.2002>.
10. Bannantine, J. P., Zhang, Q., Li, L., & Kapur, V. (2003). Genomic homogeneity between *Mycobacterium avium* subsp. *avium* and *Mycobacterium avium* subsp. *paratuberculosis* belies their divergent growth rates. *BMC microbiology*, 3, 10. <https://doi.org/10.1186/1471-2180-3-10>.
11. Barratt-Boyes S. M. (2012). Comparative immunology, microbiology and infectious diseases. Introduction. *Comparative immunology, microbiology and infectious diseases*, 35(3), 217–218. <https://doi.org/10.1016/j.cimid.2012.01.008>.
12. Bax, H. I., Bakker-Woudenberg, I. A., Ten Kate, M. T., Verbon, A., & de Steenwinkel, J. E. (2016). Tigecycline Potentiates Clarithromycin Activity against *Mycobacterium avium* In Vitro. *Antimicrobial agents and chemotherapy*, 60 (4), 2577–2579. <https://doi.org/10.1128/AAC.02864-15>.
13. Bermudez L. E. (1994). Effect of ethanol on the interaction between the macrophage and *Mycobacterium avium*. *Alcohol (Fayetteville, N.Y.)*, 11(2), 69–73. [https://doi.org/10.1016/0741-8329\(94\)90046-9](https://doi.org/10.1016/0741-8329(94)90046-9).
14. Berry, D., Horn, M., Xi, C., & Raskin, L. (2010). *Mycobacterium avium* infections of *Acanthamoeba* strains: host strain variability, grazing-acquired infections, and altered dynamics of inactivation with monochloramine. *Applied and environmental microbiology*, 76 (19), 6685–6688. <https://doi.org/10.1128/AEM.00644-10>.
15. Blanchard, J. D., Elias, V., Cipolla, D., Gonda, I., & Bermudez, L. E. (2018). Effective Treatment of *Mycobacterium avium* subsp. *hominissuis* and *Mycobacterium abscessus* Species Infections in Macrophages, Biofilm, and Mice by Using Liposomal Ciprofloxacin. *Antimicrobial agents and chemotherapy*, 62 (10), e00440-18. <https://doi.org/10.1128/AAC.00440-18>.
16. Cannalire, R., Machado, D., Felicetti, T., Santos Costa, S., Massari, S., Manfroni, G., Barreca, M. L., Tabarrini, O., Couto, I., Viveiros, M., Sabatini, S., & Cecchetti, V. (2017). Natural isoflavone biochanin A as a template for the design of new and potent 3-phenylquinolone efflux inhibitors against *Mycobacterium avium*. *European journal of medicinal chemistry*, 140, 321–330. <https://doi.org/10.1016/j.ejmech.2017.09.014>.
17. Carazo-Fernández, L., González-Cortés, C., López-Medrano, R., Díez-Tascón, C., Marcos-Benavides, M. F., & Rivero-Lezcano, O. M. (2022). *Mycobacterium avium* complex infected cells promote growth of the pathogen *Pseudomonas aeruginosa*. *Microbial pathogenesis*, 166, 105549. <https://doi.org/10.1016/j.micpath.2022.105549>.
18. Corner, L. A., & Gormley, E. (2012). Mycobacterial infections in multiple species: implications for diagnosis and control. *Veterinary journal (London, England : 1997)*, 191(2), 141–142. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2011.08.021>.
19. Crilly, N. P., Ayeh, S. K., & Karakousis, P. C. (2021). The New Frontier of Host-Directed Therapies for *Mycobacterium avium* Complex. *Frontiers in immunology*, 11, 623119. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2020.623119>
20. Cromie, R. L., Ash, N. J., Brown, M. J., & Stanford, J. L. (2000). Avian immune responses to *Mycobacterium avium*: the wildfowl example. *Developmental and comparative immunology*, 24(2-3), 169–185. [https://doi.org/10.1016/S0145-305X\(99\)00071-3](https://doi.org/10.1016/S0145-305X(99)00071-3)
21. Danelishvili, L., Poort, M. J., & Bermudez, L. E. (2004). Identification of *Mycobacterium avium* genes up-regulated in cultured macrophages and in mice. *FEMS microbiology letters*, 239(1), 41–49. <https://doi.org/10.1016/j.femsle.2004.08.014>
22. Danelishvili, L., Stang, B., & Bermudez, L. E. (2014). Identification of *Mycobacterium avium* genes expressed during in vivo infection and the role of the oligopeptide transporter OppA in virulence. *Microbial pathogenesis*, 76, 67–76. <https://doi.org/10.1016/j.micpath.2014.09.010>.
23. Danelishvili, L., Wu, M., Stang, B., Harriff, M., Cirillo, S. L., Cirillo, J. D., Bildfell, R., Arbogast, B., & Bermudez, L. E. (2007). Identification of *Mycobacterium avium* pathogenicity island important for macrophage and amoeba infection. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 104(26), 11038–11043. <https://doi.org/10.1073/pnas.0610746104>.
