



Szent István Egyetem

Szaporodásbiológiai, genetikai, és területválasztási vizsgálatok a kínai razbóra (*Pseudorasbora parva*) magyarországi állományain

Csorbai Balázs

Gödöllő

2016

A doktori iskola

megnevezése:

Állattenyésztés-tudományi Doktori Iskola

Tudományága:

Állattenyésztési tudományok

Vezetője:

Dr. Mézes Miklós egyetemi tanár, MTA tagja

Szent István Egyetem, Mezőgazdaság- és
Környezettudományi Kar, Állattudományi Alapok
Intézet, Takarmányozástani Tanszék

Témavezető:

Dr. Horváth László

Egyetemi tanár, DSc, MTA doktora

Szent István Egyetem, Mezőgazdaság- és
Környezettudományi Kar, Akvakultúra és
Környezetbiztonsági Intézet, Halgazdálkodási
Tanszék

.....
Az iskolavezető jóváhagyása

.....
A témavezető jóváhagyása

1. A MUNKA ELŐZMÉNYEI, A KITŰZÖTT CÉLOK

A vízi ökoszisztémákat fenyegető egyik legnagyobb veszély az inváziós fajok megtelepedése. A természetes úton érkező, betelepülő fajok mellett valószínűsíthetően már a középkorban, az akvakultúra fejlődésével párhuzamosan megkezdődött az idegenhonos halfajok behurcolása a Duna vízgyűjtő területére. A folyamat igazi lendületet a XIX. század végén, a XX. század első évtizedeiben vett. Ekkor az Észak-Amerikában őshonos halfajokat gazdasági céllal kezdték betelepíteni a világ számos országába. A következő betelepítési hullám az 1950-es és '60-as években következett be: a kelet-európai halfajok, majd a távol-keleti növényevők (és velük a kínai razbóra *Pseudorasbora parva* TEMMINCK & SCHLEGEL, 1846) érkeztek ekkor hazánkba. A sikeres betelepítések egy része pozitív gazdasági eredménnyel zárult, komoly ökológia hatás nélkül (szivárványos pisztráng), más fajok esetében az egyértelmű gazdasági előnyök mellett a természetesvízi ökoszisztémákra nehezen felmérhető és eliminálható hatást tapasztalhatunk (fehér busa). Végül négy faj esetében elmondhatjuk, hogy mind gazdasági, mind ökológiai értelemben komoly kárt okozott a betelepítés, illetve a behurcolás: az ezüstkárász, a két törpeharcsa-faj és a kínai razbóra. Míg az első három faj esetében lényegében évtizedek óta elfogadott, hogy károsak, addig a razbóra még egyes oktatási anyagokban is igen tévesen a „megtűrt és jelentéktelen halfaj” kategóriába került. Az elvégzett kutatások azonban jelentősen változtatnak a kínai razbóra megítélésén. Egyrészt nyugat-európai megjelenésével párhuzamosan széleskörűen vizsgálták a razbóra ökológiai hatását az invázió által érintett területeken, így fény derült arra, hogy ezek a hatások sokkal átfogóbbak, mint azt korábban becsülték. Másrészt az élesedő gazdasági verseny miatt a közép-európai halgazdaságokban a ponty takarmányozásában felértékelődött az a természetes táplálékkínálat, melynek a razbóra is egyik elsődleges fogyasztója. A fenti okok miatt indokolt olyan vizsgálatok elvégzése, melyek feltárják a kínai razbóra biológiájának azon részleteit, melyeket Magyarországon eddig egyáltalán nem, vagy nem kellő mélységben vizsgáltak.

Célkitűzések

A fentiek alapján célul tűztem ki, hogy

- felmérem a kínai razbóra elterjedését a faj egyik legfontosabb magyarországi refúgium területén: a halastavakon, ugyanis ellentétben a nagyszámú természetesvízi adattal, erről a területről igen kevés biztos információ áll rendelkezésünkre,
- feltárom a faj genetikai variabilitását Magyarországon,
- megvizsgálom a petefészkek-fejlődés időbeni változásait a hazai populációkban,
- egyes populációkban felmérem az azévi ivadék arányát,
- a hazai populációk adatai alapján leírom a testhossz-testtömeg összefüggését, és a kapott eredmények alapján megvizsgálom az egyes

populációk kondícióját, melyet összevetek a szaporodásbiológiai adatokkal, valamint az azévi ivadék arányával,

- feltárom a ragadozó halak kínai razbóra élőhelyválasztására gyakorolt hatását.

A fenti vizsgálatok a fajról már rendelkezésre álló információkkal együtt megeremtik azt a tudásbázist és tudományos alapot, amely segíti a faj magyarországi elterjedésének és ökológiai hatásának jobb megértését, valamint lehetőséget adnak a faj visszaszorítására a természetes és halastavi élőhelyeken. Így biztosított a megfelelő tudományos háttér a kínai razbórára vonatkozó kezelési terv elkészítéséhez, amelyet az Európai Parlament és a Tanács 1143/2014/EU számú rendelete alapján Magyarország is köteles kidolgozni.

