

MTA doktori értekezés opponensi véleményére adott válasz

Jelölt: Dr. Eszterbauer Edit
Értekezés azonosítója: dc_1729_20
Értekezés címe: Nyálkaspórák halélősködők gazdafajlagossága és a gazda–parazita kölcsönhatás megnyilvánulásai
Opponens: Dr. Rózsa Lajos, az MTA doktora

Tisztelt Professzor Úr!

Mindenekelőtt nagyon köszönöm doktori értekezésem szakmai bírálatát, értékes megjegyzéseit, dicsérő szavait és támogató véleményét.

A nyálkaspórák élősködőkkel foglalkozó tudományterületen jelenleg is elfogadott terminológia hiányosságaira vonatkozó megjegyzésével teljes mértékben egyetértek. A spóra, sporogónia, plazmódium elsősorban egysejtűekre vonatkozó fogalmak. Azonban azt is érdemes figyelembe venni, hogy hiába tudjuk már több évtizede, hogy többsejtű állatokról van szó, életmódjuk és fejlődési alakjaik morfológiai különlegességei miatt a már létező terminológia alkalmazása is pontatlan lenne. Hogy az alapfogalmak aktualizálásának esetleges igénye a tématerülettel foglalkozó kutatókban nem jutott tetekig, talán amiatt is van, mert egy igen terjedelmes szakirodalom – beleértve a több ezer fajleírást – „szervezettani nevezéktára” válna elavulttá ezáltal. Mindazonáltal az is lehetséges, hogy egyszerűen csak eddig nem került az állatszervezettannal foglalkozó kollégák „látómezejébe” ez a parazita csoport.

A parazita fajok patogenitásának evolúciójával kapcsolatban valóban nem fejtettem ki eléggé az álláspontom. Egyetértek azzal, hogy ha a parazita terjedéséhez szükséges a gazda halála, akkor a kórokozó – akár egy parazita – magas patogenitású, és evolúciósan is ez a preferált stratégia. A nyálkaspórák legtöbb faja alacsony patogenitású, betegséget alig, elváltozásokat pedig kis mértékben okoznak halgazdáikban. Van azonban néhány, ettől eltérően viselkedő, komoly elhullásokat okozó faj. Ilyen az említett *Myxobolus cerebralis*. Viszont ez a parazita is leginkább a szivárványos pisztráng esetében okoz súlyos, és gyakran végzetes megbetegedést. A parazita kijutása a koponyaporcból valóban a halgazda halála után történik/történhet meg. Viszont a parazita faj eredeti típusgazdájában, a sebes pisztrángban a fertőzés ritkán jár elhullással, ennek ellenére igazolt terjesztői az élősködőnek. Erre az ellentmondásosnak tűnő helyzetre elképzelésem szerint a pisztrángfélék ősi, anadróm életciklusában keresendő a válasz. A tengerből a folyók/patakok felső folyása felé vándorló pisztrángfélék a gyakran viszontagságos út után, a sok sérülés, a hímek rivalizálása, és a

szaporodási időszakban jelentősen romló általános kondíció következményeként nagy számban pusztulnak el. A Csendes-óceáni lazacok (*Onchorhynchus* spp.) szinte kivétel nélkül, az atlanti lazac (*Salmo salar*) és a sebes pisztrángok ősi, anadróm alfajának (*Salmo trutta* m. *trutta*) pedig a legtöbb egyede elpusztul a szaporodás után, így a parazita myxospórák kijutása ott valósul meg, ahol a parazitára legfogékonyabb ivadékállomány megkezdte aktív életét. Ezáltal a hal pusztulását közvetlenül nem a parazita idézi elő, mégis „profitál” a gazda sajátos életmódjának köszönhető helyzetből. Ez sok szempontból magyarázná egyébként a másik két, ismert patogen faj, a *Ceratonova shasta* és a *Tetracapsuloides bryosalmonae* terjedési stratégiáját is.

A parazitafertőzöttség abundanciájának és intenzitásának statisztikai elemzésével kapcsolatban tett észrevételét nagyon köszönöm. Az említett aggregált eloszlás miatt, kollégáimmal mi szembesültünk az általunk alkalmazott módszerek korlátaival, és a javasolt tesztek valóban megoldást jelenthettek volna.

A véleményében megfogalmazott kérdésekre adott válaszaim:

1. A morfológiai alapú, szubjektív, és a DNS szekvenciákra alapozott, objektív fajfogalom alkalmazásának lehetséges összhangjával kapcsolatos kérdése így szól:

„Ezért kérdem a jelölttől, hogy vajon a genetikai szekvenciák ismerete csak a korábbiakhoz képest teszi valamivel objektívabbá a faji határok felismerését, vagy tényleg arról van szó, hogy ezek ismeretében abszolút objektív döntések hozhatók?”

A rövid válaszom: nem; objektív döntések DNS szekvencia-szintű összehasonlítás esetében sem hozhatók. Azt azonban hozzáteszem, hogy nem teljes genomokat vagy génkészleteket hasonlítunk össze, hanem a legtöbb esetben egy (főleg riboszomális RNS gén kis alegység, 18S rDNS) vagy néhány gén (18S rDNS mellett, a 28S rDNS, vagy „háztartási gének” mint az elongációs faktor gének, hősokk fehérjék génei stb.) összehasonlító, és/vagy filogenetikai elemzéséről van szó. A DNS-szintű elemzés fontos kiegészítője a morfológiai alapú fajmeghatározásnak, legtöbbször pontosítja azt, de a faji határok objektív körvonalazására ez sem ad mindig lehetőséget. Ezért elengedhetetlen a lehető legtöbb jellemző (legalább egy gén DNS szekvenciája mellett a spóramorfológia, a fogékony gazdafajok köre, a szöveti és a szervi lokalizáció, a földrajzi elterjedés stb.) pontos meghatározása egy új faj leírásánál.

