

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra zoologie a rybářství



**Fakulta agrobiologie,
potravinových a přírodních zdrojů**

Epizootologie parazitární gastroenteritidy v chovech ovcí

a koz

Bakalářská práce

Autor práce: Jiří Šmíd DiS.

Obor: Chovatelství

Vedoucí práce: Ing. Iveta Angela Kyriánová, Ph.D.

© 2022 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Epizootologie parazitární gastroenteritidy v chovech ovcí a koz" jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu použitých zdrojů na konci práce. Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 4. 4. 2022

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval Ing. Ivetě Angele Kyriánové, Ph.D. za cenné připomínky, poskytnuté materiály, a hlavně ochotu a vstřícnost při odborném vedení mé bakalářské práce.

Epizootologie parazitární gastroenteritidy v chovech ovcí a koz

Souhrn:

Tato bakalářská práce mapuje problematiku parazitární gastroenteritidy jejíž příčinou jsou gastrointestinální hlístice (Nematoda), které se vyskytují u ovcí a koz. Nákazy parazitárního původu mají negativní dopad na zdravotní stav zvířat a ekonomiku chovu. V důsledku dlouhodobého tlumení hlístic anthelmintiky v chovech ovcí a koz, málo častého preventivního opatření proti jejich výskytu a nerespektováním principů samotné epizootologie se stal prudký nárůst rezistence na anthelmintika aktuálním problémem a celosvětově řešeným tématem. Vypracovaný literární přehled v této bakalářské práci se v neposlední řadě zabývá i tímto tématem. Nejprve je uvedena biologie hlístic, následují kapitoly pojednávající o jejich vlivu na chov ovcí a koz. Dále jsou popsáni významní zástupci hlístic, které způsobují parazitární gastroenteritidu a jsou členěni dle výskytu v trávicím traktu. Poté se práce zaměřuje na faktory ovlivňující výskyt gastrointestinálních hlístic na porostu, obranyschopnost organismu malých přežvýkavců, testaci, prevenci, léčbu a rezistenci vůči používaným anthelmintikům.

Klíčová slova: anthelmintika, gastrointestinální trakt, hlístice, koza, ovce

Epizootiology of parasitic gastroenteritis in sheep and goat breeding

Summary:

This bachelor's thesis maps parasitic gastroenteritis caused by gastrointestinal nematodes in sheep and goats. Parasitic infections have a negative impact on the health of animals and the associated livestock farming economy. As a consequence of a long-term subduing of nematodes using anthelmintics in sheep and goat husbandry, low frequency of preventative measures against their occurrence and disrespecting the principles of epizootiology, rapid growth of resistance to anthelmintics worldwide has become a major problem, which needs to be addressed globally. This topic is also dealt with in the part of the paper which overviews the literary sources. The thesis starts with the nematode biology, and the following chapters describe how they affect sheep and goat husbandry. Afterwards, important representatives of nematodes are described that cause parasitic gastroenteritis and they are classified based on their occurrence in the gastrointestinal tract. Finally, the paper focuses on factors affecting the occurrence of gastrointestinal nematodes on vegetation, immunity of small ruminant organisms, testing, treatment and anthelmintics resistance.

Keywords: anthelmintics, gastrointestinal tract, nematodes, goat, sheep

Obsah

1 Úvod	8
2 Cíl práce a metodika.....	9
3 Hlístice /Nematoda/.....	10
3.1 Charakteristika	10
3.2 Morfologie	10
3.2.1 Stavba a povrch těla.....	10
3.2.2 Nervová soustava.....	11
3.2.3 Trávicí soustava	12
3.2.4 Exkrece-šekreční soustava.....	13
3.2.5 Pohlavní soustava	13
3.2.5.1 Samičí pohlavní soustava	14
3.2.5.2 Samčí pohlavní soustava	14
3.3 Vývojový cyklus	14
3.4 Klasifikace hlístic.....	15
4 Významní zástupci hlístic způsobující parazitární gastroenteritidu koz a ovcí. 17	
4.1 Hlístice lokalizované ve slezu.....	17
4.2 Hlístice lokalizované v tenkém střevě	18
4.3 Hlístice lokalizované v tlustém střevě	19
5 Parazitární gastroenteritida malých přežvýkavců a vliv na jejich chov.....	21
6 Obranyschopnost organismu malých přežvýkavců proti gastrointestinálním hlísticím	23
7 Faktory ovlivňující vývoj gastrointestinálních hlístic	24
7.1 Klimatické podmínky.....	24
7.2 Hypobióza	25
8 Preventivní opatření	26
8.1 Biologická regulace.....	26
8.2 Pastevní management.....	27
8.2.1 Věk a koncentrace zvířat na pastvině	27
8.3 Výživa	28
8.4 Selektivní křížení	28
8.5 Rostliny s anthelmintickými účinky	29
8.6 Rotace pastvin	30
9 Anthelmintika.....	31

9.1	Rezistence na anthelmintika.....	33
9.2	Metody testace rezistence na anthelmintika.....	34
10	Závěr.....	36
11	Seznam použitých zdrojů	38

1 Úvod

Spásání pastvin ovce a kozami je nenahraditelnou součástí údržby krajiny. Zvyšuje se tím diverzita celého systému a přispívá k trvalé udržitelnosti. Při spásání ovce a kozy rozrušují travní drny a tím umožňují klíčení a růst rozmanitých rostlin. Kozy se hojně živí i listy náletových dřevin a brání tím tak přeměně pastvin na les.

Během vývoje zemědělství se začalo hojně dbát na zdraví zvířat. Velkým problémem farmářů se staly parazitózy, především gastrointestinální hlístice. Infekce gastrointestinálními hlísticemi má mnohdy špatný dopad na zdraví zvířat. Všeobecně pak dochází k finančním ztrátám a celkovému snížení produktivity. Tradiční strategie léčby při napadení ovce a koz gastrointestinálními hlísticemi je aplikace chemických anthelmintik. V současnosti se však stala celosvětovým problémem stále se rozšiřující rezistence na tato léčiva. Důvodem této rezistence je rutinní a často nadbytečné podávání chemických léčiv, mnohdy v kombinaci se špatnými organizačními postupy.

S rozvojem ekologického zemědělství a důrazem na welfare zvířat je otázka alternativních metod k tlumení hlístic stále více aktuální. Ekologické zemědělství je založeno na myšlence udržitelného přístupu k živočišné výrobě, udržení úrodnosti půdy, ochraně životního prostředí, ideálních životních podmínek pro zvířata a produkci jakostních živočišných produktů za pomoci prevence onemocnění. V ekologickém zemědělství je omezeno použití anthelmintik, to může vyvolat změnu intenzity a rozmanitosti helmintóz. I přes celkovou prospěšnost principu welfare je u ovce a koz při dlouhém výskytu na pastvině riziko infekce zvýšené, a to z důvodu kontaktu s infekčními stádii parazitů na pastvině. Stále tedy zůstává spornou a diskutovanou otázkou, zda tyto principy dodržovat v souvislosti s tlumením endoparazitů u malých přežvýkavců. Zvyšující se rezistence parazitů k současným anthelmintikům, rostoucí obavy spotřebitelů z obsahu reziduí léčiv v potravinách a snaha o udržitelný způsob žití, vyústila v intenzivní hledání alternativních způsobů kontroly parazitů.

Je tedy nezbytné se zamyslet nad faktory způsobující výskyt gastrointestinálních hlístic a hledat alternativy jejich tlumení a vhodnou prevenci.

2 Cíl práce a metodika

Cíl práce:

Cílem práce je zmapovat problematiku parazitární gastroenteritidy v chovech malých přežvýkavců a vysvětlit faktory, které ovlivňují výskyt gastrointestinálních hlístic na porostu.

Metodika:

Vypracování literárního přehledu o epizootologii parazitární gastroenteritidy v chovech ovcí a koz.

3 Hlístice /Nematoda/

3.1 Charakteristika

Název Nematoda pochází z řeckého slova nemo, tedy vlákno. Hlístice jsou mnohobuněčné organismy, které patří mezi nejpočetnější a nejrozšířenější skupiny živočichů parazitující v obratlovcích. Mnoho dalších se vyskytuje také na bezobratlých, rostlinách anebo žijí volným způsobem života. Rozmanitost sledujeme i v přizpůsobení hlístic k parazitickému způsobu života u jednotlivých skupin, stejně jako lokalizaci larev a dospělců v hostitelích (Volf & Horák 2007).

Hlístice jsou členěny do dvou tříd, Adenophorea a Secernentea (Blaxter et al. 1998). Do třídy Adenophorea je zahrnuta řada půdních, sladkovodních a mořských hlístic. Své zastoupení v této třídě mají i paraziti rostlin a zvířat, to však ve velmi malém množství. Do třídy Secernentea, jsou zařazené převážně terestrické druhy hlístic (Blaxter 2003). V této třídě je mimo jiné i řád Strongylida do které patří hlístice parazitující v gastrointestinálním traktu přežvýkavců (Sutherland & Scott 2010). Obvykle se v těle hostitele vyskytuje více druhů hlístic, a to od slezu až po tlusté střevo (Zajac et Conboy 2012).

3.2 Morfologie

3.2.1 Stavba a povrch těla

Parazitické hlístice mají nesegmentované, protáhlé až nit'ovité tělo válcovitého průřezu. Barva těla je především bílá nebo krémová, vyskytující se tmavé zbarvení je způsobeno přítomností vajíček nebo potravy (Bird & Bird 1991). Střevní druhy hlístic dosahují větších rozměrů než hlístice tělních tekutin, které jsou menších až středních velikostí. Stavba těla hlístic je charakteristická svými schopnostmi adaptace k parazitování (Lee 2002).

Povrch těla je pokryt mnohvrstevnatým útvarem zvaným kutikula, kterou jedinci během svého růstu několikrát svlékají. Na ní se nachází množství struktur (papily, spikuly, trny, rýhy, žebra, hřebeny, aj.) (Anderson 2000). Jelikož jsou tyto struktury skupinově a druhově specifické, využívají se k determinaci hlístic (Blaxter 2003). Kutikula má funkci nejen ochrannou, ale také funkci vnějšího skeletu (exoskeletu). Díky své pevnosti

a pružnosti udržuje vnější tvar těla, jehož vrstvy jsou vylučovány z hypodermis a působí proti tlaku tělních tekutin, které rozvádí živiny po těle (Taylor et al. 2007). Obsahuje řadu látek jako např. glykoproteiny, keratin, kolagen, kutikulíny (Blaxter & Robertson 1998). Její struktura se mezi jednotlivými skupinami hlístic liší a také složení se mění v závislosti na životním cyklu (Taylor et al. 2007).

Pod kutikulou se nachází hypodermis – pokožka, jejíž buňky vytváří u dospělých parazitických hlístic syncytium. Dále je pod hypodermis uložena podpovrchová svalovina, která je tvořena podélnými svalovými vlákny. Svazky podélných svalů jsou umístěny v kvadrantech mezi výběžky hypodermis. Podle množství svazků v kvadrantech rozlišujeme typy svalstva na holomyární, meromyární a polymyární (Horák & Mikeš 2007). Pomocí střídavého stahování a povolování ventrálních a dorzálních svalů se hlístice pohybují. Okružní svalstvo u hlístic chybí, nemohou se tedy plazit jako kroužkovci, ale mohou se pouze vlnit nebo mrskat. Tyto stahy také nahrazují střevní peristaltiku (Hendrix & Robinson 2014).

Tělní dutina je pseudocoel lemovaný pseudocoelomovou membránou a v jejím fluidním prostředí se vyskytují vnitřní orgány vláknité struktury (Taylor et al. 2007; Hendrix & Robinson 2014).

3.2.2 Nervová soustava

Nervovou soustavu tvoří jícnový nervový prstenec. Směrem dozadu jsou z prstence vedeny především dorzální a ventrální, někdy také submediální a laterální nervové provazce propojené komisurami. Mechanosenzorické a chemosenzorické papily v hlavové části se nazývají amfidy (Lee 2002). Laterální provazce inervují cervikální senzorické papily zvané deiridy. Další senzorické papily jsou přítomny v kaudální části těla samců v oblasti pohlavních orgánů a mohou se vyskytovat ještě postnatální senzorické papily tzv. fasmidy (Volf & Horák 2007). Dle jejich přítomnosti nebo absence dělíme hlístice do podtříd Aphasmda a Phasmida (Miller & Harley 2005).

Mezi hlavní neuropřenašeče hlístic patří acetylcholin, který je výhradně excitační neuropřenašeč, který zajišťuje otevření neselektivních kationtových membránových kanálů (Na⁺, K⁺). Další excitační neuropřenašeče jsou serotonin (5-hydroxytryptamin), L-glutamát, katecholaminy a oktopamin. Dále se vyskytují inhibiční neuropřenašeče GABA (γ -aminomáselná kyselina) spojeny s chloridovými iontovými kanálky, histamin jako neuropřenašeč signálů z fotoreceptorů a v neposlední řadě neuropřenašeč oxid dusný, který

syntetizuje s aminokyselinou L-argininu, jeho regulace se odehrává na úrovni biosyntézy (Horák & Scholz 1998).