2. ANYAG ÉS MÓDSZER

2.1 Kérdőíves felmérés

A kérdőíveket a Szent István Egyetem Halgazdálkodási Tanszékének címjegyzékében szereplő halgazdaságoknak küldtem ki 2005 márciusában. A jegyzékben szereplő gazdaságok vízterülete a magyarországi haltermelő tógazdaságok vízterületének közel 94%-át lefedték. A kérdőívet postai úton juttattam el 55, haltermeléssel foglalkozó gazdaságnak. Azokat a vállalkozásokat, amelyek nem válaszoltak, egy-egy esetben megkerestem telefonon is.

A vizsgálat során összesen 34 értékelhető, kitöltött válasz érkezett vissza (61%). A kitöltve visszaérkezett ívek összesen több mint 150 km² halastóról nyújtanak információt (66% lefedettség). A kérdőívek összesen 18 kérdést tartalmaztak: 6 általános kérdést és 4-4, a jelentős károkat okozó invazív halfajokra (ezüstkárász, törpeharcsa és barna törpeharcsa, kínai razbóra) vonatkozót. A kérdéseket egyszerű és könnyen megválasztható feleletválasztós formában tettem fel. A vizsgálatban csak a haltermeléssel foglalkozó vállalkozásokat kérdeztem meg.

Az általános kérdésekben a gazdaság méretére és vertikumára, a halastavak kialakítására, a megtermelt ragadozó halak fajára és mennyiségére, valamint a legnagyobb gondot okozó invazív faj(ok)ra kérdeztem rá. Az előzetes vizsgálatok és tapasztalatok azt mutatták, hogy ezek lehetnek azok a tényezők, amelyek potenciálisan befolyásolhatják a halastavak invazív hal fertőzöttségét. Az egyes fajokra vonatkozó kérdésekben arra tértem ki, hogy az adott faj mekkora mennyiségben van jelen a gazdaságban, állományának mérete hogyan változott az elmúlt években, mi történik a megtermelt gyomhállal, illetve milyen módon védekeznek a faj ellen (a dolgozatban csak a razbórára vonatkozó kérdéseket mutatom be). A kapott eredményeket Microsoft Excel program segítségével rögzítettem. A matematikai értékeléshez a kérdőív válaszait ordinális skálán rögzítettem. A kapott eredményekből eredménymátrixot képeztem és ennek segítségével végeztem el az elemzéseket. A statisztikai értékeléshez Kurskal-Wallis tesztet alkalmaztam. A statisztikai értékelést Graphpad 6 for Windows programmal végeztem.

2.2 Genetikai vizsgálatok

2.2.1 A mintavételezés helye és ideje

A genetikai vizsgálatok célja az volt, hogy a további vizsgálatok előtt megállapítsuk, van-e jelentős genetikai eltérés az egyes magyarországi populációk között. A vizsgálatokhoz szükséges mintákat öt magyarországi, két csehországi, egy lengyelországi, egy szlovéniai és egy kínai élőhelyről gyűjtöttük be vagy kértük be 2007 májusa és 2008 júniusa között. A halakat kéméletes kiirtásuk után (túlaltatás fenoxi-éterrel) 96%-os etanolban tartósítottuk, illetve tartósították. A mintákat a laborba érkezést követően 20°C-on tároltuk.

2.2.2 DNS-izolálás

A DNS tisztításakor a halszövetből vett mintát Eppendorf-csőbe helyeztük és 300 µl 1xSET puffert (100 nM NaCl₂; 20 mM EDTA; 0,1µg/ml Proteinase K; 50 mM Tris-HCl pH 7,8) pipettáztunk rá, majd 2 órán át 55°C-on inkubáltuk. Ekkor további 500 µl fenolt mértünk az elegyhez, majd összeráztuk, és 15 percre centrifugába (Hettich Rotanta 460R, 14000 rpm) helyeztük. A második fázisban a felső réteget leszívtuk és új Eppendorf-csőbe helyeztük, majd 500 µl fenolt és 500 µl kloroformot adtunk hozzá. Ezt követően 15 percen keresztül 14000 rpm fordulatszámon centrifugáltuk.

A harmadik fázisban a felső réteget megint leszívtuk, majd újabb Eppendorf-csőbe helyeztük. 500 µl kloroformot adagoltunk a mintához, majd ezt újból 15 percig centrifugáltuk 14000 rpm-en. Ezt követően a felső réteget eltávolítottuk, majd -20 °C-os, 99%-os etanollal töltöttük fel a csöveket. 15 perces, 14000 rpm fordulatszámú centrifugálás után a kicsapódott és tisztított DNS-ről leszívtuk az oldatot. A csöveket fejfelé lefelé fordítva, papírra téve, szobahőmérsékleten szárítottuk. Utolsó lépésként a DNS-t 100 µl desztillált vízben feloldottuk.