24. Dirac, M. A., Weigel, K. M., Yakrus, M. A., Becker, A. L., Chen, H. L., Fridley, G., Sikora, A., Speake, C., Hilborn, E. D., Pfaller, S., & Cangelosi, G. A. (2013). Shared *Mycobacterium avium* genotypes observed among unlinked clinical and environmental isolates. *Applied and environmental microbiology*, 79 (18), 5601–5607. <https://doi.org/10.1128/AEM.01443-13>.
25. Doucet-Populaire, F., Capobianco, J. O., Zakula, D., Jarlier, V., & Goldman, R. C. (1998). Molecular basis of clarithromycin activity against *Mycobacterium avium* and *Mycobacterium smegmatis*. *The Journal of antimicrobial chemotherapy*, 41(2), 179–187. <https://doi.org/10.1093/jac/41.2.179>.
26. el-Zaatari, F. A., Naser, S. A., Markesich, D. C., Kalter, D. C., Engstand, L., & Graham, D. Y. (1996). Identification of *Mycobacterium avium* complex in sarcoidosis. *Journal of clinical microbiology*, 34(9), 2240–2245. <https://doi.org/10.1128/jcm.34.9.2240-2245.1996>
27. Erf, G. F., & Ramachandran, I. R. (2016). The growing feather as a dermal test site: Comparison of leukocyte profiles during the response to *Mycobacterium butyricum* in growing feathers, wattles, and wing webs. *Poultry science*, 95(9), 2011–2022. <https://doi.org/10.3382/ps/pew122>
28. Falkinham J. O., 3rd (2003). Factors influencing the chlorine susceptibility of *Mycobacterium avium*, *Mycobacterium intracellulare*, and *Mycobacterium scrofulaceum*. *Applied and environmental microbiology*, 69(9), 5685–5689. <https://doi.org/10.1128/AEM.69.9.5685-5689.2003>
29. Ferro, B. E., Meletiadiis, J., Wattenberg, M., de Jong, A., van Soolingen, D., Mouton, J. W., & van Ingen, J. (2015). Clofazimine Prevents the Regrowth of *Mycobacterium abscessus* and *Mycobacterium avium* Type Strains Exposed to Amikacin and Clarithromycin. *Antimicrobial agents and chemotherapy*, 60(2), 1097–1105. <https://doi.org/10.1128/AAC.02615-15>

30. Flaherty, D. K., Vesosky, B., Beamer, G. L., Stromberg, P., & Turner, J. (2006). Exposure to *Mycobacterium avium* can modulate established immunity against *Mycobacterium tuberculosis* infection generated by *Mycobacterium bovis* BCG vaccination. *Journal of leukocyte biology*, 80 (6), 1262–1271. <https://doi.org/10.1189/jlb.0606407>.
31. Fröberg, G., Maurer, F. P., Chryssanthou, E., Fernström, L., Benmansour, H., Boarbi, S., Mengshoel, A. T., Keller, P. M., Viveiros, M., Machado, D., Fitzgibbon, M. M., Mok, S., Werngren, J., Cirillo, D. M., Alcaide, F., Hyyryläinen, H. L., Aubry, A., Andres, S., Nadarajan, D., Svensson, E., EUCAST AMST and ESCMYC study groups (2023). Towards clinical breakpoints for non-tuberculous mycobacteria – Determination of epidemiological cut off values for the *Mycobacterium avium* complex and *Mycobacterium abscessus* using broth microdilution. *Clinical microbiology and infection : the official publication of the European Society of Clinical Microbiology and Infectious Diseases*, 29(6), 758–764. <https://doi.org/10.1016/j.cmi.2023.02.007>.
32. Fukano, H., Yoshida, M., Kazumi, Y., Fujiwara, N., Katayama, K., Ogura, Y., Hayashi, T., Miyamoto, Y., Fujimoto, N., Hongsheng, W., Mizumoto, C., Koizumi, Y., Maeda, H., Hiranuma, O., Mitarai, S., Ishii, N., & Hoshino, Y. (2018). *Mycobacterium shigaense* sp. nov., a slow-growing, scotochromogenic species, is a member of the *Mycobacterium simiae* complex. *International journal of systematic and evolutionary microbiology*, 68(8), 2437–2442. <https://doi.org/10.1099/ijsem.0.002845>.
33. Gomes, M. S., Dom, G., Pedrosa, J., Boelaert, J. R., & Appelberg, R. (1999). Effects of iron deprivation on *Mycobacterium avium* growth. *Tubercle and lung disease : the official journal of the International Union against Tuberculosis and Lung Disease*, 79(5), 321–328. <https://doi.org/10.1054/tuld.1999.0216>.
34. Gonzalo-Asensio, J., Aguiló, N., Marinova, D., & Martin, C. (2017). Breaking Transmission with Vaccines: The Case of Tuberculosis. *Microbiology spectrum*, 5 (4), 10.1128/microbiolspec.MTBP-0001-2016. <https://doi.org/10.1128/microbiolspec.MTBP-0001-2016>.