Výraznější a komplexnější účinek, než běžní neuropřenašeči mají neuropeptidy. Jedná se o peptidy, které v nervové soustavě mají funkci neuromodulátora i neuropřenašeče a ovlivňují účinek klasických neuropřenašečů. Mohou účinkovat na větší vzdálenost, s menší koncentrací a po delší dobu.

Pro vyhledání vhodného hostitele je pro hlístice také velmi důležité jejich velké spektrum receptorů. Receptory pro monitorování vnitřního prostředí mají na starost např. procesy trávení a reprodukce. Více známy jsou však funkce povrchových receptorů, registrujících vnějších prostředí. Jedná se o tři skupiny receptorů – mechanoreceptory, chemoreceptory a receptory snímající fyzikální hodnoty vnějšího prostředí. Mechanoreceptory zaznamenávají např. kontakt s předměty. Chemoreceptory mají schopnost rozpoznávat konkrétní molekuly a tím mohou určit přítomnost vhodného hostitele. Receptory snímající fyzikální parametry se podílejí např. na orientaci hlístic v prostředí (Volf & Horák 2007; Lee 2002).

3.2.3 Trávicí soustava

U většiny parazitických hlístic je trávicí soustava dobře vyvinuta. Její tvar je trubicovitý a stavba je důležitým znakem pro taxonomii. Trávicí soustava se skládá z různě modifikovaného ústního aparátu, jícnu (u některých skupin děleného na žláznatý a svalnatý) a trubicovitého střeva vyústujícího análním otvorem (Schmidt-Rhaesa 2014). Ústní otvor je tvořen buď jednoduchou invaginací kutikuly, nebo je obklopen dvěma, třemi nebo šesti pysky (Hendrix & Robinson 2014). Za ústním aparátem následuje svalnatý jícn, který se podle tvaru rozlišuje na rhabditoidní, strongyloidní, oxyuroidní a trichuroidní. V ontogenezi řady hlístic dosahuje změny tvaru jícnu mezi jednotlivými larválními stadii (Munn & Munn 2002). Za hltanem následuje trubicovité střevo různé délky, které může být opatřeno slepým výběžkem a vyústuje análním otvorem. Mezi jícnem a střevem je umístěna chlopeč jako zábrana před návratem nestrávené potravy (Sutherland & Scott 2010). Potravu parazitických hlístic tvoří střevní obsah, krev či tkáň hostitele (Bird & Bird 1991).

3.2.4 Exkrecečně-sekreceční soustava

U hlístic neexistuje standardní exkreceční soustava, jedná se obvykle o kombinaci exkrecečního systému se sekrecečními žlázami. Sekrecečně-exkreceční systém zajišťuje odstranění metabolických produktů, nežádoucích a škodlivých látek z organismu. Také se podílí na osmoregulaci a regulaci iontového složení organismu. Základem jsou exkreceční žláznaté buňky (ranety) navázané na exkreceční kanálky (chordy), které vyúsťují do exkrecečního sinu a ústí na povrch těla nepárovým exkrecečním pórem. Jedná se o čtyři buňky – dvě žláznové buňky, jedna buňka tvořící kanálky a jedna buňka vývodu. U hlístic rozlišujeme dva typy kanálků ve tvaru písmen H či obráceného U. Občas se k exkrecečně-sekrecečnímu systému řadí ještě pátá buňka, která navazuje na buňku vývodu (Volf & Horák 2007).

Exkrecečně-sekrecečních látek mají hlístice velké množství. Například **Acetylcholinesteráza**, tento enzym je produkován střevními hlísticemi z jícnových a jiných specializovaných žláz. Ovlivňuje střevo hostitele snížením sekrece střevního hlenu, snížením peristaltiky a částečně také zabraňuje imunitní odpovědi. Konkrétně se jedná o inhibici produkce lymfokinů a aktivaci granulocytů.

Dalším sekretem jsou serinové proteázy, metalloproteázy, thiolové nebo také cysteinové proteázy a karboxylové nebo také aspartyllové proteázy. Hlavním úkolem proteáz je umožňovat hlísticím průnik tkáněmi hostitele. Podílejí se i na jejich líhnutí a svlékání larev při změně stádií (Horák & Scholz 1998).

3.2.5 Pohlavní soustava

Velká část hlístic jsou gonochoristi, je možno se však setkat i s partenogenetickými generacemi (Strongyloides). Běžná je oviparie, některé druhy jsou oviviparní nebo viviparní (Miller & Harley 2005). U většiny hlístic je výrazný pohlavní dimorfismus. Samice jsou větší než samci. Samci mají zadní část těla většinou zahnutou a vybavenou složitými strukturami, které se podílejí na kopulaci. Vzhledem k tvaru těla hlístic mají i pohlavní orgány z velké většiny trubicovitý tvar (Sutherland & Scott 2010).

3.2.5.1 Samičí pohlavní soustava

Samičí pohlavní soustava je trubicovitá a je tvořena vaječníky, dělohou, pochvou a vulvou vyúsťující na povrch těla. (Lee 2002). Vaječníky jsou tubulární a slepě zakončené. Obvykle jsou vaječníky dva, zřídka kdy se vyskytuje jeden, nebo více než dva. Ve vaječnicích samic se tvoří oocyty, které z vejcovodu putují do dělohy, kde jsou oplodněny. Občas se mezi vaječníky a vejcovodem, může vyskytovat tzv. semenná schránka. Ta slouží jako rezervoár spermií k jejich pozdějšímu využití (Dye 2012). Některé druhy hlístic dokážou vyprodukovat až tisíce vajíček denně např. samice rodu *Haemonchus* (Craig 2018). U většiny hlístic jsou si vajíčka morfologicky velmi podobná. Z velké většiny mají elipsoidní tvar s průhledným obalem (Hendrix & Robinson 2014). Složky vaječných stěn zajišťují ochranu parazita před vnějším prostředím, nebo některými částmi hostitelského organismu. Především se jedná o látky sklerotin a keratin, které způsobují pevnost a odolnost vaječných obalů. Lipoproteinové, či glykolipidové součásti mají zase význam při selektivní propustnosti či nepropustnosti látek z vnějšího prostředí (Bird & Bird 1991).

3.2.5.2 Samčí pohlavní soustava

Samčí soustava se skládá z nepárového varlete, velké a malé ejakulární žlázy a kloaky. V blízkosti kloaky jsou umístěny různé přídatné pohlavní orgány jako jsou spikuly, spikulární váček, gubernákulum, telamon, kopulační burza a různé genitální přívěsky a přísavky (Lee 2002). Uvedené struktury jsou nápomocny při druhové identifikaci. Spermie jsou amébovitého nebo tyčovitého tvaru a nemají akrozom ani axonemu. Uvnitř vyvíjejících se spermií se nachází fibrózní tělísko, které je zásobárnou cytoskeletárních proteinů a u zralých buněk ho již nenalezneme. Pohyb spermií je vykonáván za pomoci panožek (Roberts & Stevard 1995; Horák & Scholz 1998; Lee 2002).

3.3 Vývojový cyklus

Vývoj parazitických hlístic je velice variabilní, od jednoduchých cyklů po různě složité vývoje. Některé skupiny mají vývoj bez účasti mezihostitele jedná se o monoxenní cyklus u jiných je cyklus heteroxenní tedy za spoluúčasti mezihostitele. Nákaza paratenickým hostitelem je obvykle častější než přímá nákaza infekční larvou. Larvální stadia bývají čtyři

(L₁-L₄) a jsou oddělena svlékáním kutikuly (Taylor et al. 2007). L₅ je označení pro konečné stádium nezralých dospělců (Gillespie & Pearson 2001). Při posledním svlékání kutikuly vzniká juvenilní hlístice, která pohlavně dospívá (Volf et al. 2007). U některých skupin probíhá svlékání kutikuly do infekčního stadia larev uvnitř vajíčka. V tomto případě dochází k nákaze hostitele požitím vajíček. U jiných skupin hlístic pak dochází k vylíhnutí larev a k nákaze již samotnými larvami (Hendrix & Robinson 2014).

Mladí jedinci se od dospělců vzhledově neliší a s růstem se zvětšuje pouze velikost buněk. Počet buněk je od začátku stálý a pro jednotlivé orgány determinovaný, dále už počet buněk nenarůstá. Tento princip je nazýván eutelie. Jelikož znemožňuje regeneraci, bývá proto výzkumně hojně využíván. (Taylor et al. 2007). Konečný hostitel se nakazí perorálně požitím vajíčka nebo larev obsažených v potravě kontaminované výkaly. Nebo také perkutánním způsobem, kdy infekční larvy aktivně prostupují povrchem těla. V případě hlístic, které využívají v životním cyklu mezihostitele, probíhá larvální vývoj v mezihostiteli a konečný hostitel se většinou nakazí jeho požitím. Mezihostitelem jsou ve větší míře bezobratlí, nejsou však žádnou výjimkou ani obratlovci (Anderson 2000).

V případě nepříznivých podmínek pro vývoj larev jsou hlístice schopny strategicky reagovat tzv. hypobiózou. Díky hypobióze je zabezpečeno přežití larev uvnitř organismu hostitele v průběhu nepříznivého období. K dalšímu vývoji dochází až za příznivých podmínek pro vývoj a přežití larev mimo organismus hostitele (Smith & Sherman 2009).

3.4 Klasifikace hlístic

V minulosti byly hlístice zařazovány v rámci různých kmenů. Dnes je řazena skupina Nematoda do samostatného kmene, který společně se strunovci (Nematomorpha) tvoří taxon Nematoida v rámci velké skupiny Ecdysozoa. Hlístice v této skupině charakterizuje chitinová kutikula, která je v průběhu života minimálně jednou svléknuta. Tato skupina obsahuje také následující kmény: Arthropoda, Kinorhyncha, Loricifera, Nematomorpha, Onychophora, Priapulida a Tardigrada. Díky morfologickým vlastnostem byla potvrzena příbuznost hlístic se strunovci (Nematomorpha), kteří společně tvoří skupinu Nematoida. Skupiny Nematoida a Scalidophora jsou sesterské taxony které zahrnují skupiny Kinorhyncha, Loricifera a Priapulida. Obdobně jako Ecdysozoa existuje skupina Panarthropoda, v které jsou zařazeny Tardigrada, Onychophora a Arthropoda (Dunn et al. 2008).

Obvyklá klasifikace kmene Nematoda se provádí pomocí morfologických znaků a biologických vlastností. Nejčastěji porovnáváné morfologické znaky jsou ústní i faryngeální struktury, dále se pohlíží na stavbu kutikuly, smyslových orgánů, zadní části těla, pysků, střeva a reprodukčního systému (Dorris et al. 1999).

Původně byly hlístice podle fasmidů (senzorické žlázy vyúsťující na povrch u zadního konce těla) rozděleny na Phasmidea a Aphasmidea. Později bylo členění překlasifikováno na skupiny Adenophorea a Secernentea (Blaxter 2003).

Molekulární data ukazují, že skupina Secernentea se vyvinula ze skupiny Adenophorea (Blaxter et al. 2000). Adenophorea zahrnuje ve větší míře sladkovodní, mořské a půdní hlístice. V menší míře potom parazity zvířat a rostlin. Skupina Secernentea obsahuje zástupce obývající suchozemské prostředí a obsahující parazitické a volně žijící druhy (Blaxter 2003).

Na základě molekulárních analýz genu pro malou ribozomální podjednotku byly hlístice rozděleny nejprve do pěti větví: značených jako “clade” I-V (Blaxter et al. 1998). Ty byly následně pojmenovány: I – Dorylaimia, II – Enoplia a C + S (Chromadorida + Secernentea) – Chromadoria obsahující skupiny III, IV a V (Blaxter 2003; Mitreva et al. 2005). Z důvodu nejasné divergence byly skupiny “Clade” I a II sloučeny do jedné. V současné době jsou hlístice zařazeny do dvou skupin: Chromadorea a Enoplea, které zahrnují mořské a terestrické formy hlístic a vyskytují se v nich parazitické taxony.

Skupina Enoplea obsahuje dva taxony: Dorylaimia a Enoplia. V taxonu Dorylaimia jsou zahrnuty skupiny Dorylaimida, Mermithida, Mononchida, Dioctophymatida a Trichinellida (Blaxter 2003; De Ley & Blaxter 2004).

4 Významní zástupci hlístic způsobující parazitární gastroenteritidu koz a ovcí

4.1 Hlístice lokalizované ve slezu

Ve slezu se setkáváme s druhy hlístic *Haemonchus contortus*, *Teladorsagia circumcincta* a *Trichostrongylus axei*. Tyto rody z čeledi *Trichostrongylidae* způsobují velké zdravotní obtíže, četnou úmrtnost malých přežvýkavců a nemalou ekonomickou zátěž pro chovatele.

