**Author:** Mélanie Yvonne Ludivine Duc

**The title of dissertation:** Exo-erythrocytic stages of *Haemoproteus* (Apicomplexa, Haemosporida) parasites in wild birds: insights into developmental patterns.

**Subject area:** Zoology (N 014)

**Scientific supervisor:** habil. dr. Gediminas Valkiūnas

**The period of research:** 2019 – 2023

**Date of defence:** 2023 September 8th

Avian haemosporidian parasites of the genus *Haemoproteus* (Apicomplexa, Haemosporida) are widespread and can cause mortality in non-adaptive hosts. Over 170 species of these parasites were described but little is known about their complete life cycles, especially exo-erythrocytic stages, which develop in the organs of their bird host.

The objective was to expand the knowledge about exo-erythrocytic stages of *Haemoproteus* parasites in naturally infected birds and to unravel some patterns of their development. The results showed that the parasites were species-specific in regard of their exo-erythrocytic development, and this character is valuable for future taxonomic research. *Haemoproteus majoris, H. pastoris* and *H. hirundinis* developed megalomeronts (huge-size tissue stages) while *H. dumbbellus* and *H. attenuatus* developed only meronts (relatively small tissue stages). All found tissue stages were of different morphologies between the different parasites. The intensity of parasitemia was found to be an unreliable indicator of avian host with exo-erythrocytic stages. Chromogenic *in situ* hybridization technique was successfully used for the search of tissue stages and the confirmation of their generic identity. The obtained new data contribute to new knowledge about exo-erythrocytic development of *Haemoproteus* parasites, including the predictability of molecular phylogenies in investigation of tissue stages of avian haemoproteids.

**LIST OF PUBLICATIONS ON THE DISSERTATION TOPIC**

1. **Duc, M.**, Ilgūnas, M., Valkiūnas, G. 2020. Patterns of *Haemoproteus majoris* (Haemosporida, Haemoproteidae) megalomeront development. *Acta Tropica*. 212, 105706. doi: 10.1016/j.actatropica.2020.105706 (Q1 quartile; IF: 3.112).
2. **Duc, M.**, Ilgūnas, M., Kubiliūnaitė, M., Valkiūnas, G. 2021. First report of *Haemoproteus* (Haemosporida, Haemoproteidae) megalomeronts in the brain of an avian host, with description of megalomerogony of *Haemoproteus pastoris*, the blood parasite of the common starling. *Animals*. 11(10), 2824. doi: 10.3390/ani11102824. (Q1 quartile; IF: 3.231).
3. Hernández-Lara, C., **Duc, M.**, Ilgūnas, M., Valkiūnas, G. 2021. Massive infection of lungs with exo-erythrocytic meronts in European robin *Erithacus rubecula* during natural *Haemoproteus attenuatus* haemoproteosis. *Animals*. 11(11), 3273. doi: 10.3390/ani11113273. (Q1 quartile; IF: 3.231).
4. **Duc, M.**, Himmel, T., Ilgūnas, M., Eigirdas, V., Weissenböck, H., Valkiūnas, G. 2023. Exo-erythrocytic development of two *Haemoproteus* species (Haemosporida, Haemoproteidae), with description of *Haemoproteus dumbbellus*, a new blood parasite of bunting birds (Emberizidae). *International Journal for Parasitology*. *In press*. doi: 10.1016/j.ijpara.2023.02.009. (Q1 quartile; IF: 4.0).
5. **Duc, M.,** Himmel, T., Harl, J., Iezhova, T., Nedorost, N., Matt, J., Ilgūnas, M., Weissenböck, H., Valkiūnas, G. 2023. Comparative analysis of the exo-erythrocytic development of five lineages of *Haemoproteus majoris*, a common haemosporidian parasite of European passeriform birds. *Pathogens*. 12(7), 898. doi: 10.3390/pathogens12070898. (Q2 quartile; IF: 3.7).