A DNS-koncentráció meghatározása Implen-spektrofotométerrel történt (NanoPhotometer Pearl). A minta abszorbanciáját 260-280 nanométeren olvastuk le. Akkor tekintettük megfelelőnek a mintát, ha 1,5-2 µg/ml közötti értéket kaptunk. A mért értéket a következő egyenletbe helyettesítettük be:

$$a \cdot \frac{50}{1000} \cdot b = c$$

Ahol **a**: 260-280 nm-en mért abszorbancia érték, **1000**: ng-µg közötti átváltás, **50**: abszorbancia-állandó, **b**: hígítási faktor (esetünkben, mivel a mintát nem hígítottuk: 1), **c**: eredmény µg/ml

2.2.3 RAPD-reakció

A reakcióelegy összetétele: Végtérfogat: 25 µl

1x Buffer; 3 mM MgCl₂; 0,8 mM dNTP; 1,5 n Taq-polimeráz; 0,6pM primer; 15ng DNS-templát.

A hőmérséklet változása a PCR alatt:

Elő-denaturáció: 85 °C - 2 perc

Ciklus: 45x ismételve: 94 °C - 20 másodperc, 36 °C - 20 másodperc 72 °C - 1 perc 30 másodperc

Végső lánchosszítás: 72 °C - 5 perc

Tárolás a gélelektroforézisig: 4 °C-on.

Az előtesztek során 21 db primert teszteltünk, amelyből a következő kettőt választottuk ki az analízishez:

U 192: GCAAGTCACT

VILA M8: TCTGTTCCCC.

2.2.4 Gélelektroforézis

100 ml 1xTBE-oldatban (89 mM Tris, 89 mM bórsav, 2mM EDTA) 1,5 g agarózt oldottunk fel. 30 másodpercenként megkeverve forraltuk, amíg az oldat víztiszta lett. Vártunk, amíg 60 °C-ra lehűlt a keverék, majd ezt követően 60 µl

etidium-bromidot pipettáztunk hozzá. Gél-tálcába öntöttük az oldatot, behelyeztük a zsebképző fésűt és hagytuk megdermedni. Az így kialakult a zsebekbe a PCR-ből keletkezett termékeket pipettáztuk. A minták mellé az utolsó zsebbe molekulasúly-markereket helyeztünk (GeneRuler 100 bp DNA Ladder, vagy Lambda DNA, Fermentase PstI enzim, gyártó Fermentas, Thermo Fisher Scientific), ami segít a fragmentméret meghatározásában. A kádat 1xTBE-vel feltöltöttük, majd fél órai elektroforézist követően az elválasztott termékeket UV-fényben lefényképeztük, ezután a képeket elemeztük.

2.2.5 A gélfuttatás kiértékelése és számítógépes feldolgoása

A kiértékelést vizuálisan végeztük molekulasúly-markerek segítségével, melyek standard méretű fragmentjeihez hasonlítottuk mintáink fragmentumainak méretét. Összesen 11 véletlenszerűen kiválasztott, jól azonosítható fragment esetén értékeltük azok meglétét és hiányát. A gél kiértékelése során az egyes fragmentumok hiányát 0-val, meglétüket 1-el jelöltük. A nullák és egyesek összeolvasásával egy bináris kódot kaptunk, amely jellemző az egyes genotípusokra. Ezt a kódot a könnyebb értelmezhetőség kedvéért a kettes számrendszerből a tízes számrendszerbe váltottuk át.

A törzsfát egy ingyenesen használható szoftverrel, a POPGEN 1.32 verziójával készítettük. Ebben a genetikai távolságot a Nei képlet alapján számítottuk ki. A program a dendrogramot UPGMA módszerrel, 1000-szeres permutációval generálja a modifikált NEIGHBOR program PHYLIP 3.5 verziójának megfelelően.

2.3 Morfometriai és szaporodásbiológiai vizsgálatok

A morfometriai és a szaporodásbiológiai vizsgálatok adatgyűjtését együtt mutatom be, mert a két vizsgálat párhuzamosan, ugyanazokon az állatokon történt. Az állatok begyűjtését négy vízrendszer nyolc helyszínén végeztem:

- A Babat-völgyben: az I-es, a III-as és a IX-es tavon,
- A Nagykónyi-tórendszer II-es taván,
- A Paksi Atomerőmű Horgászegyesület VII-es számú nevelőtavában,
- és az Attalai Hal Kft. tórendszerében: a VII-es tavon, a teleltető tavak tápcsatornáján, illetve a keltetőház szűrőtavában.

Összesen 1799 darab állat adatait felvételeztem 29 mintavételi időpontban.