35. Gordon, S. V., & Parish, T. (2018). Microbe Profile: *Mycobacterium tuberculosis*: Humanity's deadly microbial foe. *Microbiology (Reading, England)*, 164(4), 437–439. <https://doi.org/10.1099/mic.0.000601>.
36. Graham, L., Jr, Warren, N. G., Tsang, A. Y., & Dalton, H. P. (1988). *Mycobacterium avium* complex pseudo-bacteriuria from a hospital water supply. *Journal of clinical microbiology*, 26(5), 1034–1036. <https://doi.org/10.1128/jcm.26.5.1034-1036.1988>.
37. Grange, J. M., Yates, M. D., & Boughton, E. (1990). The avian tubercle bacillus and its relatives. *The Journal of applied bacteriology*, 68(5), 411–431. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.1990.tb02892.x>.
38. Gray, P. L., Saggese, M. D., Phalen, D. N., & Tizard, I. (2008). Humoral response to *Mycobacterium avium* subsp. *avium* in naturally infected ring-neck doves (*Streptopelia risoria*). *Veterinary immunology and immunopathology*, 125(3-4), 216–224. <https://doi.org/10.1016/j.vetimm.2008.05.032>
39. Griffith D. E. (2018). Treatment of *Mycobacterium avium* Complex (MAC). *Seminars in respiratory and critical care medicine*, 39(3), 351–361. <https://doi.org/10.1055/s-0038-1660472>
40. Hall, T. J., McHugo, G. P., Mullen, M. P., Ward, J. A., Killick, K. E., Browne, J. A., Gordon, S. V., & MacHugh, D. E. (2024). Integrative and comparative genomic analyses of mammalian macrophage responses to intracellular mycobacterial pathogens. *Tuberculosis (Edinburgh, Scotland)*, 147, 102453. <https://doi.org/10.1016/j.tube.2023.102453>.
41. Hamilton, L. A., & Falkinham, J. O. (2018). Aerosolization of *Mycobacterium avium* and *Mycobacterium abscessus* from a household ultrasonic humidifier. *Journal of medical microbiology*, 67 (10), 1491–1495. <https://doi.org/10.1099/jmm.0.000822>.
42. Hermon-Taylor, J., Bull, T. J., Sheridan, J. M., Cheng, J., Stellakis, M. L., & Sumar, N. (2000). Causation of Crohn's disease by *Mycobacterium avium* subspecies paratuberculosis. *Canadian journal of gastroenterology = Journal canadien de gastroenterologie*, 14 (6), 521–539. <https://doi.org/10.1155/2000/798305>.
43. Hilda, J. N., Das, S., Tripathy, S. P., & Hanna, L. E. (2020). Role of neutrophils in tuberculosis: A bird's eye view. *Innate immunity*, 26 (4), 240–247. <https://doi.org/10.1177/1753425919881176>.
44. Horsburgh, C. R., Jr, Cohn, D. L., Roberts, R. B., Masur, H., Miller, R. A., Tsang, A. Y., & Iseman, M. D. (1986). *Mycobacterium avium*-M. intracellulare isolates from patients with or without acquired immunodeficiency syndrome. *Antimicrobial agents and chemotherapy*, 30(6), 955–957. <https://doi.org/10.1128/AAC.30.6.955>.
45. Ignatov, D., Kondratieva, E., Azhikina, T., & Apt, A. (2012). *Mycobacterium avium*-triggered diseases: pathogenomics. *Cellular microbiology*, 14(6), 808–818. <https://doi.org/10.1111/j.1462-5822.2012.01776.x>.
46. Inderlied, C. B., Kemper, C. A., & Bermudez, L. E. (1993). The *Mycobacterium avium* complex. *Clinical microbiology reviews*, 6(3), 266–310. <https://doi.org/10.1128/CMR.6.3.266>.
47. Inglis, N., & McFadden, J. (1999). Strain typing of the *Mycobacterium avium* complex. *The Journal of infection*, 38 (3), 151–156. [https://doi.org/10.1016/s0163-4453\(99\)90242-6](https://doi.org/10.1016/s0163-4453(99)90242-6).
48. Jones, A., Lee, O. Y., Minnikin, D. E., Baird, M. S., & Al Dulayymi, J. R. (2020). A re-investigation of the mycolic acids of *Mycobacterium avium*. *Chemistry and physics of lipids*, 230, 104928. <https://doi.org/10.1016/j.chemphyslip.2020.104928>.
49. Kaczmarkowska, A., Didkowska, A., Kwiecień, E., Stefańska, I., Rzewuska, M., & Anusz, K. (2022). The *Mycobacterium avium* complex – an underestimated threat to humans and animals. *Annals of agricultural and environmental medicine : AAEM*, 29(1), 22–27. <https://doi.org/10.26444/aaem/136398>.
50. Kanabalan, R. D., Lee, L. J., Lee, T. Y., Chong, P. P., Hassan, L., Ismail, R., & Chin, V. K. (2021). Human tuberculosis and *Mycobacterium tuberculosis* complex: A review on genetic diversity, pathogenesis and omics approaches in host biomarkers discovery. *Microbiological research*, 246, 126674. <https://doi.org/10.1016/j.micres.2020.126674>.