Haemonchus contortus z řádu Strongylida je největší hlísticí vyskytující se na sliznici slezu (Craig 2018). Samice měří na délku 18–30 mm a samci 10–20 mm (Roeber et al. 2013). Při pohledu na jejich tělo lze vidět krví naplněné střevo a bílou dělohu u samic (Howard 2017). Samice produkují 5–6 tisíc vajíček denně (Craig 2018). Hojně spásané pastviny mohou být kontaminovány velkým množstvím infekčních larev a stávají se tak pro ovce a kozy potenciálně nebezpečné (Hoste et al. 2010). Způsobují těžké anémie, které mohou vést k úmrtí (Smith & Sherman 2009). Častými klinickými příznaky jsou: úbytek hmotnosti, snížená produkce mléka, špatný stav a růst vlny a submandibulární edém jako následek hypoproteinemie (Craig 2018). Vývoj u *H. contortus* je přímý. Přenos mezi malými přežvýkavci probíhá díky třetímu larválnímu stádiu (L₃). Životní cyklus má dvě fáze, volně žijící ve vnějším prostředí a parazitující uvnitř hostitele. Vajíčka odcházejí z těla nakaženého jedince spolu s výkaly a vyvíjí se přes L₁ a L₂ larvální stádia až k L₃ infekčnímu larválnímu stádiu. Nadále je larva požitá spolu s potravou a putuje do žaludku, kde se vyvíjí v pohlavně zralého dospělce. Prepatentní perioda (doba od požití larvy po objevení vajíček ve výkalech) trvá u *H. contortus* 3 týdny. V případě hypobiotických larev se vyskytují několik měsíců ve tkáních hostitele a slouží jako rezervoár pro následnou kontaminaci pastvin. (Zajac 2006)

Teladorsagia circumcincta (původně *Ostertagia circumcincta*) z řádu Strongylida je také významným zástupcem hlístic lokalizovaných ve slezu. V porovnání s *H. contortus* je však tato hlístice méně patogenní a neživí se krví. Za den vyprodukuje 100–200 vajíček (Cole 1986). Samice měří na délku 10–12 mm a samci 7–8 mm (Roeber et al. 2013). Patogenita je u hostitele způsobena larválními stadii. Vývoj larvy probíhá v parietálních žlázách slezu, což vede k tvorbě uzlíků na sliznici a těžkému poškození parietálních buněk. Průběh infekce je

často středně závažný nebo subklinický. *T. circumcincta* způsobuje průjem, úbytek nebo špatný přírůstek hmotnosti a nekvalitní srst u hostitele (Zajac 2006).

Dalším významným druhem je *Trichostrongylus axei* z řádu Strongylida. Oproti *H. contortus* je naopak nejmenší hlísticí vyskytující se ve slezu (Sutherland & Scott 2010). Samice měří na délku 4–8 mm a samci 3–6 mm (Roeber et al. 2013). Mají snadno viditelný vyměšovací systém. Vajíček produkují z uvedených druhů hlístic nejméně. Vajíčka za ideálních podmínek dozrávají ve vnějším prostředí do 4 až 6 dnů. Pokud u hostitele propukne silná infekce je sliznice slezu pokryta šedobílými lézemi, dochází k rychlému úbytku váhy i silným průjmům. Slabá infekce se u zvířat projevuje nechutenstvím, zpomaleným růstem a výkaly mají velmi měkkou konzistenci (Taylor et al. 2016).

4.2 Hlístice lokalizované v tenkém střevě

Významnými hlísticemi nacházejícími se v tenkém střevě jsou *Trichostrongylus colubriformis*, a zástupci rodu *Nematodirus*.

Samice *Trichostrongylus colubriformis* z řádu Strongylida měří na délku 5,5–7,5 mm a samci 4,0–5,5 mm (Ježková 2021). Příznaky onemocnění jsou průjmy, úbytek hmotnosti, hypoproteinémie, hypoalbuminémie, poruchy metabolismu vápníku a fosforu vedoucí k osteoporóze a osteomalácii. Při penetraci střeva larvami jsou na střevě viditelné výrazné léze, edém a hemoragie (Vadlejch 2015; Taylor et al. 2016).

Další celosvětově rozšířené hlístice jsou z rodu *Nematodirus* z řádu Strongylida. Dospělí jedinci *Nematodirus* spp. jsou 10–25 mm dlouzí a mají bílou barvu (Craig 2018). Jejich životní cyklus je přímý. Dospělé samice kladou vajíčka do tenkého střeva hostitele. Odtud vajíčka odcházejí společně s výkaly do vnějšího prostředí. Larvy *Nematodirus* spp. zůstávají uvnitř vajíček, kde dokončí svůj vývoj v infekční larvy (Sutherland & Scott 2010). To je dělá velmi odolné vůči chladu a suchu. Infekční larvy se buď rychle vylíhnou, nebo zůstávají uvnitř vajíček do následujícího jara. Aby se mohly některé druhy vylíhnout vyžadují dlouhé chladné období. U těchto druhů platí, že čím delší a chladnější je zima, tím více jsou jimi na jaře pastviny kontaminované (Zhao et al. 2014) Vývoj larev může být dokončen také uvnitř hostitele. Larvy L₄ mohou zastavit vývoj a zůstat hypobiotické několik měsíců před dokončením vývoje. To umožňuje, aby zůstaly během zimy uvnitř hostitele a obnovily vývoj na jaře příštího roku s příznivějšími podmínkami prostředí. Prepatentní období je 2 až 4 týdny. *Nematodirus* spp. nejsou neškodlivějšími gastrointestinálními hlísticemi, které

postihují hospodářská zvířata, ale *Nematodirus battus* může být zvláště patogenní pro jehňata. Příznaky jsou: silný průjem (tmavý, zelený nebo žlutý) a silná dehydratace (Taylor et al. 2007; Dijk & Morgan 2009).

4.3 Hlístice lokalizované v tlustém střevě

V tlustém střevě koz se nacházejí hlístice rodu *Oesophagostomum* (*O. asperum*, *O. columbianum* a *O. venulosum*) z řádu Strongylida, *Oesophagostomum* spp. se vyskytují po celém světě, nejlépe se jim však daří v teplém a vlhkém podnebí v tropických a subtropických oblastech. V případě smíšených infekcí *Oesophagostomum* spp. obvykle nejsou převládajícím druhem. Dospělí jedinci jsou 15–20 mm dlouzí. Stejně jako u jiných střevních hlístic, životní cyklus je přímý. Vajíčka jsou spolu s výkaly z tlustého střeva uvolněna do vnějšího prostředí. Uvolňují se larvy L₁, které dokončují vývoj na infekční larvy L₃ asi za 1 týden v závislosti na teplotě a vlhkosti okolí. Z vnějšího prostředí se přenos infekce děje dvojím způsobem. Jednak požitím infekčních larev L₃ anebo jejich proniknutím do kůže. Vajíčka jsou náchylná vůči suchu a extrémním teplotám, ale mohou přežít až 3 měsíce na pastvinách (Craig 2018; Vadlejch 2015). Prepatentní období je 5 až 6 týdnů. Fatální především pro mláďata mohou být masivní infekce způsobené *Oesophagostomum columbianum*. Infekce způsobené *Oesophagostomum* spp. značně narušuje fyziologii střev, jejich larvy pronikají do střevní sliznice. V těchto místech mohou vznikat hnisavá ložiska. Dalšími příznaky jsou průjem a dehydratace (Vadlejch 2015).

Dále se ve výkalech malých přežvýkavců vyskytují hlístice rodu *Trichuris* z řádu Enoplida. Nacházejí se po celém světě, hojnější jsou však v oblastech s tropickým nebo subtropickým podnebím. Dospělí jedinci jsou dlouzí 40–80 mm. Mají bělavou až nažloutlou barvu a charakteristický tvar připomínající bič (Jurášek & Dubinský 1993; Horák & Mikeš 2007). Vajíčka jsou hnědožlutá a mají citronovitý tvar s typickými zátkami na obou pólech. *Trichuris* spp. mají přímý životní cyklus. Samice produkují několik tisíc vajíček denně. Infekční larvy se vyvíjejí uvnitř vajíček 10 až 25 dní v závislosti na teplotě. Tato vajíčka jsou extrémně odolná vůči chladu, mrazu a suchu. V půdě mohou zůstat jako potenciální původce infekce po mnoho dalších let. Nákaza je způsobena především potravou nebo vodou. Prepatentní období je 50 až 90 dní. Larvy pronikají do výstelky tlustého střeva, způsobují podráždění a poškození střevní stěny. Infekce *Trichuris* spp. jsou převážně benigní povahy. V případě masivní infekce mohou způsobit enteritidu, ulceraci, krvácení, anémii, krvavý

průjem a dehydrataci. Úmrtí jsou neobvyklá, ale u mláďat možná (Horák & Mikeš 2007; Zajac & Conboy 2012; Craig 2018).

5 Parazitární gastroenteritida malých přežvýkavců a vliv na jejich chov

Ovce a kozy bývají infikovány parazity přímo na pastvinách. Původci infekčních onemocnění jsou převážně gastrointestinální hlístice. Ovce a kozy mohou být infikovány až několika desítkami druhů hlístic. Tyto infekce mají v menší či větší míře vliv na jejich zdravotní stav i produkci a nesou souhrnné označení parazitární gastroenteritida. Infekce způsobené gastrointestinálními hlísticemi mají téměř shodnou symptomatologii, epizootologii i terapii a patří u malých přežvýkavců mezi jedny z nejvýznamnějších. (Zajac 2006; Fitzpatrick 2013, Charlier et al. 2014; 2016). Průběh se odvíjí od druhu hlístice, intenzity infekce, celkového stavu hostitele a prostředí v kterém žijí. Onemocnění se může vyskytovat bez klinických příznaků přes mírné symptomy až po závažné zdravotní obtíže jako jsou např. úporné průjmy, hubnutí, anémie a výjimkou nejsou ani úhyny jedinců.

U mladých zvířat jsou v prvním a druhém roce pastvy klinické příznaky zpravidla závažnější. Také se hůře s infekcemi vyrovnávají kozy než ovce, a to z důvodu odlišného způsobu vyhledávání potravy. Ovce historicky více intenzivně spásaly pastvu, zatím co kozy se živily především listím a větvičkami stromů a keřů, proto nejsou tolik přizpůsobeny ke kontaktu s parazity a od toho se odvíjí jejich snížená obranyschopnost a imunitní reakce (Hoste et al. 2008). Dospělé ovce jsou při odpovídající výživě vůči parazitárním infekcím mnohdy odolné. Celkově se u ovcí a koz při kvalitní výživě a dobré veterinární péči parazitární gastroenteritida projevuje většinou jen subklinicky.

Parazitární gastroenteritida může negativně ovlivnit také ekonomiku chovu. Příčinou je nízká produkce mléka, pokles váhy hostitele, problémy při reprodukci a snížení kvality srsti. Náklady se zvyšují i potřebnou diagnostikou a terapií zvířat. (Hoste et al. 2011; Charlier et al. 2015; Craig 2018).

Dalším problémem jsou samotné výkaly malých přežvýkavců, které jsou silně koncentrované, a tak obsahují velké množství vajíček hlístic. Dochází tak k velmi rychlému promoření pastvin a infekci zvířat (Pugh & Baird 2002). V současné době chovy koz a ovcí hojně používají chemická anthelmintika. Nevýhodou je vznik rezistence na tyto léčebné preparáty, a to z důvodu nadměrného dávkování a špatného systému hospodaření (Rahmann & Seip 2007). Po celém světě nalézáme rezistentní kmeny endoparazitů s vyvinutou rezistencí na většinu účinných látek (Cezar et al. 2010). Opatření k tlumení výskytu hlístic jsou:

minimalizovat vystavení hostitele infekčním stádiím hlístic, zvýšit obranyschopnost i odolnost hostitele proti parazitární gastroenteritidě a odstranit hlístice z hostitele (Cabaret et al. 2002).

6 Obranyschopnost organismu malých přežvýkavců proti gastrointestinálním hlísticím

Imunitní reakci organismu rozlišujeme specifickou a nespecifickou. U nespecifické imunitní reakce dochází při kontaktu organismu s parazitem k rychlé aktivaci mechanismů, které přímo parazita nelikvidují, ale brání jeho uchycení a rozvoji infekčního onemocnění. Oproti tomu imunita specifická má sice pomalejší nástup, ale přímo cílí na parazita, jeho likvidaci a tvorbu protilátek. Disponuje také imunologickou pamětí (Hořejší & Bartůňková 2005).

Obranyschopnost organismu hostitele proti gastrointestinálním hlísticím je v rámci imunitní odpovědi složitý proces. Imunitní odpověď se tvoří postupně a jedinec musí být vystaven jisté výši této infekce v průběhu celého života. Vyskytne-li se však na pastvině vysoké množství infekčních larev, které je hostitelem požitá, může i přes jeho vysokou imunitu dojít k propuknutí infekce. Je tedy nevhodné vystavovat ovce a kozy vysokému infekčnímu riziku, ale zároveň je nezbytné, aby s malou populací hlístic byly stále kontaktovány a jejich imunitní systém byl tak nepřetržitě stimulován. Přibližně kolem jednoho roku života je obranyschopnost organismu přežvýkavců žijících na pastvinách na vysoké úrovni (Abbott et al. 2012). K udržení dobré imunity přirozeně přispívá i vyvážená strava, zejména je pak důležitá proteinová složka v krmivech, která významně pomáhá při potlačení hlístic v organismu. Důvodem proč kvalitní protein např. sójový či rybí tolik napomáhá při obranyschopnosti organismu je fakt, že jednotlivé komponenty imunitního systému jsou proteinové povahy (Balic et al. 2000; Houdijk et al. 2000). Organismus ovce postihnuté parazitární infekcí tak denně syntetizuje až o 50 g proteinů více. V první řadě využívá organismus proteiny pro zachování homeostázy a produkci svaloviny v důsledku toho by při nízkém množství proteinu ve stravě došlo i ke zhoršení kvality vlny nebo mléka (Coop & Kyriazakis 1999).