A mintavételezés 1·1 méteres, 1 mm szembőségű emelőhálóval történt. Megmértem a standard testhosszt 1 mm-es pontossággal, vonalzó segítségével és a testtömeget 0,01 g-os pontossággal Sartorius L310 mérleggel.

A túllattatást és a boncolást követően eltávolítottam a vizsgált egyedek ivarszervét és 0,01 g-os pontossággal lemértem azok tömegét (Sartorius L310). A 2006-os babati és nagykónyi mintavételek esetében a 0,01 g-nál nagyobb petefészkek-tömegű ikrás halak ivarszervéből szövettani mintát is vettem, melyből szövettani metszetet készítettünk. Összesen 81 darab mintát tartósítottam, 77 darabot vontam be az értékelésbe. 25-25 darab 0,01 g-nál kisebb ivarszervű, szabad szemmel nem azonosítható nemű állat esetében az egész állatból készítettünk dorsoventrális metszetet (n=11).

A szövettani mintákat Bouin-oldatban fixáltam, majd 12-16 órás rögzítést követően 75%-os etilalkoholba helyeztem. A dehidratációt, majd a xilolos atmoszféra paraffinba ágyazás, metszés, majd hematoxilíneozin festés követte. Az elkészített szövettani metszeteken Nikon Eclipse E600 kutatómikroszkóp segítségével megszámláltam a különböző fejlődési stádiumban lévő oocytákat, majd kiszámoltam százalékos megoszlásukat. Az adott egyed GSI-adatai és a petesejtek fejlődési stádiumainak aránya (Spearman-teszt) és a teljes populációból származó GSI-értékek átlagai (Pearson-teszt) között korrelációanalízissel kerestem kapcsolatot.

A morfológiai vizsgálatok esetében a testhossz és testtömeg összefüggések kiszámításához Graphpad Prism 6.0 programot használtam, és az összefüggés vizsgálatát az outlier értékek ROUT-módszerrel történt kizárását követően lineáris regresszióval végeztem. A kalkulációhoz az egyszerűbb számítás kedvéért az eredeti képlet helyett annak transzformált verzióját, a $\log W = \log a + b \cdot \log L$ összefüggést alkalmaztam („W” testtömeg, „a” regressziós együttható, „b” hatványkitevő, „L” testhossz). Az egyes populációk kondíciójának összehasonlítását a $W_{rm} = W/a_m \cdot L_{b_m}$ összefüggéssel végeztem, az irodalmi áttekintésben szereplő adatok átlagának felhasználásával (itt „ W_{rm} ” a kondíció faktor, „W” a vizsgált populáció átlagos testtömege, „ a_m ” az irodalmi adatok átlagos regressziós együtthatója, „ b_m ” az irodalmi adatok átlagos hatványkitevője és „L” a vizsgált populáció átlagos testhossza).

Végezetül megvizsgáltam, hogy az adott vízterületen az elsőnyaras ivadék az egyedszám és a biomassa hány százalékát alkotja. A vizsgálatokat július végén és augusztusban végeztem. A begyűjtött halak standard hossza alapján 5 mm-es osztályokat alakítottam ki és hisztogramot készítettem. A hisztogramok és a testtömeg ismeretében megállapítottam a 0+ és az idősebb korosztályok arányát, illetve a 0+-os halak átlagos standard testhosszát.

2.4 A területhasználat elemzése

2.4.1 Első kísérletsorozat

A természetes környezetben végrehajtott kísérleteket a Babat-völgyben végeztem, ahol a tórendszer két tavában élő razbórák viselkedését vizsgáltam. A megfigyeléseket a Babati I-es és a Babati III-as tavon végeztem. Mindkét tó eutróf, a litorális zónában jelentős makrovegetációval (nád-sás, illetve hínárvegetáció), de 50% körüli nyílt vízfelülettel rendelkeztek. A Babati I-es tó halfaunáját a vizsgálat időpontjában mindössze 6 halfaj alkotta. Jelentős számban ezüstkárász (*Carassius gibelio*), kínai razbóra, sügér (*Perca fluviatilis*), kis számban ponty (*Cyprinus carpio*), süllő (*Sander lucioperca*) és vörösszárnýú keszeg (*Scardinius erythrophthalmus*) volt található a tóban. Fontos információ, hogy a csapósügéret 2005-ben telepítették a tóba és az első sikeres ívás 2006-ban történt. A Babati III-as tóban a halfauna nagyon hasonló volt, de hiányoztak a ragadozó fajok és a ponty. A razbórapopuláció denzitása mindkét tóban igen jelentős, az előzetes vizsgálatok szerint közel azonos mértékű volt, ezt a 60 perces csapdás vizsgálatok CPUE-jának statisztikai összevételével igazoltam.