51. Kiran, D., Podell, B. K., Chambers, M., & Basaraba, R. J. (2016). Host-directed therapy targeting the *Mycobacterium tuberculosis* granuloma: a review. *Seminars in immunopathology*, 38(2), 167–183. <https://doi.org/10.1007/s00281-015-0537-x>.

52. Kirubakar, G., Schäfer, H., Rickerts, V., Schwarz, C., & Lewin, A. (2020). Mutation on *lysX* from *Mycobacterium avium hominissuis* impacts the host-pathogen interaction and virulence phenotype. *Virulence*, 11 (1), 132–144. <https://doi.org/10.1080/21505594.2020.1713690>.
53. Klanicova, B., Slana, I., Vondruskova, H., Kaevska, M., & Pavlik, I. (2011). Real-time quantitative PCR detection of *Mycobacterium avium* subspecies in meat products. *Journal of food protection*, 74(4), 636–640. <https://doi.org/10.4315/0362-028X.JFP-10-332>.
54. Klanicova-Zalewska, B., & Slana, I. (2014). Presence and persistence of *Mycobacterium avium* and other nontuberculous mycobacteria in animal tissues and derived foods: a review. *Meat science*, 98 (4), 835–841. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2014.08.001>.
55. Kolb, J., Hillemann, D., Möbius, P., Reetz, J., Lahiri, A., Lewin, A., Rüsck-Gerdes, S., & Richter, E. (2014). Genetic characterization of German *Mycobacterium avium* strains isolated from different hosts and specimens by multilocus sequence typing. *International journal of medical microbiology: IJMM*, 304(8), 941–948. <https://doi.org/10.1016/j.ijmm.2014.06.001>.
56. Kravitz, A., Pelzer, K., & Sriranganathan, N. (2021). The Paratuberculosis Paradigm Examined: A Review of Host Genetic Resistance and Innate Immune Fitness in *Mycobacterium avium* subsp. Paratuberculosis Infection. *Frontiers in veterinary science*, 8, 721706. <https://doi.org/10.3389/fvets.2021.721706>.
57. Kriz, P., Kaevska, M., Bartejsova, I., & Pavlik, I. (2013). *Mycobacterium avium* subsp. *avium* found in raptors exposed to infected domestic fowl. *Avian diseases*, 57(3), 688–692. <https://doi.org/10.1637/10446-110612-Case.1>.
58. Lande, L., George, J., & Plush, T. (2018). *Mycobacterium avium* complex pulmonary disease: new epidemiology and management concepts. *Current opinion in infectious diseases*, 31(2), 199–207. <https://doi.org/10.1097/QCO.0000000000000437>.
59. Leite F. L. (2015). Understanding *Mycobacterium avium* subspecies *hominissuis* microaggregate mediated pathogenesis. *Virulence*, 6 (7), 675–676. <https://doi.org/10.1080/21505594.2015.1088633>.
60. Lin, C. S., Su, C. C., Hsieh, S. C., Lu, C. C., Wu, T. L., Jia, J. H., Wu, T. S., Han, C. C., Tsai, W. C., Lu, J. J., & Lai, H. C. (2015). Rapid identification of *Mycobacterium avium* clinical isolates by matrix-assisted laser desorption/ionization time-of-flight mass spectrometry. *Journal of microbiology, immunology, and infection Wei mian yu gan ran za zhi*, 48 (2), 205–212. <https://doi.org/10.1016/j.jmii.2013.08.008>.
61. Manning E. J. (2001). *Mycobacterium avium* subspecies paratuberculosis: a review of current knowledge. *Journal of zoo and wildlife medicine : official publication of the American Association of Zoo Veterinarians*, 32(3), 293–304. [https://doi.org/10.1638/1042-7260\(2001\)032\[0293:MASPAR\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1638/1042-7260(2001)032[0293:MASPAR]2.0.CO;2).
62. Matern, W. M., Bader, J. S., & Karakousis, P. C. (2018). Genome analysis of *Mycobacterium avium* subspecies *hominissuis* strain 109. *Scientific data*, 5, 180277. <https://doi.org/10.1038/sdata.2018.277>.
63. Mattoo R. (2021). Targeting emerging *Mycobacterium avium* infections: perspectives into pathways and antimicrobials for future interventions. *Future microbiology*, 16, 753–764. <https://doi.org/10.2217/fmb-2021-0016>.
64. Maurer, F. P., Pohle, P., Kernbach, M., Sievert, D., Hillemann, D., Rupp, J., Hombach, M., & Kranzer, K. (2019). Differential drug susceptibility patterns of *Mycobacterium chimaera* and other members of the *Mycobacterium avium*-intracellulare complex. *Clinical microbiology and infection : the official publication of the European Society of Clinical Microbiology and Infectious Diseases*, 25(3), 379.e1–379.e7. <https://doi.org/10.1016/j.cmi.2018.06.010>.