Imunitní systém zdravého jedince tedy brání infekčním larvám hlístic uchytit se v organismu, omezuje růst a vývoj přítomných hlístic, snižuje plodnost samic hlístic a populaci přítomných dospělců a brání dlouhodobému setrvání hlístic v organismu (Jackson et al. 2004). V rámci imunitní reakce je u ovcí a koz pozorována zvýšená produkce hlenu ve střevech, hyperplazie slizničních žírných buněk, vzestup specifických protilátek a eosinofilie (Balic et al. 2000).

7 Faktory ovlivňující vývoj gastrointestinálních hlístic

Mezi nejvýznamnější faktory, které ovlivňují vývoj gastrointestinálních hlístic patří geografická oblast pastviny, klimatické podmínky a hypobióza (Cabaret et al. 2002; Hoste 2008; Craig 2018).

7.1 Klimatické podmínky

Klimatické podmínky a počasí ovlivňují velkou měrou výskyt gastrointestinálních hlístic na porostu a podílí se na jejich zeměpisném šíření. Vzhledem ke specifickým požadavkům jednotlivých rodů a druhů hlístic na životní prostředí ve kterém se vyskytují, určuje klima (především teplota, vlhkost, pH a sluneční záření) nejen lokalitu jejich vývoje, ale také jejich životní cyklus (O'Connor et al. 2006). Optimální vývoj larev nastává při 100% relativní vlhkosti a teplotě 22 °C až 26 °C a trvá 7 dní. V létě je vývoj hlístic rychlý a délka života krátká. Během zimy je zase vývoj pomalý, ale doba jejich životnosti vyšší. Larvy jsou náchylné k vysokým teplotám, nadměrné vlhkosti, vysušení a UV záření. Během nepříznivých povětrnostních podmínek larvy přežívají tak, že se přesunou do půdy (Craig 2018).

Vhodné klimatické podmínky napomáhají infekčním larvám L₃, migrovat do horních pater porostu a mají tím vyšší šanci být požitý hostitelem. Teplota prostředí určuje rychlost vývoje L₃ a srážky zase ovlivňují migraci těchto larev z výkalů do horních pater pastviny a tím tak zvyšují její infekčnost. Rychlost vývoje L₃ je tedy sezónně závislá. Infekční vrchol vzniká uprostřed léta. Jelikož jsou L₃ nejvíce aktivní za horkého počasí dochází k rychlému vyčerpání jejich energetických zásob a při nepozření hostitelem následně umírají. Na podzim a v zimě jsou schopny L₃ přežít déle, nebo dokonce na pastvině přezimují (Makovcová et al. 2009; van Dijk & Morgan 2011). Např. *T. circumcincta* může přežít přes zimu jak na pastvinách, tak v hostiteli (Waller et al. 2004). V jarních měsících převažují *Nematodirus* spp., *Teladorsagia* spp. a *H. contortus*. Ke konci léta a na podzim pak *Trichostrongylus* spp. Na podzim se také může vyskytnout vysoká koncentrace *Cooperia* spp. a *Trichostrongylus axei*, zpravidla však vytvářejí hlavní část parazitů osidlující porost až v dalším roce (O'Connor et al. 2006). Z geografického hlediska je doba života hlístic v oblastech s mírným klimatem vyšší než v oblastech s klimatem tropickým až subtropickým (Hoste et al. 2008).

7.2 Hypobióza

Jedním z nejvýznamnějších adaptačních mechanismů pro přežití gastrointestinálních hlístic je hypobióza. Jedná se o reakci na blížící se nevhodné podmínky pro existenci hlístic v hostiteli. Za tohoto stavu dochází k pozastavení jejich endogenního vývoje. Hypobiózu můžeme dle stimulů rozdělit na zimní a letní. Zimní hypobióza probíhá zpravidla v oblastech, kde se infekce vyskytuje v létě a letní hypobióza zase tam, kde je infekce nejvyšší od podzimních do jarních měsíců. V podmínkách ČR patří mezi hlavní stimuly délka denního světla a nízká teplota, které signalizují blížící se příchod zimy. Po pozření hostitelem reagují larvy na stimuly signalizující nepříznivé podmínky pro jejich existenci stavem zvaným anabióza a vyčkávají na opětovný příchod vhodných podmínek pro svůj vývoj. Jakmile se prostřednictvím hostitele dostaví podnět o blížících se příznivých podmínkách, hlístice dokončí svůj vývoj, dojde k jejímu rozmnožení a následnému vyloučení do vnějšího prostředí spolu s výkaly hostitele. Hypobióza se vyskytuje v závislosti na počasí a managementu chovu, nelze tedy stanovit její pravidelnost v průběhu roku. (Gatongi et al. 1998; Waller et al. 2004; Craig 2018). V klimatických podmínkách ČR využívá tento adaptační mechanismus např. velká část *Trichostrongylus* spp., tuto strategii využívají jen částečně při přezimování L₃ na pastvině (Langrová et al. 2008; Makovcová et al. 2009). Také lze z dosavadních poznatků konstatovat, že globální změny klimatu budou mít na tento adaptační mechanismus významný vliv (Hoste 2008).

8 Preventivní opatření

Preventivní opatření proti parazitům je vhodné volit s individuálním přístupem ke každému chovu. Neexistuje žádná vhodná universální metoda ani postup pro všechny chovy. Základem prevence je především biologická regulace, správný pastevní management, optimální výživa zvířat, selektivní křížení, zkrmování rostlin s anthelmintickými účinky, rotace pastvin a správná aplikace anthelmintik (Rahmann & Seip 2007; Abbott et al. 2012).

8.1 Biologická regulace

K biologické regulaci dochází za pomoci antagonistů, kteří snižují populace parazitů. V případě gastrointestinálních hlístic jako antagonisté působí zejména nematofágní houby, některé druhy brouků či žížaly.

Testace nematofágních hub se provádějí nejen v laboratorních podmínkách, ale i za pomoci terénních experimentů. Velkou úspěšnost v rámci biologické regulace nematofágními houbami potvrdila např. vědecká studie prováděná ve Francii v letech 2003 a 2004. Principem této studie bylo podání spor nematofágní houby *Duddingtonia flagrans* mladým kozám na pastvinách. Následně se sledoval vývoj infekce způsobené hlísticemi v interakci s touto houbou. Mladé kozy byly rozděleny na dvě skupiny. Na skupinu testovací a kontrolní. V roce 2003 byla podávána denní dávka spor testovací skupině 5x10⁵ spor na kilogram váhy zvířete. Poté v roce 2004 bylo množství zvýšeno na 10⁶ spor na kilogram váhy zvířete. Kontrolní skupina mladých koz žádné spory nedostávala. Každé tři týdny byly spočítány larvy na pastvině, bylo provedeno měření exkrece vajíček hlístic a vyhodnocení larválního vývoje ve fekální kultuře. V roce 2003 se výsledky testované a kontrolní skupiny příliš nelišily. V roce 2004 už měla testovaná skupina koz počet vajíček ve výkalech mnohem nižší než skupina kontrolní a váhové přírůstky mladých koz naopak vyšší (Paraud et al. 2007).

Další studie prokazující pozitivní vliv spor hub v tlumení larev gastrointestinálních hlístic byla provedena v Íránu na ovčích farmách. Zde se testovaly spory nematofágní houby *Arthrobotrys cladodes*. Aktivita této houby byla sledována po přidání nejprve 1000, poté 8000, nadále 20000 a nakonec 100000 spor na gram výkalů ovcí. Výsledkem bylo významné snížení počtu larev *Haemonchus contortus* v ovčích výkalech a to o 41,7 % v prvním případě, ve druhém o 63,3 %, třetím o 73,5 % a ve čtvrtém dokonce o 95,0 %. Tato studie potvrdila, že

Arthrobotrys cladodes je významným antagonistou pro biologickou kontrolu *Haemonchus contortus* (Eslami et al. 2005).

Využití určitých druhů spor hub k biologické regulaci gastrointestinálních hlístic je tedy velmi nadějný způsob prevence.

8.2 Pastevní management

Abychom pochopili dopad využití managementu pastvy musíme mít k dispozici podrobná epidemiologická fakta z vývoje parazitů uvnitř a vně hostitele. Pastevní management vychází také z faktorů geografických, klimatických a ekologických. V potaz musíme brát také věk a koncentraci zvířat na pastvině.

Z parazitologického hlediska se v rámci pastevního managementu vyskytují termíny „čistá pastvina“ a „bezpečná pastvina“. Pojem „čistá pastvina“ značí pro zvířata, která jsou na ní prvně vpuštěna nulové až velmi nízké riziko infekce. Takové pastviny docílíme střídáním náchylných a odolných druhů zvířat v průběhu tří let. Také můžeme snížit riziko infekce pastviny jejím předchozím využitím pro růst obilí či zisk píce. Termínem „bezpečná pastvina“ označujeme pastvinu minimálně kontaminovanou.

V ČR můžeme dosáhnout bezpečné pastviny za předpokladů, že v jarním období pastvina nebyla spásána malými přežvýkavci během posledních pastevních sezón, nebo nebyla spásána od poloviny léta předešlého roku. Výjimkou je *Nematodirus* spp. jehož larvy se na pastvinách vyskytují více. Na podzim a v zimě je považována pastvina bezpečná, pokud byla naposledy spásána na podzim předešlého roku a nebyla-li spásána na jaře roku následujícího. Také pokud nebyla spásána po dobu tří měsíců během léta. Výjimku opět tvoří *Nematodirus* spp.

Je tedy nezbytné znát nejen období, kdy je pastvina bezpečná, ale také časový interval, po který mohou ovce a kozy pastvinu obývat, než nová generace infekčních larev opět osídlí porost (Rahmann & Seip, 2007; Younie et al. 2004).

8.2.1 Věk a koncentrace zvířat na pastvině

V neposlední řadě se míra kontaminace pastvin odvíjí od počtu kusů malých přežvýkavců a jejich věku na ploše pastviny. Čím více senzitivních jedinců spásá infikovanou pastvinu, tím více larev se zpětně s výkaly dostává do porostu. Vzhledem k vyšší náchylnosti

jehňat k infekci hlísticemi je i vhodný oddělený chov různých věkových kategorií. Pokud mláďata sdílela pastvinu společně se svými matkami jen do odstavu a poté byla přemístěna na jinou plochu, byla zjištěna u obou zmíněných skupin mnohem menší míra infekce, než při jiných systémech chovu (Cabaret et al. 2002).

8.3 Výživa

Jak již bylo zmíněno v kapitole 6, nepostradatelnou součástí preventivních opatření v boji proti parazitům je optimální výživa. Ta pomáhá zvířatům lépe se s infekcí vyrovnat. Je tedy vhodnou strategií podpořit náchylnější jedince dietním programem navýšeným o bílkoviny a minerální látky. Bílkovinná výživa hraje v tomto směru velice významnou roli, jelikož je nepostradatelnou složkou v rámci imunitní odpovědi (Valderrábano et al. 2002). Vhodně sestavená krmná dávka se zvýšeným zastoupením bílkovin je schopna redukovat množství endoparazitů, související se sníženou imunitou v předporodním období (Houdijk et al. 2006).

Studie publikovaná Kenney et al. (1968) týkající se vlivu nedostatku proteinu na slezinu a tvorbu protilátek uvádí, že zvířata vyčerpaná nedostatkem proteinu ve stravě, oproti kontrolní skupině zvířat s dostatkem proteinu ve stravě, měla počet buněk tvořících protilátky pouze třetinový. Snížený byl celkový gamaglobulin přibližně o jednu třetinu. Z tohoto vyplývá, že omezení příjmu proteinu snižuje schopnost sleziny syntetizovat imunoglobuliny. Dle Goff (2006) při nedostatečné proteino-energetické výživě dochází k snížení buněčné imunity, nízké produkci sekrečního imunoglobulinu A a špatné funkci fagocytů.

Navýšení bílkovinné složky v krmivu má mimo jiné pozitivní vliv na růst vlny, snižují se také produkční ztráty a množství vajíček obsažených ve výkalech. (Niezen et al. 2002c; Marley et al. 2005).

8.4 Selektivní křížení

Další možností, jak preventivně ovlivnit endoparazity u ovcí a koz je selektivní křížení. Principem je založení chovu z plemen ovcí a koz rezistentních či rezilientních vůči těmto parazitům (Bishop et al. 1996). Tato alternativní strategie se začala uplatňovat na základě výskytu rezistence na anthelmintika. Kozy a ovce jsou šlechtěny pro mnoho vlastností, ale

rezistence vůči parazitům nebyla běžným cílem. Nyní se výzkumy zaměřují i na vztah rezistence k ostatním vlastnostem, jako je například mléčná produkce, či hmotnost jedince (Bishop & Stear 2003).