A mintavételezésre házilag készített csapdákat használtam: egyetlen, 20 mm átmérőjű bejárat, 1,5 dm³ űrtartalom, áttetsző perforált oldalfal, ürítő nyílás és egy rögzítőfül, egy vékony kötél, egy 200 g-os súly és egy úszó jellemezte a csapdát, mely segítségével az a kívánt vízmélységbe süllyeszthető. A csapdába 5 g horgász-etetőanyagot helyeztem (Maros Mix). A kísérletek alatt a csapdával kizárólag razbórát fogtam. Vizsgáltam a csapda méretszelektivitását is. Az irodalmi adatok alapján nem szelektívnek tekintett módszerrel (1x1x1 méteres, 1mm szembőségű emelőháló) hasonlítottam össze a csapdába került 1+-os és ennél idősebb razbóra korosztályok méreteloszlását. Mivel a méreteloszlása nem volt természetes, az adatok elemzését Mann-Whitney teszttel végeztem.

A megfelelő expozíciós idő meghatározására is előkísérletet végeztem. Ennek során megvizsgáltam, hogy a 15, 30 és 60 perces expozíciós idő milyen hatással van a fogási valószínűsége, illetve a fogott halak számára. Két mérésorozatban 3-3 csapdával végeztem vizsgálataimat (elemzés: Kruskal-Wallis teszt).

Végezetül a Babati III-as tavon jelölés-visszafogás módszerével vizsgáltam, hogy milyen távolságra kell egymástól elhelyezni a csapdákat, hogy a mintavételek egymástól függetlenek legyenek (függetlenség: a mintavételi területeken fogott állat a mintavételi időszakban csak egy csapda fogási körzetébe tartozzon). Egymástól 25 méterre kijelöltem 3 mintavételi pontot, ahol csapdával halakat fogtam, ezeket mintavételi pontonként eltérő módon jelöltem, majd visszabocsátottam a vízbe. A csapdázást megismételtem 1 nap, 1 hét és 2 hét múlva és feljegyeztem a jelöletlen és jelölt halak számát, illetve az eredeti fogás helyszínét. Az előkísérletben a mintavételi pontok közötti 25 méter távolságot a terepi adottságok alapján jelöltem úgy, hogy a távolság már vélhetően elégséges legyen a függetlenséghez, de a tavakon kijelölhető lehessen kellő számú mintavételi pont. Az előkísérleteket 2005 nyarán végeztem.

A fenti előkísérletek eredményei alapján 24 órás vizsgálatot végeztünk mindkét mintavételi helyen 2006 júliusában, napsütötte, frontmentes körülmények között. A tó hossz tengelyére merőlegesen 5, egymástól független mintavételi területet jelöltünk ki. Minden mintavételi területen belül egy csapdát a parti növényzetben helyeztünk el a vízoszlop felénél, egyet a nyílt vízterületen a felszíntől 0,5 méterre és egyet a nyílt vízen a fenéktől 0,25 m-re (a továbbiakban litorális, pelágikus és bentikus minta). A nap során négy mérést végeztünk egyórás expozíciós idővel (6:00, 12:00, 18:00, 24:00). A begyűjtött halak darabszámát, méretét, valamint a fogás helyén, a csapda közvetlen közelében a víz hőmérsékletét és az oxigénszintet is feljegyeztük (a mérést WTW Oxi 96 készülékkel végeztük). A gyűjtött adatokat Microsoft Office Excel programmal rögzítettük, majd az állatok eloszlását χ^2 teszttel elemeztük, míg a hőmérséklet és az oxigénszint hatásának vizsgálatához korrelációanalízist alkalmaztunk. Az elemzés elvégzéséhez Graphpad Prism 6.0 programot használtunk.

2.4.2 Második kísérletsorozat

A természetesvízi kísérletek eredményére támaszkodva azt a nullhipotézist állítottam fel, hogy a vizsgált paraméterek alapján a razbórák területhasználatát a ragadozó halak jelenléte határozza meg. Ennek bizonyítására egy egyszerűsített akváriumi tesztrendszert építettem ki 2009 júliusában és augusztusában. A tér, amit az állatok szabadon használhattak, 1200x600x300 mm volt. Az akváriumot napi 12 órában felülről világítottam meg. A növényzetet 4 db 5 cm széles és 35 cm hosszú rashed-háló imitálta, a víz hőmérséklet folyamatosan 25 °C volt. A halak elhelyezkedését fényképek segítségével vizsgáltam. A fényképeket állványon rögzített Canon EOS 300-as fényképezővel készítettem. A halak két helyszínről, a hatvani Kincsem horgásztóból, illetve a Babati IX-es tóból származtak. Előbbiben a ponty, illetve keszegfélék (*Abramis* spp., *Rutilus rutilus*, *Carassius gibelio*) mellett kis számban csak nagytermetű harcsák (*Silurus glanis*) élnek (melyeknek jellemzően nem tápláléka a razbóra), utóbbiban pontyot, ezüstkárászt, illetve razbórát rendszeresen fogyasztó törpeharcsa (*Ameiurus* spp.) és süllő is él. A kísérletben felhasznált razbórákat 1x1 méteres emelőhálóval fogtam és random módon választottam ki a kísérletre az 1+ és idősebb korosztályokból.