65. McNabe, M., Tennant, R., Danelishvili, L., Young, L., & Bermudez, L. E. (2011). *Mycobacterium avium* ssp. *hominissuis* biofilm is composed of distinct phenotypes and influenced by the presence of antimicrobials. *Clinical microbiology and infection: the official publication of the European Society of Clinical Microbiology and Infectious Diseases*, 17 (5), 697–703. <https://doi.org/10.1111/j.1469-0691.2010.03307.x>.
66. Meissner, G., & Anz, W. (1977). Sources of *Mycobacterium avium* complex infection resulting in human diseases. *The American review of respiratory disease*, 116 (6), 1057–1064. <https://doi.org/10.1164/arrd.1977.116.6.1057>.
67. Miltner, E. C., & Bermudez, L. E. (2000). *Mycobacterium avium* grown in *Acanthamoeba castellanii* is protected from the effects of antimicrobials. *Antimicrobial agents and chemotherapy*, 44 (7), 1990–1994. <https://doi.org/10.1128/AAC.44.7.1990-1994.2000>.
68. Miltner, E., Daroogheh, K., Mehta, P. K., Cirillo, S. L., Cirillo, J. D., & Bermudez, L. E. (2005). Identification of *Mycobacterium avium* genes that affect invasion of the intestinal epithelium. *Infection and immunity*, 73 (7), 4214–4221. <https://doi.org/10.1128/IAI.73.7.4214-4221.2005>.
69. Motamedi, N., Danelishvili, L., & Bermudez, L. E. (2014). Identification of *Mycobacterium avium* genes associated with resistance to host antimicrobial peptides. *Journal of medical microbiology*, 63 (Pt 7), 923–930. <https://doi.org/10.1099/jmm.0.072744-0>.
70. *Mycobacterium Avium* Paratuberculosis: Infrequent Human Pathogen or Public Health Threat? This report is based on a colloquium, sponsored by the American Academy of Microbiology, convened June 15-17, 2007, in Salem, Massachusetts. Washington (DC): American Society for Microbiology; 2008. PMID: 33119237.
71. Nazarova, E. V., & Russell, D. G. (2019). *Mycobacterium tuberculosis*: Bacterial Fitness within the Host Macrophage. *Microbiology spectrum*, 7 (2), 10.1128/microbiolspec.bai-0001-2019. <https://doi.org/10.1128/microbiolspec.BAI-0001-2019>.
72. Nishimura, T., Shimoda, M., Tamizu, E., Uno, S., Uwamino, Y., Kashimura, S., Yano, I., & Hasegawa, N. (2020). The rough colony morphotype of *Mycobacterium avium* exhibits high virulence in human macrophages and mice *Journal of medical microbiology*, 69 (7), 1020–1033. <https://doi.org/10.1099/jmm.0.001224>.
73. Oggioni, M. R., Fattorini, L., Li, B., De Milito, A., Zazzi, M., Pozzi, G., Orefici, G., & Valensin, P. E. (1995). Identification of *Mycobacterium tuberculosis* complex, *Mycobacterium avium* and *Mycobacterium intracellulare* by selective nested polymerase chain reaction. *Molecular and cellular probes*, 9(5), 321–326. [https://doi.org/10.1016/s0890-8508\(95\)91604-0](https://doi.org/10.1016/s0890-8508(95)91604-0).



74. Orme I. M. (1993). Immunity to mycobacteria. *Current opinion in immunology*, 5(4), 497–502. [https://doi.org/10.1016/0952-7915\(93\)90029-r](https://doi.org/10.1016/0952-7915(93)90029-r).
75. Palacios, A., Sampedro, L., Sevilla, I. A., Molina, E., Gil, D., Azkargorta, M., Elortza, F., Garrido, J. M., Anguita, J., & Prados-Rosales, R. (2019). Mycobacterium tuberculosis extracellular vesicle-associated lipoprotein LpqH as a potential biomarker to distinguish paratuberculosis infection or vaccination from tuberculosis infection. *BMC veterinary research*, 15 (1), 188. <https://doi.org/10.1186/s12917-019-1941-6>.
76. Pidot, S. J., Asiedu, K., Käser, M., Fyfe, J. A., & Stinear, T. P. (2010). Mycobacterium ulcerans and other mycolactone-producing mycobacteria should be considered a single species. *PLoS neglected tropical diseases*, 4 (7), e663. <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0000663>.
77. Rindi, L., & Garzelli, C. (2014). Genetic diversity and phylogeny of Mycobacterium avium. *Infection, genetics and evolution : journal of molecular epidemiology and evolutionary genetics in infectious diseases*, 21, 375–383. <https://doi.org/10.1016/j.meegid.2013.12.007>.
78. Rónai, Z., Csivincsik, Á., & Dán, Á. (2015). Molecular identification of Mycobacterium avium subsp. silvaticum by duplex high-resolution melt analysis and subspecies-specific real-time PCR. *Journal of clinical microbiology*, 53 (5), 1582–1587. <https://doi.org/10.1128/JCM.03556-14>.