8.5 Rostliny s anthelmintickými účinky

Jednou z variant je také možnost využití rostlin, které obsahují biologicky aktivní látky s anthelmintickým účinkem – tzv. nutraceutika. Mezi biologicky aktivní látky v rostlinách, které potlačují výskyt gastrointestinálních hlístic patří např. mastné kyseliny, tetrahydrofurany, fenolické sloučeniny, alkaloidy či terpeny (Rochfort et al. 2008). Některé rostliny tyto látky produkují jako sekundární metabolity. Biologicky aktivní látky nejsou důležité v procesech zajišťujících základní životní funkce rostlin, ale jsou významné v jejich regulačních, ekologických a detoxifikačních mechanismech. V daných rostlinách se vyskytují jako sekundární metabolity a dodávají rostlinám jejich charakteristickou chuť a vůni, které mají mimo jiné sloužit jako ochrana před pozřením zvířei (Waghorn & McNabb 2003).

Nejvíce známé látky s anthelmintickým účinkem jsou taniny (třísloviny), jedná se polyfenolické sloučeniny produkované různými částmi rostlin. Taniny můžeme rozdělit do skupin hydrolyzovatelné a kondenzované. Hydrolyzovatelné taniny jsou zřejmě vzhledem k absorpci v gastrointestinálním traktu pro přežvýkavce toxické. Zatím co kondenzované taniny se vstřebávají organismem jen minimálně a jsou z něj vylučovány spolu s výkaly. Z tohoto důvodu jsou mnohem více zajímavé jako nutraceutika. Kondenzované třísloviny dokážou po utvoření komplexu s proteiny ochránit proti mikrobiálnímu poklesu v trávicím traktu. Nárůstem metabolizovatelného proteinu, který využívá imunitní systém, vzniká vyšší odolnost hostitele proti parazitóze (Hoste et al. 2006; Mueller-Harvey 2006; Min et al. 2004). Musíme si však uvědomit, že se jedná o látky rostlinou využívané k její obraně a je potřeba je přežvýkavcům dávkovat v daném množství, tak aby působily prospěšně z pohledu anthelmintických účinků a nedošlo k možnému předávkování. Pokud jsou kondenzované taniny přežvýkavcem pozřeny ve vyšší koncentraci (> 7 % sušiny krmiva) začínají se objevovat zdravotní komplikace jako jsou potlačení tvorby a proteolytické aktivity mikroorganismů, trávicí obtíže či snížení příjmu potravy (Reed 1995; Min et al. 2003).

Dosud není zcela známo, jaký je pravý mechanismus anthelmintického účinku sekundárních metabolitů. Zda sekundární metabolity zvyšují imunitní odpověď organismu

vůči parazitovi, nebo zda se jedná o přímé působení biologicky aktivních látek na parazita a dochází tak k působení na jeho biologii. Přesto, že je prozkoumáno mnoho přírodních sloučenin s anthelmintickými účinky, nebyla dosud objevena žádná, která by byla vhodná jako širokospektrální léčivo (Sutherland & Scot 2010). Biologicky aktivní látky lze tedy podávat jako doplněk nebo podpoření anthelmintické léčby. Kromě antiparazitárního účinku mají i pozitivní vliv na celkový zdravotní stav přežvýkavců, na jejich produkční a reprodukční schopnosti (Mueller-Harvey 2006).

V České republice byly anthelmintické účinky sledovány např. u ethanolových extraktů: česneku, kmínu kořenného, ořešáku královského, ostrožky stračky, pelyňku pravého nebo také kozlíku lékařského. Studie extraktů biologicky aktivních látek v těchto rostlinách byly však prováděny *in vitro*, a tak s přesností nelze určit míru účinku na parazita v reálných podmínkách. Ve skutečnosti jsou totiž biologicky aktivní látky v rostlinách v nižších koncentracích a mohou s jinými látkami vstupujícími společně s nimi do organismu přežvýkavců různě interagovat. Pro přesné informace o účinnosti je vždy potřeba studie ověřit provedením *in vivo* testy (Athanasiadou et al. 2007; Urban et al. 2008; 2014). Jako tomu bylo např. u rostlin lespedézie (*Lespedeza cuneata*), vičenky (*Onobrychis viciifoliae*) nebo čekanky (*Cichorium inthybus*) (Marley et al. 2003; Paolini et al. 2005).

8.6 Rotace pastvin

Jedno z preventivních opatření může být i biologická „rotace pastvin“. Doporučuje se střídat pastviny každých 5–6 dní a vždy po této lhůtě přemístit ovce a kozy na zdravou pastvinu. Pokud velikost pastvin neumožňuje tento způsob řešení je možnost opakovat pasení na téže části, ale až po 3 měsících. Tato metoda je ovšem v praxi mnohdy neaplikovatelná z důvodu malých rozloh pastvin. Také vzhledem k současným poznatkům se metoda vyhánění přežvýkavců na nekontaminované pastviny nejeví jako ideální prevence, a to z důvodu zvýšení rizika rezistence na podávaná anthelmintika (Abbott et al. 2012).

9 Anthelmintika

Anthelmintikum je léčivo, které se používá v terapii proti parazitickým helmintům. Je používáno v léčbě ovcí a koz při infekcích vyvolaných gastrointestinálními hlísticemi. Anthelmintika můžeme rozdělit do skupin širokospektrálních anthelmintik a anthelmintik s omezeným spektrem účinku. První podání anthelmintik ovcím a kozám je doporučeno ve stáří 10 týdnů a poté na základě koprologických vyšetření (Fantová 2000).

Mezi nejstarší širokospektrální anthelmintika patří benzimidazoly (jedná se o sloučeniny jako jsou např. albendazol, flubendazol, mebendazol, oxfendazol, thiabendazol, atd.). Do této skupiny patří např. i febantel a netobimin, což jsou probenzimidazoly, které jsou organismem zpracovány na aktivní benzimidazolové metabolity. Sloučeniny řazené do skupiny benzimidazolů působí v organismu parazita tak, že se váží na bílkovinu tubulin, především v jejich absorpčních intestinálních buňkách a dochází tím k narušení polymerizace mikrotubulů. Následkem je neschopnost parazita přijímat živiny, postupný pokles glykogenu, nakonec vyhladovění a úhyn parazita. (Taylor et al. 2007; Sutherland & Scott 2010). Benzimidazoly jsou často používány i z důvodu, že mají také ovicidní účinek (Conder 2002). Řadíme je ke krátce působícím anthelmintikům, které mají velice nízký reziduální účinek. Nástup léčby po podání preparátu je vcelku rychlý, přetrvání účinku je však tři týdny. Prodloužení doby účinnosti na parazita můžeme provést dvou dávkovým podáním léčiva, např. účinnost fenbendazolu se z 50 % zvýší na 92 % když je léčivo aplikováno ve dvou dávkách po 12 hod. (Fleming et al. 2006). Z pohledu toxicity je většina preparátů na bázi benzimidazolů pro ovce a kozy nízká. Některá léčiva mají ale teratogenní účinky, a proto se jejich aplikace u březích samic doporučuje ve velmi omezeném množství (Conder 2002; Taylor et al. 2007).

Další anthelmintika jsou imidazothiazoly a tetrahydropyrimidiny. Zástupcem imidazothiazolů je levamizol, který svými účinky odstraňuje řadu hlístic z organismu koz a ovcí, ale u hypobiózních larev je jeho účinek v poměru s jinými preparáty poměrně nízký. Také se mohou projevit nežádoucí vedlejší účinky a to např. hyperaktivita, zvýšené slinění, brachykardie, svalový třes a zánětlivý otok v místě vpichu. Levamizol je organismem ovcí a koz vyloučeno přibližně do 24 hodin po podání (Taylor et al. 2007; Abbott et al. 2012). Zástupci tetrahydropyrimidinů jsou pyrantel a morantel, které jsou stejně jako imidazothiazoly proti hypobiózním stádiím gastrointestinálních hlístic velmi málo účinné.

Z hlediska teratogenity jsou preparáty imidazothiazolů a tetrahydropyrimidinů zcela bezpečné a použití i u gravidních samic není kontraindikováno. Mechanismus účinku spočívá ve spastické paralýze helminta a jeho vyloučení z organismu.

Další skupinou jsou makrocyclické laktony, jehož zástupcem je ivermektin, který byl objeven v 80. letech 20. století. Je účinný proti všem stádiím hlístic a úspěšnost terapie je vysoká, a to i při relativně nízkých dávkách i u hypobiózních stadií. (Sarginson 2012; Besier et al. 2016). Makrocyclické laktony jsou produkty biosyntetického původu a lze je rozdělit do dvou skupin. Do skupiny avermektinů, kam patří např. abamektin, doramektin a ivermektin. Jedná se o fermentační produkty aktinomycety rodu *Streptomyces avermitilis* a jejich deriváty. Druhou skupinou jsou milbemyciny jejich zástupcem je moxidectin. Jsou to fermentační produkty více druhů aktinomycet a od avermektinů se odlišují nepřítomností disacharidu v řetězci. Moxidectin se u koz a ovcí zpravidla nepoužívá, jelikož přechází do mléka (Rock et al. 2002; Dobšíková et al., 2012; Ducháček & Lamka 2014). Mechanismus účinku makrocyclických laktonů je v působení na specifické glutamátové receptory hlístice spojené s chloridovými kanály. Zároveň zastávají funkci agonisty na chloridových kanálech ovlivňovaných γ -aminomáselnou kyselinou (GABA) a napomáhají jejímu uvolňování z presynaptického neuronu do synapse. Dochází k paralýze faryngeální svaloviny jak u larválního, tak i dospělého stádia hlístice a následné neschopnosti přijímat potravu. To má za následek úhyn hlístic a jejich vypuzení z organismu hostitele (Dobšíková et al. 2012; Sarginson 2012; Ducháček & Lamka 2014). Jelikož jsou preparáty ze skupiny makrocyclických laktonů velmi lipofilní, ukládají se po aplikaci ovcím a kozám do tukové tkáně, ze které se postupně uvolňují. S tímto faktem souvisí delší poločas rozpadu a tím i ochranné lhůty mléka a masa ze zvířat, kterým byly makrocyclické laktony podány (Taylor et al. 2007). Výjimku tvoří eprinomektin s nižší afinitou k tukům a může tak být použit i u laktujících samic (Shoop & Soll 2002).

V roce 2008 byla objevena skupina velmi účinných anthelmintik amino-acetonitrilových derivátů. Jsou to nízkomolekulární prebiotické sloučeniny vytvořené alkylací fenolů s chloracetonem, Streckerovou reakcí a alkylací aminu s chloridy. Zástupcem je monepantel. Princip mechanismus účinku monepantelu spočívá v paralýze hlístic tím, že se naváže na jejich specifický receptor.

Kromě zmiňovaných širokospektrálních anthelmintik existují i anthelmintika s omezeným spektrem účinku např. organofosfáty nebo salicylanilidy. Ty se však právě pro

nízké spektrum účinku používají jen zřídka (Ducray et al. 2008; Kaminsky et al. 2008b; Hosking et al. 2010).

9.1 Rezistence na anthelmintika

Rezistence gastrointestinálních hlístic na anthelmintika je celosvětovým problémem. Výskyt rezistence je primárním problémem u chovu koz i ovcí. Všeobecně jsou na tom kozy v rámci vzniku rezistence hůře než ovce. Tento fakt je způsoben špatnou schopností organismu vytvořit adekvátní imunitní reakci na infekci vyvolanou hlísticemi (Zajac & Gipson 2000). Je také nutné brát v úvahu rychlý metabolismus koz a dávky účinných látek aplikovat 1,5x vyšší, než je tomu u ovcí, aby nevznikala rezistence z poddávkování anthelmintiky (Vernerová 2017).

Rozvoj rezistence se děje z několika zásadních příčin. V mnoha případech se jedná především o nesprávné dávkování a pravidelnou, dlouhodobou a preventivní aplikaci anthelmintických léčiv. Další příčinnou může být aplikace stále stejného typu anthelmintik, podávání anthelmintik po expirační době, či krátká karanténa nových jedinců uváděných do stávajících chovů, která by měla trvat optimálně 4–6 týdnů (Rahmann & Seip 2007; Torres-Acosta & Hoste 2008).

Vzhledem ke skutečnosti, že rezistence se rozvíjí na genetickém podkladě hlístice mají velmi krátkou generační dobu, může se stát celá populace rezistentní poměrně v krátké době (Wolstenholme et al. 2004). Z pohledu farmaceutického průmyslu se problematika rezistence týká všech komerčně dostupných anthelmintik a negativně zasahuje chovy nejen v oblasti veterinární, ale i ekonomické (Zajac & Gipson 2000). V rámci farmakologického řešení rezistence je optimální střídat anthelmintika s různým mechanismem účinku. Všeobecně je vhodné anthelmintika jedné skupiny aplikovat do té doby, dokud se jejich léčivý účinek nesnižuje a následně aplikovat preparát z jiné skupiny. Nejlepší způsob, jak snížit riziko vzniku rezistence je kombinovat anthelmintika různých chemických skupin (Rahmann & Seip 2007).