Mindkét populációval, egymástól függetlenül, azonos sorrendben négy kísérleti beállítást ismételtünk meg háromszor, mindig friss állatokkal. Minden beállításban 35 felvételt készítettünk 2 perces időközökkel és csak azokat értékeltem, amelyeken minden akváriumban lévő hal helyzete azonosítható volt. Az első beállításban az akváriumban csak razbórák voltak. A kapott eredményeket azonnal elemeztem és csak akkor folytattuk a kísérletet, ha az akvárium jobb és bal oldalának használata között nem tapasztaltunk statisztikailag igazolható preferenciakülönbséget (χ^2 teszt). Ezt követően kísérletsorozatunként eltérő módon (jobb vagy baloldalra) helyeztem be a műnövényeket, majd az akklimatizáció után (amikor a halak viselkedése azt mutatta, hogy megszokták az új tereptárgyakat) felvételeket készítettem. Ezt követően egy 15 cm teljes testhosszúságú sügért helyeztem a vízbe, majd 24 órás akklimatizációs időt követően újabb felvételeket készítettem. Azért tettem a sügért közvetlenül a vizsgált halak közé, mert az irodalmi adatok szerint így lehetett a legtermészetesebb reakciót várni a razbóráktól. A sügér vadászhatott, sőt fogyasztott is a halakból, ami még inkább valósághoz közeli reakcióra készítette a halakat. Végül az utolsó beállításban a sügér az akváriumban maradt, viszont a műnövényt kivettem belőle. A kapott fényképeket számítógépen elemeztem úgy, hogy az akvárium terét négy részre osztottam (középvonaltól jobbra és balra, illetve középvonaltól lejjebb és feljebb) és az ott megfigyelhető halak számát feljegyeztük. A gyűjtött adatokat Microsoft Office Excel programmal rögzítettem, majd χ^2 teszttel elemeztük. Ahol a χ^2 teszt statisztikailag igazolta, hogy a halak elhelyezkedése nem véletlenszerű, ott Bonnferroni utótesztet végeztem. Az elemzés elvégzéséhez a Windows Excel és Graphpad Prism 6.0 programot használtam.

3. AZ EREDMÉNYEK

3.1 A kínai razbóra elterjedése magyarországi halgazdaságokban

3.1.1 Általános kérdések

Az általános kérdésekre adott válaszok jól jellemzik a megkérdezett gazdaságokat. 13 (38%) illetve 14 válaszadó (41%) gazdálkodott 100 ha-nál kisebb, vagy 101-500 ha-os tófelületen. 501-1000 ha-on 3 gazdaság (9%), 1001 ha-nál nagyobb területen 4 (12%) vállalkozás termelt halat. Az első feltett kérdés alapján megállapítottam, hogy a mintában szereplő gazdaságok méret szerinti megoszlása nagyon hasonló az alapsokaság megoszlásához (az alapsokaságban ez az érték 47%, 41%, 6% és 5%). 5%-nál nagyobb eltérés a legkisebb és a legnagyobb méretkategóriánál volt tapasztalható, a legkisebb gazdaságok némileg alul-, a legnagyobbak némileg felülreprezentáltak voltak a mintában. Fontos azonban tudnunk, hogy míg a 0,1 km²-nél kisebb területen gazdálkodók a magyar halastavak területének alig 9%-át birtokolják, addig a 1 km²-nél nagyobb gazdaságok a terület több mint 37%-a felett rendelkeznek. Az elvégzett statisztikai próba (Kruskal-Wallis teszt) is megerősítette, hogy a kategóriamegoszlásban nincs eltérés ($P = 0,31$).

Statisztikailag elemeztem a gazdaságok méretének és vertikumának, a halastavak kialakításának, a megtermelt ragadozó halak fajának és mennyiségének hatását a különböző invazív halfajok jelenétére és egyetlen esetben találtam statisztikailag igazolható különbséget: a gazdaság vertikuma és az összes gyomhal jelenléte esetében a Kruskal-Wallis teszt $P = 0,0215$ értéket mutatott. Az összes többi esetben nem találtam szignifikáns igazolható különbséget ($P = 0,2299-0,8297$).