79. Rónai, Z., Csivincsik, Á., Dán, Á., & Gyuranecz, M. (2016). Molecular analysis and MIRU-VNTR typing of Mycobacterium avium subsp. avium, 'hominissuis' and silvaticum strains of veterinary origin. *Infection, genetics and evolution : journal of molecular epidemiology and evolutionary genetics in infectious diseases*, 40, 192–199. <https://doi.org/10.1016/j.meegid.2016.03.004>.
80. Rossi, L., Brandi, G., Malatesta, M., Serafini, S., Pierigé, F., Celeste, A. G., Schiavano, G. F., Gazzanelli, G., & Magnani, M. (2004). Effect of listeriolysin O-loaded erythrocytes on Mycobacterium avium replication within macrophages. *The Journal of antimicrobial chemotherapy*, 53 (5), 863–866. <https://doi.org/10.1093/jac/dkh164>.
81. Sakamoto K. (2012). The pathology of Mycobacterium tuberculosis infection. *Veterinary pathology*, 49 (3), 423–439. <https://doi.org/10.1177/0300985811429313>.
82. Salamatian, I., Ghaniei, A., Mosavari, N., Nourani, H., Keshavarz, R., & Eslampanah, M. (2020). Outbreak of avian mycobacteriosis in a commercial turkey breeder flock. *Avian pathology: journal of the W.V.P.A.*, 49 (3), 296–304. <https://doi.org/10.1080/03079457.2020.1740167>.
83. Sangari, F. J., Parker, A., & Bermudez, L. E. (1999). Mycobacterium avium interaction with macrophages and intestinal epithelial cells. *Frontiers in bioscience: a journal and virtual library*, 4, D582–D588. <https://doi.org/10.2741/sangari>.
84. Schrenzel, M., Nicolas, M., Witte, C., Papendick, R., Tucker, T., Keener, L., Sutherland-Smith, M., Lamberski, N., Orndorff, D., Heckard, D., Witman, P., Mace, M., Rimlinger, D., Reed, S., & Rideout, B. (2008). Molecular epidemiology of Mycobacterium avium subsp. avium and Mycobacterium intracellulare in captive birds. *Veterinary microbiology*, 126 (1-3), 122–131. <https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2007.06.016>.
85. Semret, M., Zhai, G., Mostowy, S., Cleto, C., Alexander, D., Cangelosi, G., Cousins, D., Collins, D. M., van Soolingen, D., & Behr, M. A. (2004). Extensive genomic polymorphism within Mycobacterium avium. *Journal of bacteriology*, 186 (18), 6332–6334. <https://doi.org/10.1128/JB.186.18.6332-6334.2004>.
86. Shin, M. K., & Shin, S. J. (2021). Genetic Involvement of Mycobacterium avium Complex in the Regulation and Manipulation of Innate Immune Functions of Host Cells. *International journal of molecular sciences*, 22(6), 3011. <https://doi.org/10.3390/ijms22063011>.
87. Shitaye, J. E., Matlova, L., Horvathova, A., Moravkova, M., Dvorska-Bartosova, L., Tremli, F., Lamka, J., & Pavlik, I. (2008). Mycobacterium avium subsp. avium distribution studied in a naturally infected hen flock and in the environment by culture, serotyping and IS901 RFLP methods. *Veterinary microbiology*, 127(1-2), 155–164. <https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2007.07.026>.
88. Shoulah, S. A., Oschmann, A. M., Selim, A., Semmler, T., Schwarz, C., Kamal, E., Hamouda, F., Galila, E., Bitter, W., & Lewin, A. (2018). Environmental Mycobacterium avium subsp. hominissuis have a higher probability to act as a recipient in conjugation than clinical strains. *Plasmid*, 95, 28–35. <https://doi.org/10.1016/j.plasmid.2018.01.003>.
89. Sion, C., Degraux, J., & Delmée, M. (1999). Early identification of Mycobacterium tuberculosis and Mycobacterium avium using the polymerase chain reaction on samples positive by a rapid commercial culture system. *European journal of clinical microbiology & infectious diseases: official publication of the European Society of Clinical Microbiology*, 18 (5), 346–351. <https://doi.org/10.1007/pl00015017>.
90. Soetaert, K., Vluggen, C., Duytschaever, L., Denoël, J., Roupie, V., Smeets, F., Bruffaerts, N., Huygen, K., Fretin, D., Diels, M., Rigouts, L., Saegerman, C., & Mathys, V. (2017). Trend analysis suggested a change in subspecies among Mycobacterium avium isolated from pigs in Belgium, 1967-2013. *The Veterinary record*, 180(18), 449. <https://doi.org/10.1136/vr.103951>.
91. Sohal, J. S., Singh, S. V., Singh, A. V., & Singh, P. K. (2010). Strain diversity within Mycobacterium avium subspecies paratuberculosis--a review. *Indian journal of experimental biology*, 48 (1), 7–16.