9.2 Metody testace rezistence na anthelmintika

Testů pro stanovení rezistence na aplikovaná anthelmintika malým přežvýkavcům bylo vyvinuto velké množství. Každý test má ovšem při pohledu na jejich spolehlivost a způsoby interpretace výsledků svá pozitiva a negativa.

Nejvíce používanou metodou k zjištění účinnosti všech skupin anthelmintik proti gastrointestinálním hlísticím u hospodářských zvířat je test redukce počtu vajíček hlístic ve výkalech – FECRT „faecal count reduction test“. Principem testu je kvantitativní hodnocení vajíček hlístic z výkalů ovcí a koz v době aplikace anthelmintik a poté v přesně stanoveném čase po aplikaci. Tento test se vyhodnocuje následujícím způsobem: $iFECR = (1/n \sum (100 \times (1 - T1/T2)))$ kde T1 je hodnota počtu vajíček hlístic v gramu výkalů v hostiteli, T1 je počet před léčbou a T2 pak po léčbě, celkové množství hostitelů je n. Vyjde-li výsledek FECR méně než 95 % znamená to prokázání rezistence gastrointestinálních hlístic na podaná anthelmintika testovaným zvířatům (Vadlejch a kol. 2014).

Další metodou je test líhnutí vajíček – EHT „egg hatch test“, který se používá pro stanovení rezistence gastrointestinálních hlístic na benzimidazoly, které se v ČR využívají nejvíce. Postup metody je následující. K výkalům obsahující vajíčka hlístic se přidá voda v poměru 1:2 rozmíchá a přefiltruje. Roztok se centrifuguje po dobu 2 min. při 2000 RPM. Sediment se smíchá s flotačním roztokem NaCl a opět je provedena centrifugace. Horní část tekutiny se odsaje z centrifugační zkumavky a rozpustí v desetinásobném množství destilované vody. Sedimentace probíhá v lednici po dobu 3–5 hod. Sedimentovaná vajíčka hlístic by měla být optimálně ve stavu, kdy jejich vývoj nebyl ještě započat. Každý vzorek se testuje v mikrotitrační destičce s různými koncentracemi thiabendazolu. Kontrolní vzorky jsou vyhotoveny bez thiabendazolu. Inkubace vajíček je provedena za teploty cca 25 °C po dobu 48 hodin. V konečné fázi se spočítají u jednotlivých koncentrací vylíhlé larvy a nevylíhnutá vajíčka, následně se stanoví jejich procentuální poměr. Vypočítá se koncentrace thiabendazolu, při které se 50 % vajíček hlístic vyvine do stádia L₁ (ED₅₀). Rezistence na benzimidazoly je potvrzena v případě, že hodnota ED₅₀ převyšuje koncentraci 0,1 µg/ml thiabendazolu (Coles et al. 2003).

Nejvíce používanou metodou pro stanovení rezistence u ovcí a koz je test vývinu larev – LDT „larval development test“. U tohoto testu se sleduje vývoj vajíček hlístic do larválního stádia L₃. Za pomoci destilované vody se zvlhčí testovací jamky mikrotitrační destičky, aby v průběhu testu nevysychaly. Dále se přidá 10 µl kvasnicového extraktu (1 g kvasnicového

extraktu + 90 ml 0,85% NaCl). Vajíčka hlístic je vhodné testovat v různých koncentracích účinných látek. Inkubace probíhá při teplotě 25 °C po dobu 7 dnů. Po této době se stanoví počet larev a hodnota LC₅₀ (koncentrace účinné látky, při které se vylíhne do stádia L₃ 50 % vajíček). Rezistence hlístic na benzimidazoly je potvrzena, pokud hodnota LC₅₀ převyšuje koncentraci 0,02 µg/ml u thiabendazolu, v případě levamisolu se jedná o koncentraci 0,5 µg/ml a u ivermectinu o koncentraci 5,4 ng/ml (Hubert & Kerbouf 1984; Coles et al. 2003; Coles et al. 2006).

10 Závěr

Výskyt gastrointestinálních hlístic v chovech ovcí a koz je aktuálním problémem nejen v ČR, ale i v jiných evropských zemích. Je nezbytné se touto problematikou intenzivně zabývat a více vzdělávat chovatele nejen o epizootologii gastrointestinálních hlístic jako takové, ale i o vhodné prevenci proti této infekci. Informovat je o rizicích a příčinách vzniku rezistence na používaná léčiva, motivovat je, aby upustili od zažitých praktik a začali používat nové postupy vycházející z nejnovějších výzkumných poznatků. V rámci prevence doporučit vhodný management pastvy, který zahrnuje optimální množství ovcí a koz na ploše pastvin, rozdělení pastvin na menší plochy, rotaci pastvin a zkrmování rostlin s anthelmintickými účinky.

Důležitá je i karanténa nově zařazených jedinců do chovu, která trvá 4–6 týdnů. Odčervení mláďat je vhodné provést ve věku 10 týdnů a poté až dle výsledků koprologického vyšetření. Dále by se měli chovatelé vyvarovat plošného podávání anthelmintik bez koprologického vyšetření, jako formy prevence. Zvyšují tak riziko rezistencí gastrointestinálních hlístic na aplikovaná anthelmintika. Také dlouhodobé používání stále stejného druhu léčiv, poddávkování či užívání léčiv s prošlou expirací vede k zvýšenému riziku rezistence.

Aby chovatelé mohli předcházet rozvoji infekcí způsobených gastrointestinálními hlísticemi a rezistencí vůči anthelmintikům, je zapotřebí nejen výše zmíněných znalostí, ale i optimální aplikace postupu antiparazitárních programů konkrétně upravených na daný chov. Vznik rezistence je závažný nejen z hlediska veterinárního, ale i ekonomického. Dochází ke snížené užitkovosti ovcí a koz a případné mortalitě především u mláďat.

V chovech koz je všeobecně tato problematika méně prozkoumána. Vzhledem k podobné fyziologii koz a ovcí se tak uplatňují vědecké poznatky z chovu ovcí. U koz musíme brát v potaz určitá specifika. K parazitům jsou kozy vnímavější a také klinický průběh infekce je závažnější. Odlišují se i rychlostí svého metabolismu, který je mnohem rychlejší. Je tedy nutné podat o 1,5x vyšší dávku účinné látky, než je indikováno u ovcí. V případě podání stejných dávek účinné látky jako se uvádí u chovu ovcí by u koz došlo k poddávkování a vývoji rezistence na tato anthelmintika.

Další možností, jak mohou chovatelé sledovat možný vznik rezistence na aplikovaná léčiva ve svých chovech je za pomoci testace. Na trhu jsou dostupné i sady přímo pro chovatelé.

Z dostupných celosvětových výzkumů a znalostí problematiky můžeme konstatovat, že jsou v boji proti hlísticím účinné metody a postupy prevence i léčby. Je však důležité, aby lidský faktor respektoval epizootologická i biologická pravidla dynamického vývoje hlístic, a tím tak eliminoval následky infekcí zvěře na pastvinách.

11 Seznam použitých zdrojů

Abbott KA, Taylor MA, Stubbings LA. 2012. Sustainable Worm Control Strategies for Sheep: A Technical Manual for Veterinary Surgeons and Advisors, SCOPS. Context Publishing.

Anderson RC. 2000. Nematode Parasites of Vertebrates. Their Development and Transmission. CABI Publish, Wallingford UK.

Athanasidou S, Githiori J, Kyriazakis I. 2007. Medicinal plants for helminth parasite control: facts and fiction. *Animal* **1**:1392-1400.

Balic A, Bowles VM, Meeusen ENT. 2000. The immunobiology of gastrointestinal nematode infections in ruminants. *Advances in Parasitology* **45**:181-241.

Besier RB, Kahn LP, Sargison ND, van Wyk JA. Diagnosis, Treatment and Management of *Haemonchus contortus* in Small Ruminants. *Advances in Parasitology* **93**:181-238.

Bird AF, Bird J. 1991. The structure of nematodes. Academic Press, San Diego, USA.

Bishop SC, Bairden K, McKellar QA, Stear MJ. 1996. Genetic parameters for faecal egg count following mixed, natural predominantly *Ostertagia circumcincta* infection and relationships with live weight in young lambs. *Animal Science* **63**:423-428.

Bishop SC, Stear MJ. 2003. Modelling of host genetics and resistance to infectious diseases: understanding and controlling nematode infections. *Veterinary Parasitology* **115**:147-166.

Blaxter ML. 2003. Nematoda: Genes, Genomes and the Evolution of Parasitism. *Advances in Parasitology* **54**:101-195.

Blaxter ML, Dorris M, De Ley P. 2000. Patterns and processes in the evolution of animal parasitic nematodes. *Nematology* **2**:43-55.

Blaxter ML et al. 1998. A molecular evolutionary framework for the phylum Nematoda. *Nature* **392**:71-75.

Blaxter ML, Robertson WM. 1998. The cuticle. Pages 25-48 in Perry RN, Wright DJ. editor. *The physiology and biochemistry of free-living and plant parasitic nematodes*. CABI, Wallingford UK.

Cabaret J, Bouilhol M, Mage C. 2002. Managing helminths of ruminants in organic farming. *Veterinary Research* **33**:625-640.

Cezar AS, Toscan G, Camillo G, Sangioni LA, Ribas HO, Vogel FSF. 2010. Multiple resistance of gastrointestinal nematodes to nine different drugs in a sheep flock in southern Brazil. *Veterinary Parasitology* **173**:157-160.

Cole VG. 1986. *Helminth Parasites of Sheep and Cattle*. Canberra, Australia.

- Coles GC, Bauer C, Borgsteede FHM, Geerts S, Klei TR, Taylor MA, Waller PJ. 2003. World Association for the Advancement of Veterinary Parasitology (W.A.A.V.P.) methods for the detection of anthelmintic resistance in nematodes of veterinary importance. *Veterinary Parasitology* **44**:35-44.
- Coles GC, Jackson F, Pomroy WE, Prichard RK, von Samson-Himmelstjerna G, Silvestre A, Taylor MA, Vercruysse J. 2006. The detection of anthelmintic resistance in nematodes of veterinary importance. *Veterinary Parasitology* **136**:167-185.
- Conder GA. 2002. Chemical Control of Animal-Parasitic Nematodes. Pages 521-529 in: Lee DL. editor. *The Biology of Nematodes*. CRC Press, London.
- Coop RL, Kyriazakis I. 1999. Nutrition-parasite interaction. *Veterinary Parasitology* **84**:187-204.
- Craig TM. 2018. Gastrointestinal Nematodes, Diagnosis and Control. *Vet Clin Food Anim* **34**:185-199.
- De Ley P, Blaxter ML. 2004. A new system for Nematoda: combining morphological characters with molecular trees, and translating clades into ranks and taxa. *Nematology Monographs & Perspectives* **2**:633-653.
- Dorris M, De Ley P, Blaxter ML. 1999. Molecular analysis of nematode diversity and the evolution of parasitism. *Parasitology Today* **15**:188-196.
- Dunn CW. et al. 2008. Broad phylogenomic sampling improves resolution of animal tree of life. *Nature* **452**:745-749.
- Dye FJ. 2012. *Dictionary of developmental biology and embryology*. Wiley – Blackwell, New Jersey, USA.
- Eslami A, Ranjbar-Bahadori S, Zare R, Razzaghi-Abyaneh M. 2005. The predatory capability of *Arthrobotrys cladodes* var. *macroides* in the control of *Haemonchus contortus* infective larvae. *Veterinary Parasitology* **130**:263-266.
- Fantová M. 2000. *Chov koz*. Brázda, Praha.
- Fitzpatrick J.L. 2013. Global food security: the impact of veterinary parasites and parasitologists. *Veterinary Parasitology* **195**:233-248.
- Gatongi PM, Prichard RK, Ranjan S, Gathuma JM, Munyua WK, Cheruiyot H, Scott ME. 1998. Hypobiosis of *Haemonchus contortus* in natural infections of sheep and goats in a semi-arid area of Kenya. *Veterinary Parasitology* **77**:49-61.
- Gillespie S, Pearson RD. 2001. *Principles and practice of clinical parasitology*. John Wiley and Sons, Sussex, UK.

Goff JP. 2006. Major advances in our understanding of nutritional influences on bovine health. *Journal of Dairy Science* **89**: 1292-1301.

Hendrix ChM, Robinson E. 2014. *Diagnostic Parasitology for Veterinary Technicians*. Elsevier Health Sciences, USA.

Horák P, Scholz T. 1998. *Biologie helmintů*. Karolinum, Praha.

Hořejší V, Bartůňková J. 2005. *Základy imunologie*. Triton, Praha.

Hoste H, Jackson F, Athanasiadou S, Thamsborg SM, Hoskin SO. 2006. The effects of tannin-rich plants on parasitic nematodes in ruminants. *Trends in Parasitology* **22**:253-261.

Hoste H, Sotiraki S, Landau SY, Jackson F, Beveridge I. 2010. Goat-Nematode interactions: think differently. *Trends in Parasitology*. **26**:376-381.

Hoste H, Sotiraki S, de Jesús Torres-Acosta JF. 2011a. Control of endoparasitic nematode infections in goats. *Veterinary Clinics of North America-Food Animal Practice*, **27**:163-173.