Az általános kérdések közül az utolsó arra vonatkozott, hogy a három legfontosabb gyomhal közül a termelő szubjektív megítélése szerint mely faj vagy fajok okozzák a legtöbb problémát. A válaszadók kevesebb, mint 10%-a nyilatkozta azt, hogy egyik faj sem okoz gondot jelenlétével a gazdaságban (8,82%). A gazdaságok közül a kínai razbóra 2,94%-ban, a törpeharcsa 5,88%-ban, az ezüstkárász 47,06%-ban volt a legnagyobb gondot okozó halfaj. A válaszadók 5,88%-ánál a kínai razbóra és az ezüstkárász, illetve 29,41%-ánál a törpeharcsa és az ezüstkárász együtt okozott komoly gondokat.

3.1.2 A kínai razbórára vonatkozó kérdések

Az első kérdés arra fókuszált, hogy a gazdaságban jelen van-e a kínai razbóra és ha igen, milyen mennyiségben. A válaszadók mindössze 5,88%-a nyilatkozta azt, hogy nincs jelen a faj a gazdaságban. Több mint 76%-uk arról számolt be, hogy a razbóra jelen van, de egy hektárra eső mennyisége nem éri el az 1 kg-ot. A gazdaságok 11,76%-ában a lehalászott razbóra mennyisége 1 és 10 kg között változott, két gazdaságnál (5,88%) ez az érték meghaladta a hektáronkénti 10 kg-ot.

A második kérdés esetében („Hogyan változott a kínai razbóra mennyisége az elmúlt három évben?") a válaszadók 58,82%-a úgy nyilatkozott, hogy nem

változott, 29,41%-uk szerint csökkent, míg 11,76%-uk szerint nőtt az állomány nagysága.

A harmadik kérdés arra vonatkozott, hogy a tavakban jelenlévő razbórával mit tesz a termelő. A válaszadók 17,65%-a nem kezeli semmilyen módon ezeket a halakat, 29,41% a tavak lehalászásakor megsemmisíti az állatokat, illetve fertőtleníti a tavak medrét és a fennmaradó pocsolókat (például különböző mézformák alkalmazásával). 35,29% a megtermelt kínai razbórárt értékesíti (takarmányhalnak, állateleségnek, csalihalnak, stb.) és a tavakat fertőtleníti. A válaszadók 17,65 százaléka vagy nem válaszolt, vagy nincs jelen a faj a gazdaságban.

A negyedik kérdés célja az volt, hogy megállapítsam, a termelők a védekezés mely elemeit tartják a legfontosabbnak. A válaszadók 23,53%-a szerint nincsen szükség semmilyen védekezésre. 26,47%-uk a ragadozó halak népesítését emeli ki, míg 11,76%-uk a tápláló vizek szűrését és a fennmaradó pocsolókat fertőtlenítését tartja fontosnak. 35,29% szerint viszont csak a fenti eljárások kombinált alkalmazása hoz megfelelő eredményt.

3.2 A genetikai vizsgálatok eredményei

3.2.1 A RAPD-analízis eredményei

A kísérletsorozat első fázisában 21 darab különböző primert teszteltünk, amelyek közül több nem amplifikált, míg mások nem mutattak polimorfizmust az egyedek között. Végül két primert, az „U192”-et illetve a „VILA M8”-at választottuk ki az analízishez. Ezekkel a primerekkel a minták nagyfokú polimorfizmust mutattak. A polimorf fragmentek közül mindkét esetben hat-hat darabot választottunk ki. A későbbiekben az értékelést ezeknek a fragmenteknek a vizsgálatával végeztük el mind a 10 populáció 201 egyedén.

A kiválasztott fragmentek mindegyike jelen volt legalább nyolc populációban. Nem volt azonban olyan fragment, amely az összes populáció valamennyi egyedében jelen lett volna. A leggyakoribb fragment az egyedek 93%-ában volt jelen, míg a legritkább az egyedek 11%-ában volt kimutatható

3.2.2 A populációk összehasonlítása

Valamennyi vizsgált egyedén értékeltük a fragmentek jelenlétét (1), vagy hiányát (0) és meghatároztuk az egyedekre jellemző genotípust primerenként külön-külön és a két primert összevonva is. A két primerrel végzett vizsgálatokat összehasonlítva megállapítható, hogy nincs lényeges különbség a genotípusok száma között (31, illetve 36 genotípus), a kettőt együtt értékelve viszont a vizsgálatban sokkal részletgazdagabb felbontást kapunk (120 genotípus).

A kapott eredmények nem mutattak szoros összefüggést a populációk földrajzi távolsága és az allélgyakoriságok között. Jóllehet a cseh és szlovén minták elkülönültek a magyarországi mintáktól, de a lengyel és a kínai minták nem. A lengyelországi minta a körömi, míg a kínai a babat-völgyi populációkkal mutatta a legnagyobb hasonlóságot. Fontos azonban megjegyezni, hogy Szlovéniából csak három egyed állt rendelkezésünkre. Nagyobb egyedszám esetén valószínűleg ennek a mintának a genetikai távolsága a többi vizsgált

populációtól eltérő lett volna, hisz bizonyos fragmentek nagyobb elemszám esetén már megjelenhetnek a mintában, így viszont a Nei képlettel számolt genetikai távolság is eltérő lett volna.