**Autorius:** Mélanie Yvonne Ludivine Duc

**Disertacijos pavadinimas:** Egzoerithrocitinės *Haemoproteus* (Apicomplexa, Haemosporida) parazitų vystymosi stadijos laukiniuose paukščiuse: įžvalgos į vystymosi dėsningumus

**Mokslo kryptis:** Zoologija (N 014)

**Mokslinis vadovas:** habil. dr. Gediminas Valkiūnas

**Doktorantūros studijų laikotarpis:** 2019 – 2023

**Gynimo data:** 2023 rugsėjo 8 d.

Hemosporidiniai paukščių parazitai priklausantys *Haemoproteus* (Apicomplexa, Haemosporida) genčiai yra plačiai paplitę ir sukeliantys neprisitaikysiu šeimininkų gaišimą. Yra aprašyta daugiau kaip 170 šių patogenų rūšių, tačiau apie jų vystymosi ciklus, ypatingai egzoeritrocitinį vystymąsi, kurio metu parazitai vystosi šeimininko vidaus organuose, yra žinoma mažai.

Šio darbo tikslas buvo gauti naujų žinių apie *Haemoproteus* egzoeritrocitines stadijas natūraliai užsikėtusiuose paukščiuose ir nustatyti tokio vystymosi dėsningumus. Gauti rezultatai rodo, kad egzoeritrocitinis vystymasis yra parazito rūšiai specifiškas ir ateityje gali būti vertingas taksonomijai. *Haemoproteus majoris, H. pastoris* ir *H. hirundinis* vystė megalomerontus (dideles struktūras), o *H. dumbbellus* ir *H. attenuatus* – tik merontus (mažas struktūras). Visos rastos audinių stadijos buvo skirtingos morfologijos, būdingos atitinkamai rūšiai. Nustatyta, kad parazitemijos intensyvumas nėra patikimas egzoeritrocitinių stadijų buvimo paukštyje indikatorius. Chromogeninė *in situ* hibridizacija buvo sėkmingai pritaikyta diagnozuojant ir identifikuojant hemosporidijų audinių stadijas. Naujai gauti duomenys leidžia geriau suprasti *Haemoproteus* genties parazitų egzoeritrocitinį vystymąsi, įskaitant molekulinės filogenijos pritaikymas audinių stadijų tyrimuose.

**PUBLIKACIJŲ DISERTACIJOS TEMA SĄRAŠAS**

1. **Duc, M.**, Ilgūnas, M., Valkiūnas, G. 2020. Patterns of *Haemoproteus majoris* (Haemosporida, Haemoproteidae) megalomeront development. *Acta Tropica*. 212, 105706. doi: 10.1016/j.actatropica.2020.105706 (Q1 quartile; IF: 3.112).
2. **Duc, M.**, Ilgūnas, M., Kubiliūnaitė, M., Valkiūnas, G. 2021. First report of *Haemoproteus* (Haemosporida, Haemoproteidae) megalomeronts in the brain of an avian host, with description of megalomerogony of *Haemoproteus pastoris*, the blood parasite of the common starling. *Animals*. 11(10), 2824. doi: 10.3390/ani11102824. (Q1 quartile; IF: 3.231).
3. Hernández-Lara, C., **Duc, M.**, Ilgūnas, M., Valkiūnas, G. 2021. Massive infection of lungs with exo-erythrocytic meronts in European robin *Erithacus rubecula* during natural *Haemoproteus attenuatus* haemoproteosis. *Animals*. 11(11), 3273. doi: 10.3390/ani11113273. (Q1 quartile; IF: 3.231).
4. **Duc, M.**, Himmel, T., Ilgūnas, M., Eigirdas, V., Weissenböck, H., Valkiūnas, G. 2023. Exo-erythrocytic development of two *Haemoproteus* species (Haemosporida, Haemoproteidae), with description of *Haemoproteus dumbbellus*, a new blood parasite of bunting birds (Emberizidae). *International Journal for Parasitology*. *In press*. doi: 10.1016/j.ijpara.2023.02.009. (Q1 quartile; IF: 4.0).
5. **Duc, M.,** Himmel, T., Harl, J., Iezhova, T., Nedorost, N., Matt, J., Ilgūnas, M., Weissenböck, H., Valkiūnas, G. 2023. Comparative analysis of the exo-erythrocytic development of five lineages of *Haemoproteus majoris*, a common haemosporidian parasite of European passeriform birds. *Pathogens*. 12(7), 898. doi: 10.3390/pathogens12070898. (Q2 quartile; IF: 3.7).