Hoste H, Torres-Acosta JFJ, Aguilar-Caballero AJ. 2008. Nutrition – parasite interactions in goats: is immunoregulation involved in the control of gastrointestinal nematodes? *Parasite Immunology* **30**:79–88.

Houdijk JGM, Jackson F, Coop RL, Kyriazakis I. 2006. Rapid improvement of immunity to *Teladorsagia circumcincta* is achieved through a reduction in the demand for protein in lactating ewes. *Int J Parasitology* **36**:219-227.

Houdijk JGM, Kyriazakis I, Jackson F, Huntley JF, Coop RL. 2000. Can an increased intake of metabolizable protein affect the periparturient relaxation in immunity against *Teladorsagia circumcincta* in sheep? *Veterinary Parasitology* **91**:43-62.

Howard BG. 2017. Alimentary System and the Peritoneum, Omentum, Mesentery, and Peritoneal Cavity. *Pathologic Basis of Veterinary Disease* (e1) DOI: 10.1016/B978-0-323-35775-3.00007-2.

Hubert J, Kerboeuf D. 1984. A new method for culture of larvae used in diagnosis of ruminant gastrointestinal strongylosis: comparison with faecal cultures. *Can J Comp Med* **48**:63–71.

Charlier J, De Waele V, Ducheyne E, van der Voort M, Velde FV, Claerebout E. 2016. Decision making on helminths in cattle: diagnostics, economics and human behaviour. *Irish Veterinary Journal* **69**:14.

Charlier J, van der Voort M, Kenyon F, Skuce P, Vercruyse J. 2014. Chasing helminths and their economic impact on farmed ruminants. *Trends in Parasitology* **30**:361-367.

Charlier J, Velde FV, van der Voort M, Van Meensel J, Lauwers L, Cauberghe V, Vercruyse J, Claerebout E. 2015. ECONOHEALTH: Placing helminth infections of livestock in an economic and social context. *Veterinary Parasitology* **212**:62-67.

Jackson F, Greer AW, Huntley J, McAnulty RW, Bartley DJ, Stanley A, Stenhouse L, Stankiewicz M, Sykes AR. 2004. Studies using *Teladorsagia circumcincta* in an in vitro direct challenge method using abomasal tissue explants. *Veterinary Parasitology* **124**:73-89.

Ježková T. 2021. Trichostrongylóza přežvýkavců. Tereza Ježková. Available from: <https://zverolekarka.com/trichostrongyloza-prezvykavcu/> (accessed December 2021).

Jurášek V, Dubinský P. 1993. *Veterinárna parazitológia. Príroda a. s., Bratislava.*

Kenney MA, Roderuck CE, Arnrich L, Piedad F. 1968. Effect of protein deficiency on the spleen and antibody formation in rats. *The Journal of Nutrition* **95**: 173-178.

Langrová I, Makovcová K, Vadlejch J, Jankovská I, Petrtýl M, Fechtner J, Keil P, Lytvynets A, Borkovcová M. 2008. Arrested development of sheep strongyles: onset and resumption under field conditions of Central Europe. *Parasitology Research* **103**:387-392.

Lee DL. 2002. *The Biology of Nematodes.* Taylor & Francis, London.

Makovcová K, Jankovská I, Vadlejch J, Langrová I, Vejl P, Lytvynets A. 2009. The contribution to the epidemiology of gastrointestinal nematodes of sheep with special focus on the survival of infective larvae in winter conditions. *Parasitology Research* **104**:795-799.

Marley CL, Cook R, Keatinge R, Barrett J, Lampkin NH. 2003. The effect of birdsfoot trefoil (*Lotus corniculatus*) and chicory (*Cichorium intybus*) on parasite intensities and performance of lambs naturally infected with helminth parasites. *Veterinary Parasitology* **112**:147-155.

Marley CL, Fraser MD, Fychan R, Theobald VJ, Jones R. 2005. Effect of forage legumes and anthelmintic treatment on the performance, nutritional status and nematode parasites of grazing lambs. *Veterinary Parasitology* **131**:267-282.

Miller AS, Harley JB. 2005. *Zoology.* McGraw-Hill, Boston.

Min BR, Barry TN, Attwood GT, McNabb WC. 2003. The effect of condensed tannins on the nutrition and health of ruminants fed fresh temperate forages: a review. *Animal Feed Science and Technology* **106**:3-19.

Min BR, Pomroy WE, Hart SP, Sahlu T. 2004. The effect of shortterm consumption of a forage containing condensed tannins on gastro-intestinal nematode parasite infections in grazing wether goats. *Small Ruminant Research* **51**:27-283.

Mitreva M, Blaxter ML, Bird DL, McCarter JP. 2005. Comparative genomics of nematodes. *Trends in Genetics* **21**:573-581.

Mueller-Harvey I. 2006. Unravelling the conundrum of tannins in animal nutrition and health. *J Sci. Food Agric.* **86**:2010-2037.

Munn EA, Munn AD. 2002. Feeding and digestion. Pages 211-232 in Lee DL, editor. *The Biology of Nematodes*. Taylor & Francis Group, New York.

Niezen JH, Robertson HA, Sidey A, Wilson SR. 2002c. The effect of pasture species on parasitism and performance of lambs grazing one of three grass-white clover pasture swards. *Veterinary Parasitology* **105**:303-315.

O'Connor LJ, Walkden-Brown SW, Kahn LP. 2006. Ecology of the free living stages of major trichostrongylid parasites of sheep. *Veterinary Parasitology* **142**:1-15.

Paolini V, De La Farge F, Prevot F, Dorchies P, Hoste H. 2005. Effects of the repeated distribution of sainfoin hay on the resistance and the resilience of goats naturally infected with gastrointestinal nematodes. *Veterinary Parasitology* **127**:277-283.

Paraud C, Pors I, Chartier C. 2007. Efficiency of feeding *Duddingtonia flagrans* chlamydospores to control nematode parasites of first-season grazing goats in France. *Veterinary Research Communications* **31**:305-315.

Pugh DG, Baird AN. 2012. *Sheep and goat medicine*. Elsevier, Maryland.

Rahmann G, Seip H. 2007. Alternative strategies to prevent and control endoparasite diseases in organic sheep and goat farming systems – a review of current scientific knowledge. *Landbauforschung Völkenrode* **57**:75-88.

Reed JD. 1995. Nutritional toxicology of tannins and related polyphenols in forage legumes. *Journal of Animal Science* **73**:1516-1528.

Roberts TM, Stewart M. 1995. Nematode sperm locomotion. *Current Opinion in Cell Biology* **7**:13-17.

Roeber F, Jex AR, Gasser RB. 2013. Impact of gastrointestinal parasitic nematodes of sheep, and the role of advanced molecular tools for exploring epidemiology and drug resistance – an Australian perspective. *Parasites & Vectors* **27**:1-13.

Rochfort S, Parker AJ, Dunshea FR. 2008. Plant bioactives for ruminant health and productivity. *Phytochemistry* **69**:299-322.

Sarginson ND. Pharmaceutical treatments of gastrointestinal nematode infections of sheep – Future of anthelmintic drugs. *Veterinary Parasitology* **189**:79-84.

Schmidt-Rhaesa A. 2007. *The Evolution of Organ Systems*. Oxford University Press, New York.

Smith MC, Shermant M. 2009. *Goat medicine*. Wiley-Blackwell, UK.

Sutherland I, Scott I. 2010. *Gastrointestinal Nematodes of Sheep and Cattle: Biology and Control*. Wiley-Blackwell, West Sussex.

Taylor LL, Quirk J, Thorley RMS, Kharecha PA, Hansen J, Ridgwell A, Lomas MR, Banwart SA, Beerling DJ. 2016. Enhanced weathering strategies for stabilizing climate and averting ocean acidification. *Nature Climate Change* **6**:402-406.

Taylor MA, Coop RL, Wall, RL. 2007. *Veterinary Parasitology*. Wiley – Blackwell, West Sussex.

Urban J, Kokoška L, Langrová I, Matejková J. 2008. In Vitro Anthelmintic Effects of Medicinal Plants Used in Czech Republic. *Pharmaceutical Biology* **46**:1-6.

Urban J, Tauchen J, Langrova I, Kokoska L. 2014. In vitro motility inhibition effect of Czech medicinal plant extracts on *Chabertia ovina* adults. *Journal of Animal & Plant Sciences* **21**:3293-3302.

Vadlejch J. 2015. Gastrointestinální helmintózy ovcí – review. *Veterinářství*, **65**:361-366.

Vadlejch J, Kopecký O, Kudrnáčová M, Čadková Z, Jankovská I, Langrová I. 2014: The effect of risk factors of sheep flock management practices on the development of anthelmintic resistance in the Czech Republic, *Small Ruminant Research* **117**:183–190.

Valderrábano J, Delfa R, Uriarte J. 2002. Effect of level of feed intake on the development of gastrointestinal parasitism in growing lambs. *Veterinary Parasitology* **104**:327-338.

van Dijk J, Morgan ER. 2009. Hatching behaviour of *Nematodirus filicollis* in a flock co-infected with *Nematodirus battus*. *Parasitology* **136**:805-811.

van Dijk J, Morgan ER. 2011. The influence of water on the migration of infective trichostrongyloid larvae onto grass. *Parasitology* **138**:780-788.

Vernerová E. 2017. Odčervení jehňat proti tasemnicím na jaře. *Zpravodaj SCHOK* **2**:24.

Volf P, Horák P. 2007. *Paraziti a jejich biologie*. Triton, Praha.

Waghorn GC, McNabb WC. 2003. Consequences of plant phenolic compounds for productivity and health of ruminants. *Proc. Nutr. Soc.* **62**:383-392.

Waller PJ, Rudby-Martin L, Ljungström BL, Rydzik A. 2004. The epidemiology of abomasal nematodes of sheep in Sweden, with particular reference to over-winter survival strategies. *Veterinary Parasitology* **122**:207-220.

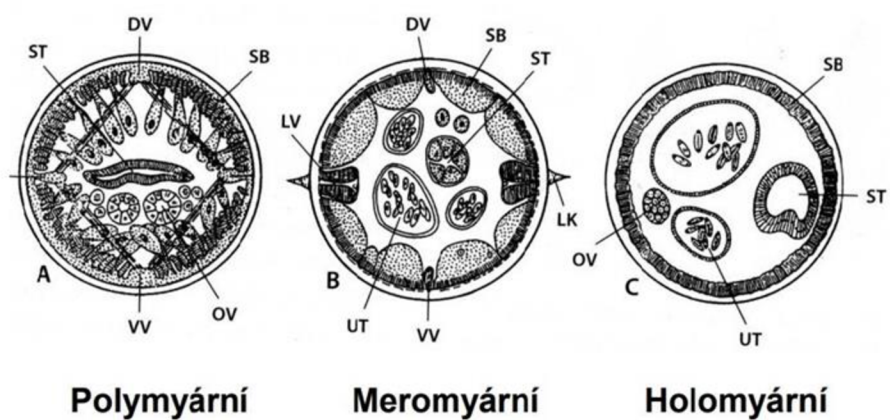
Younie D, Thamsborg SM, Ambrosini F, Roderick S. 2004. Grassland Management and Parasite Control. pages 309-324 in Vaarst M, editor. *Animal health and welfare in organic agriculture*. CABI Publishing, Wallingford.

Zajac AM. 2006. Gastrointestinal Nematodes of Small Ruminants: Life Cycle, Anthelmintics and Diagnosis. *Veterinary Clinical Food Animal Practice* **22**:529-541.

Zajac AM, Conboy GA. 2012. *Veterinary Clinical Parasitology*. Wiley-Blackwell, West Sussex.

Zhao GH, Jia YQ, Cheng WY, Zhao W, Bian QQ, Liu GH. 2014. Characterization of the complete mitochondrial genomes of *Nematodirus oiratianus* and *Nematodirus spathiger* of small ruminants. *Parasites & Vectors* 7:319.