92. Sohal, J. S., Singh, S. V., Subhodh, S., Singh, A. V., Singh, P. K., Sheoran, N., Sandhu, K., Narayansamy, K., & Maitra, A. (2007). Mycobacterium avium subspecies paratuberculosis diagnosis and strain typing--present status and future developments. *Indian journal of experimental biology*, 45(10), 843–852.
93. Stevenson K. (2015). Genetic diversity of Mycobacterium avium subspecies paratuberculosis and the influence of strain type on infection and pathogenesis: a review. *Veterinary research*, 46(1), 64. <https://doi.org/10.1186/s13567-015-0203-2>.
94. Sun, L., Chen, Y., Yi, P., Yang, L., Yan, Y., Zhang, K., Zeng, Q., & Guo, A. (2021). Serological detection of Mycobacterium Tuberculosis complex infection in multiple hosts by One Universal ELISA. *PloS one*, 16(10), e0257920. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0257920>.

95. Suzuki, A. E., & Inamine, J. M. (1994). Genetic aspects of drug resistance in *Mycobacterium avium*. *Research in microbiology*, 145 (3), 210–213. [https://doi.org/10.1016/0923-2508\(94\)90020-5](https://doi.org/10.1016/0923-2508(94)90020-5).
96. Tadesse, S., Woldemeskel, M., Medhia, G., Tibbo, M., Molla, B., Abate, G., & Britton, S. (2003). T-cell responses to *Mycobacterium avium* PPD antigens in gastro-intestinal helminth co-infected chickens in Central Ethiopia. *Journal of immunoassay & immunochemistry*, 24 (1), 57–72. <https://doi.org/10.1081/IAS-120018469>.
97. Thegerström, J., Jönsson, B., Brudin, L., Olsen, B., Wold, A. E., Ernerudh, J., & Friman, V. (2012). *Mycobacterium avium* subsp. *avium* and subsp. *hominissuis* give different cytokine responses after in vitro stimulation of human blood mononuclear cells. *PLoS one*, 7 (4), e34391. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0034391>.
98. Thegerström, J., Marklund, B. I., Hoffner, S., Axelsson-Olsson, D., Kauppinen, J., & Olsen, B. (2005). *Mycobacterium avium* with the bird type IS1245 RFLP profile is commonly found in wild and domestic animals, but rarely in humans. *Scandinavian journal of infectious diseases*, 37 (1), 15–20. <https://doi.org/10.1080/00365540510026850>.
99. Toba, H., Crawford, J. T., & Ellner, J. J. (1989). Pathogenicity of *Mycobacterium avium* for human monocytes: absence of macrophage-activating factor activity of gamma interferon. *Infection and immunity*, 57 (1), 239–244. <https://doi.org/10.1128/iai.57.1.239-244.1989>.
100. Todd, T., Dunn, N., Xiang, Z., & He, Y. (2016). Vaxar: A Web-Based Database of Laboratory Animal Responses to Vaccinations and Its Application in the Meta-Analysis of Different Animal Responses to Tuberculosis Vaccinations. *Comparative medicine*, 66(2), 119–128.
101. Touray, B. J. B., Hanafy, M., Phanse, Y., Hildebrand, R., & Talaat, A. M. (2023). Protective RNA nanovaccines against *Mycobacterium avium* subspecies *hominissuis*. *Frontiers in immunology*, 14, 1188754. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2023.1188754>.
102. Tran, Q. T., & Han, X. Y. (2014). Subspecies identification and significance of 257 clinical strains of *Mycobacterium avium*. *Journal of clinical microbiology*, 52(4), 1201–1206. <https://doi.org/10.1128/JCM.03399-13>.
103. Turenne, C. Y., Wallace, R., Jr, & Behr, M. A. (2007). *Mycobacterium avium* in the postgenomic era. *Clinical microbiology reviews*, 20(2), 205–229. <https://doi.org/10.1128/CMR.00036-06>.
104. Uchiya, K. I., Asahi, S., Futamura, K., Hamaura, H., Nakagawa, T., Nikai, T., & Ogawa, K. (2018). Antibiotic Susceptibility and Genotyping of *Mycobacterium avium* Strains That Cause Pulmonary and Disseminated Infection. *Antimicrobial agents and chemotherapy*, 62(4), e02035-17. <https://doi.org/10.1128/AAC.02035-17>.
105. Weiss, D. J., & Souza, C. D. (2008). Review paper: modulation of mononuclear phagocyte function by *Mycobacterium avium* subsp. *paratuberculosis*. *Veterinary pathology*, 45(6), 829–841. <https://doi.org/10.1354/vp.45-6-829>.
106. Wetstein, N., Diricks, M., Anton, T. B., Andres, S., Kuhns, M., Kohl, T. A., Schwarz, C., Lewin, A., Kehrmann, J., Kahl, B. C., Schmidt, A., Zimmermann, S., Jansson, M. K., Baron, S. A., Schulthess, B., Hogardt, M., Friesen, I., Niemann, S., & Wichelhaus, T. A. (2024). Clinical and genomic features of *Mycobacterium avium* complex: a multi-national European study. *Genome medicine*, 16 (1), 86. <https://doi.org/10.1186/s13073-024-01359-8>.