Véleményem szerint egy igen izgalmas, átmeneti időszakot élünk az élettudományi kutatásokban. Most van az a kor, amikor az élővilág diverzitásának megismerése céljából a fajok genom- vagy transzkriptóma-szintű azonosítása már tömegesen zajlik. A detektált nagy mennyiségű genetikai információt viszont tudni kellene faj, vagy módszertől függően legalább egy felsőbb rendszertani szinten azonosítani. Ha bizonyos hibaszázalékkal is, de a gén

adatbázisokban (pl. NCBI „GenBank”) sok, azonosított referencia szekvencia elérhető. Most még többé-kevésbé rendelkezésre áll a klasszikus morfológiai tudás, ami segítheti ennek a referencia adatbázisnak a létrejöttét és szakmailag irányított bővülését. Azt gondolom, hogy hosszútávon a jövő a nukleinsav alapú, jórészt automatizált azonosításé lesz. Éppen ezért fontos, hogy a jelenben egy korrekt adatbázis jöjjön létre a meglévő szakértői tudást a lehető legnagyobb mértékben kihasználva.

2. „... egyes Myxospora fajok kétgazdás fejlődésmenete leegyszerűsödhet, így ezek képesek közvetlenül halról-halra terjedni. Mivel azonban a kétgazdás fajok ivaros szaporodása a gyűrűsféreg gazdában zajlik, ezért felmerül a kérdés, hogy a halról-halra közvetlenül terjedő fajok vajon kizárólag ivartalanul szaporodnak-e, vagy pedig képesek a halakban is ivarosán szaporodni? Van-e erről bármilyen információ a szakirodalomban?”

A közvetlen, halról–halra terjedés képességét elsősorban olyan tengeri környezetben élő nyálkaspórák fajoknál mutatták ki (pl. *Enteromyxum* fajok), amelyek tenyésztésbe vont halfajokban fejlődnek (pl. tengeri keszegek, *Sparus aurata*, *Pagrus auratus* stb.; rombuszhal, *Scophthalmus maximus*; gömbhal, *Takifugu rubripes*).

A halról–halra terjedést azonban kísérleti körülmények között – tulajdonképpen kikényszerítve azt – is el lehet érni. Kovács-Gayer Éva és Molnár Kálmán igazolta például, hogy pontyok úszóhólyag-gyulladását okozó *Sphaerospora dykova*e véralakjainak intraperitoneális átvitelével vese sphaerosporosis volt előidézhető fogékony pontyokban (Molnár & Kovács-Gayer 1986). Hasonló módon a *Ceratonova shasta* (Johnson 1980), a *Tetracapsuloides bryosalmonae* (Kent & Hedrick 1985) és a *Kudoa thyrsites* (Morgan et al. 1999) fajok is fertőzést váltottak ki a fogékony halakban.

A kérdés lényegi részére válaszolva, az eddig vizsgált fajok fejlődését alapul véve, jelen tudásunk szerint ivaros szaporodás nem történik a halakban a közvetlen, gerinctelen gazdát kihagyó fertőzési lánc során sem. Egyszerűen a kétgazdás fejlődési ciklus egyes fajoknál lerövidül, amennyiben 1) van olyan fejlődési alak, amely nagy mennyiségben képződik (a parazita sporogóniás fejlődési fázis során), 2) ez képes fertőzőképes állapotban kijutni a halból, és 3) fogékony halban gazdag környezetbe tud kerülni (pl. halgazdasági tartástechnológia során). Az elsőként említett *Enteromyxum* fajoknál mindhárom feltétel teljesül. A sporogóniás fejlődés a bélhamban zajlik, a fertőzés okozta bélgyulladás következményeként a bélfalról leváló nyálkával bevont bélhámsejtek tömegében az érett spórák mellett a parazita sporogóniás stádiumban lévő fejlődési alakjai is nagy számban jelen vannak. Ezek a szövet-törmelékek a bélcsatornán át kijutnak a vízbe, és a fogékony halak ezeket elfogyasztva fertőződhetnek. A megfertőződött halban ilyen esetben a parazita

fejlődése már a spóráképződéstől indul, és a halat fertőzni képes fejlődési alakok valamint az érett spórák akár már néhány hét után ürülni kezdenek, ezzel zárva a rövidített fejlődési ciklust.

Végezetül ismételten köszönöm dolgozatom bírálatát, és munkám pozitív értékelését. Bízom benne, hogy kérdéseire elfogadható válaszokat tudtam adni.

Budapest, 2021. február 12.

Tisztelettel:



Dr. Eszterbauer Edit

Hivatkozások

Johnson KA (1980) Host susceptibility, histopathologic and transmission studies on *Ceratomyxa shasta*, a myxosporidan parasite of salmonid fish. *Fish Pathol* 14:183–184

Kent ML, Hedrick RP (1985) PKX, the causative agent of proliferative kidney disease (PKD) in Pacific salmonid fishes and its affinities with the Myxozoa. *J Protozool* 32:254–260

Molnár K, Kovács-Gayer É (1986) Experimental induction of *Sphaerospora renicola* (Myxospora) infection in common carp (*Cyprinus carpio*) by transmission of SB protozoan. *J Appl Ichthyol* 2:214–217

Moran JDW, Whitaker DJ, Kent ML (1999) Natural and laboratory transmission of the marine myxozoan parasite *Kudoa thyrsites* to Atlantic salmon. *J Aquat Anim Health* 11:110–115