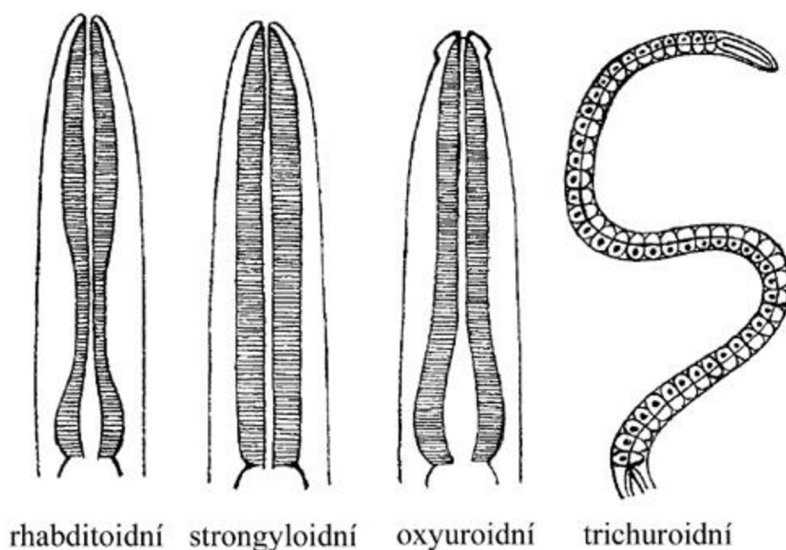
Přílohy:



Obr. 1: Typy uspořádání svalové soustavy hlístic na příčných řezech

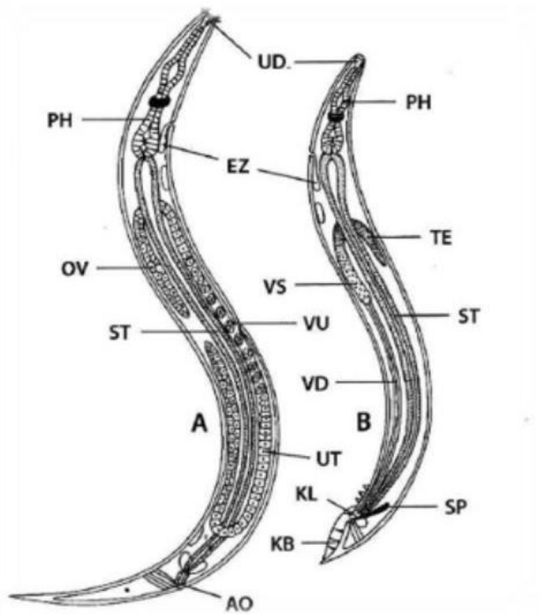
A – polymyární (Ascaroidea), B – meromyární (Oxyurida), C – holomyární (Trichuridae).
VV – ventrální výběžek hypodermis s nervovou trubicí, OV – ovarium, SB – svalové buňky,
DV – dorsální výběžek hypodermis s nervovou trubicí, ST – střevo, LV – laterální výběžek
hypodermis s exkrečním kanálem, UT – uterus, LK – laterální kutikulární křídla

(převzaté z: Volf & Horák 2007)



Obr. 2: Základní typy jícnu hlístic

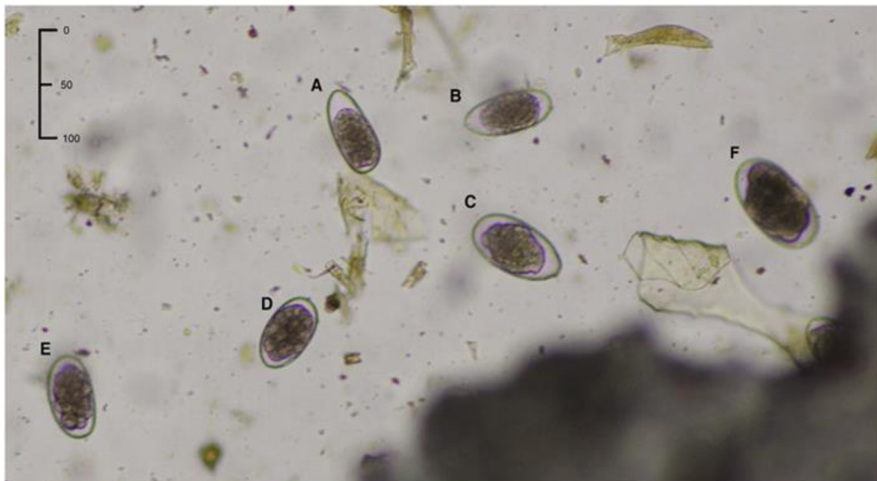
(převzaté z: Volf & Horák 2007)



Obr. 3: Morfologie samičky a samečka hlístic

A – samice, B – samec, AO – anální otvor, UT – uterus, VU – vulva, EZ – exkrecečně-sekreceční žlázy, ÚD – ústní dutina, PH – larynx, OV – ovarium, ST – střevo, KB – kopulační burza, SP – spikula, TE – testis, VS – vesikula seminalis, VD – vas deferens, KL – kloaka

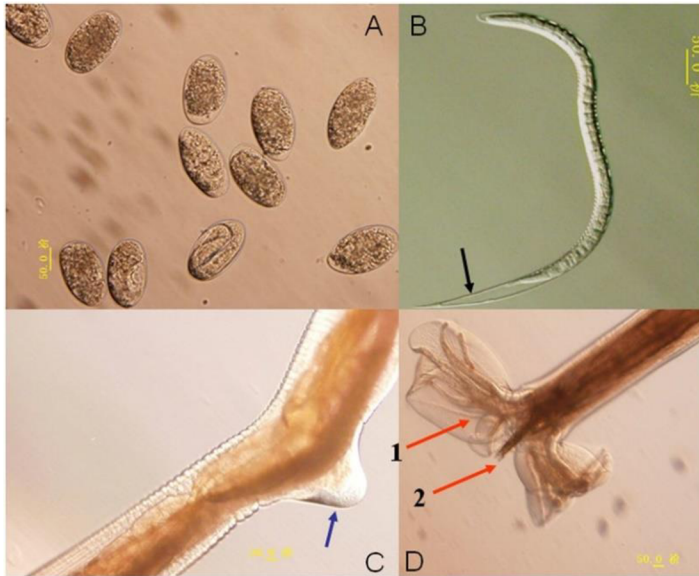
(převzaté z: Volf & Horák 2007)



Obr. 4: Morfologický vzhled vajíček Strongylidů

A, B – *Trichostrongylus axei*, C – *Teladorsagia circumcincta*, D – *Haemonchus contortus*, E – nelze klasifikovat, F – *Chabertia/Oesophagostomum*

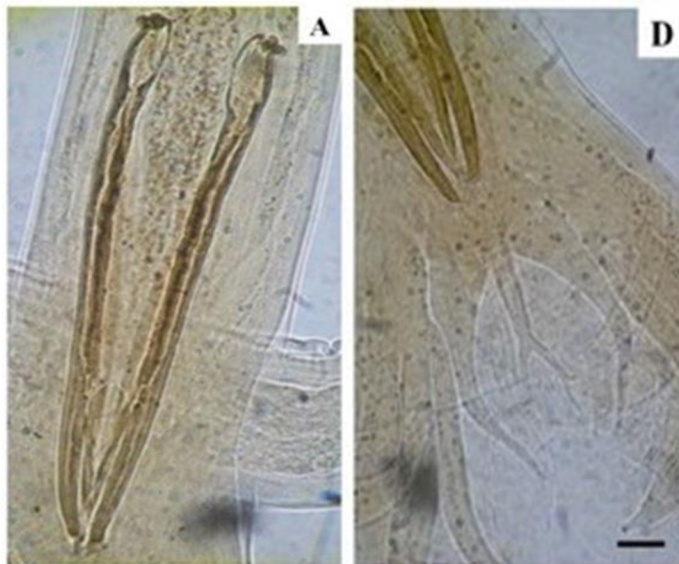
(převzaté z: https://www.researchgate.net/figure/Morphological-appearance-of-the-strongylid-eggs-a-B-Trichostrongylus-axei-c_fig3_322681694)



Obr. 5: Fáze životního cyklu *Haemonchus contortus*

A – vajíčka, B – L₃ larva, C – vulva dospělé samice, D – burza dospělého samce, 1 – hroty kopulační burzy, 2 – spikuly

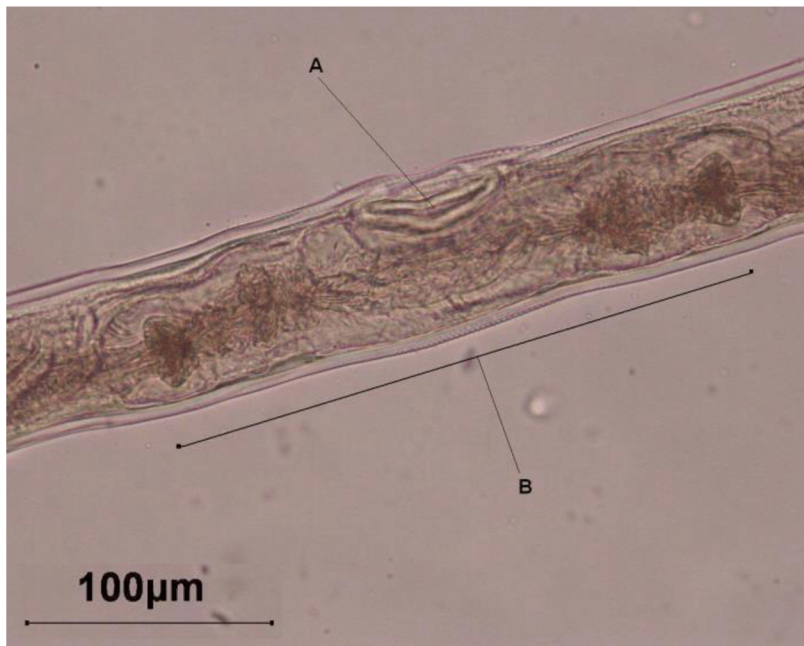
(převzaté z: https://www.researchgate.net/figure/H-contortus-life-cycle-stages-A-H-contortus-egg-B-H-contortus-L-3-larva-Slender_fig4_314244598)



Obr. 6: Sameček *Teladorsagia circumcincta*

A – spikula, D – kopulační burza

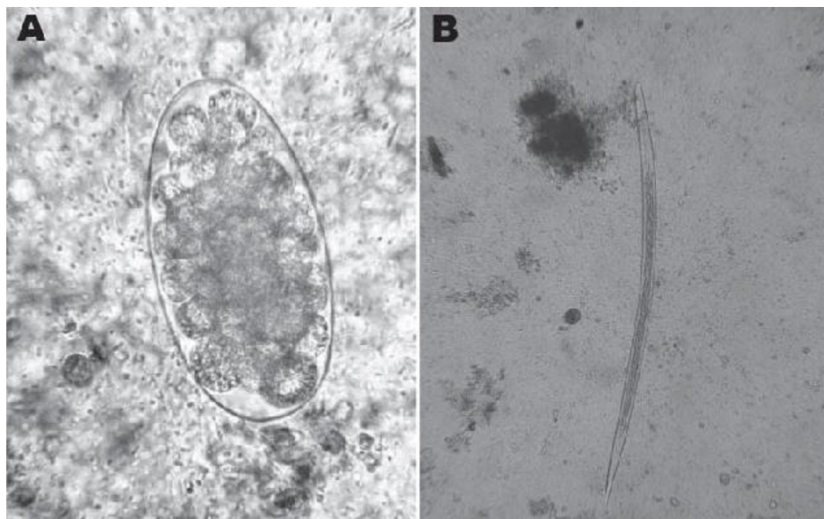
(převzaté z: https://www.researchgate.net/figure/Teladorsagia-circumcincta-A-spicules-and-D-copulatory-bursa-of-Teladorsagia-c_fig1_257908629)



Obr. 7: Samička *Trichostrongylus axei*

A – vulva, B – vaječníky

(převzaté z: https://www.researchgate.net/figure/Trichostrongylus-axei-female-x-630-A-Vulva-B-Ovjector_fig6_310799655)



Obr. 8: *Trichostrongylus colubriformis*

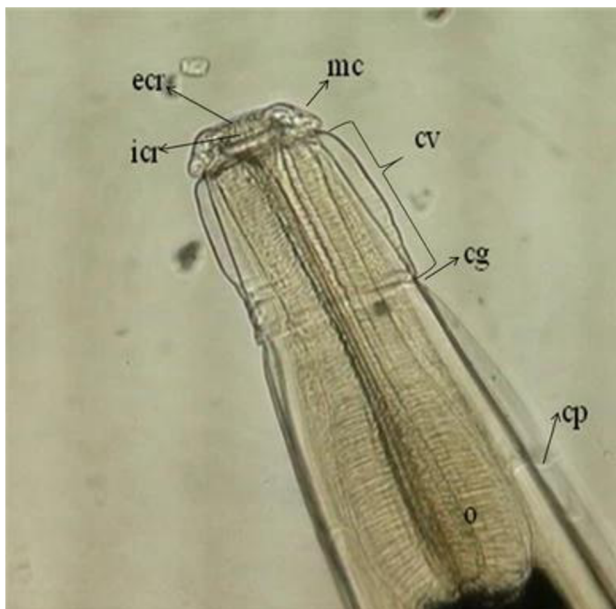
A – vajíčko, B – larva L₃

(převzaté z: https://www.researchgate.net/figure/Trichostrongylus-colubriformis-nematode-isolated-from-feces-of-a-47-year-old_fig1_51495890)



Obr. 9: *Nematodirus*

(převzaté z: http://www.vet.ed.ac.uk/parasitology/InfectionAndImmunity/P_08Nematodes/Parasites/Nematodirus/nematodirusMalePosterior.htm)



Obr. 10: *Oesophagostomum venulosum*

cg – cervikální žlábk, cv – cervikální váček, cp – cervikální papily, icr – vnitřní corona radiata, ecr – externí corona radiata, mc – ústní pouzdro, o – jícen

(převzaté z: <https://link.springer.com/article/10.1007/s12639-017-0893-7/figures/7>)



Obr. 11: Vajíčka *Trichuris trichiura*

(převzaté z: <https://lape.prf.jcu.cz/projekty/narodni-trida/>)