107. Wheat, W. H., Casali, A. L., Thomas, V., Spencer, J. S., Lahiri, R., Williams, D. L., McDonnell, G. E., Gonzalez-Juarrero, M., Brennan, P. J., & Jackson, M. (2014). Long-term survival and virulence of *Mycobacterium leprae* in amoebal cysts. *PLoS neglected tropical diseases*, 8(12), e3405. <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0003405>.
108. Whaley, H., Keegan, A., Giglio, S., & Bentham, R. (2012). *Mycobacterium avium* complex—the role of potable water in disease transmission. *Journal of applied microbiology*, 113(2), 223–232. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.2012.05298.x>.
109. Whittington, R. J., Begg, D. J., de Silva, K., Plain, K. M., & Purdie, A. C. (2012). Comparative immunological and microbiological aspects of paratuberculosis as a model mycobacterial infection. *Veterinary immunology and immunopathology*, 148 (1-2), 29–47. <https://doi.org/10.1016/j.vetimm.2011.03.003>.
110. Yamazaki, Y., Danelishvili, L., Wu, M., Macnab, M., & Bermudez, L. E. (2006). *Mycobacterium avium* genes associated with the ability to form a biofilm. *Applied and environmental microbiology*, 72(1), 819–825. <https://doi.org/10.1128/AEM.72.1.819-825.2006>.
111. Zhang, Z., Chang, W., & Ding, J. (2016). Wei sheng wu xue bao. *Acta microbiologica Sinica*, 56 (10), 1530–1536.
112. Zhu, D. K., Song, X. H., Wang, J. B., Zhou, W. S., Ou, X. M., Chen, H. X., Liu, M. F., Wang, M. S., Jia, R. Y., Chen, S., Sun, K. F., Yang, Q., Wu, Y., Chen, X. Y., & Cheng, A. C. (2016). Outbreak of Avian Tuberculosis in Commercial Domestic Pekin Ducks (*Anas platyrhynchos domestica*). *Avian diseases*, 60(3), 677–680. <https://doi.org/10.1637/11396-021916-ResNote.1>
113. Держпродспоживслужба України. (2023). Офіційний звіт про поширення інфекційних захворювань у тварин. \*Сайт Держпродспоживслужби України\*.

**Zamaziy A. A.**, Doctor of Veterinary Sciences, Professor, Poltava State Agrarian University, Poltava, Ukraine

**Livoshchenko Ye. M.**, PhD in Veterinary Science, Associate Professor, Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine

**Livoshchenko O. I.**, student, Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine

#### **Spread of avian tuberculosis (review)**

*This review paper considers the topical issue of tuberculosis in poultry. This disease was considered eradicated in Ukraine. On the other hand, isolated cases of poultry disease still occur. This can be explained by the military operations in Ukraine and the fact that *Mycobacterium avium* constantly circulates among wild birds. The relevance of this issue is also confirmed by the fact that this disease affects not only birds but is also contagious to humans. In 2022, suspicion of tuberculosis in birds was detected mainly in the poultry sector and among small enterprises. The cause of cases of tuberculosis in birds was non-compliance with sanitary standards, insufficient or absent disinfection of premises. The use of open feeders and waterers contributed to the contact of domestic poultry with wild birds that are carriers of *Mycobacterium avium*. Lack of vaccination of birds for various reasons. When a bird becomes ill with tuberculosis, its egg production decreases by 30–50%,*

meat productivity decreases, and feed costs increase. At autopsy of the bird, pathological changes are observed in the lungs, spleen, lymph nodes. Morphological and biological features of the pathogen are that *Mycobacterium avium* is an acid-fast, immobile, gram-positive rod measuring  $0.2\text{--}0.5 \times 1.0\text{--}4.0 \mu\text{m}$ . Its cell wall contains a high concentration of lipids, which provide resistance to disinfectants and environmental influences. The pathogen is an obligate aerobe that actively multiplies at a temperature of  $37\text{--}42^\circ\text{C}$ . The optimal pH of the medium for growth is  $6.0\text{--}7.0$ . The bacterium is able to maintain viability in soil, water, litter and on surfaces for 2 years. The bacterium is insensitive to most standard disinfectants. Pathogenicity factors include resistance to phagocytosis, due to which the bacterium is retained in macrophages, causing chronic inflammation. The main routes of infection in private farms are the fecal-oral route, which occurs through the release of the pathogen through the feces of sick birds. Poor hygiene conditions contribute to the contamination of water, feed and litter. The problems of timely diagnosis in private farms are the lack of access to modern methods, the lack of equipment for molecular genetic diagnostics. The most sensitive diagnostic methods are PCR, histological analysis and microbiological studies. Preventive measures include disinfection, isolation of sick birds, control of housing conditions and vaccination.

**Key words:** tuberculosis, poultry, poultry farming, veterinary medicine, diagnostics, prevention.