3.3 A szaporodásbiológiai és morfometriai vizsgálatok eredményei

3.3.1 Szaporodásbiológiai vizsgálatok

Az 1799 állat esetében felvett GSI-adatokat populációnként és mintavételi időpontonként átlagoltam. Ezek az adatok az 1. táblázatban találhatóak.

1. táblázat A vizsgált kínai razbórapopulációk átlagos GSI-adatai

Helyszín		2006										2007				2008					2009	
		4	5	6	7	8	9	10	11	12	5	6	7	8	5	6	7	10	11	3		
Babat	IX																0,61	0,00				
	III.					0,00							0,11	0,00								
	I.	1,75	2,20	0,59	0,00		0,65	1,00	2,65	1,49												
Nagykónyi	2-es	1,57		0,91		0,00		0,41	1,34		4,98						0,00					
Paks	7-es					0,00																
Attafa	7-es															6,04	0,55	0,00	0,00			2,08
	Csatoma												0,00		0,44							
	Szűrőtő														0,00		0,00	0,00	0,00	0,46		1,33

Készítettem továbbá egy táblázatot, amelyben a mintázás évétől és helyszínétől függetlenül az összes, adott hónapban gyűjtött egyed GSI-adatát átlagoltam (2. táblázat).

2. táblázat Az egyes hónapokban gyűjtött összes minta GSI-jének átlaga, függetlenül a gyűjtés helyszínétől és a gyűjtés évétől

Március	Április	Május	Június	Július	Augusztus	Szeptember	Október	November	December
1,7	1,66	3,33	0,34	0	0,06	0,65	0,37	1,48	1,49

A kapott adatok jól mutatták, hogy a GSI értéke populációs szinten májusban a legmagasabb, majd júniusban gyorsan csökkenni kezd. Július-augusztus hónapokban nem, vagy csak nagyon ritkán találtam mérhető méretű ivarszerveket, így a GSI értéke nulla körüli volt. Majd a meginduló petefejlődés a GSI változásával már ősszel jól detektálhatóan folyamatosan zajlott és tavasszal zárult.

Megvizsgáltam továbbá, hogy az ikrás (ebben az esetben csak a biztosan nem azonosítható) illetve a jól fejlett, detektálható (0,01 g-nál nagyobb) petefészkekkel rendelkező ikrások GSI-je hogyan alakult a szaporodási időszakban (május, június). Megfigyelhető volt, hogy májusban a 0,01 grammnál nagyobb petefészkek, tehát ivarilag aktív egyedek aránya magas: átlagosan: 46 % (50-50% ivararánynál lényegében minden ikrás egyed aktív). Júniusra ezek mennyisége jelentősen csökken, az ivarilag aktív ikrások aránya alig 4 %. A még nagy petefészkekkel rendelkező ikrások GSI értéke viszont igen magas júniusban, ami azt jelzi, hogy ezek a későn ívó egyedek is már

valószínűleg a vitellogenezis fázisában vannak, így közvetlenül az ívás előtt állnak.

Fontos célom volt, hogy szövettani metszeteket készítve fényt derítsek a mennyiségi változásokkal párhuzamosan zajló szövettani folyamatokra is. Megfigyeltem, hogy nyáron, amikor a petefészkek tömege nem éri el a 0,01 g-ot, kizárólag protoplazmás fázisban lévő petesejtek találhatóak a teljes halakból készült metszetekben, az őszi (szeptember-október) hónapokban a gyűrűs vakuolizációs stádiumban lévő sejtek száma nő meg, illetve kis számban már a teljes vakuolizálódásig is eljutnak az egyes ivarsejtek. Tavasszal ez utóbbiak aránya tovább nő és már április első napjaiban megjelennek a vitellogenezis jeleit mutató sejtek is. Ezek egészen június végéig megtalálhatók a mintákban.

Megvizsgáltam, hogy a GSI növekedése mely stádiumok megjelenésével mutat korrelációt. Az elvégzett statisztikai elemzés azt mutatta, hogy a babati minták esetében a protoplazmás sejtek aránya erős negatív ($P < 0,0001$, $r = -0,6845$), a teljes vakuolizáció és a vitellogenezis erős pozitív ($P < 0,0001$, $r = 0,6422$, illetve $r = 0,6806$) korrelációt mutat a GSI értékével, viszont a gyűrűs vakuolizáció nem mutat ilyen összefüggést ($P = 0,6560$, $r = 0,0293$). A nagykónyi minták esetében nagyon hasonló megállapításokat tehetünk (protoplazmás stádium $P < 0,0001$, $r = -0,6883$ gyűrűs vakuolizáció $P = 0,5675$, $r = 0,1151$, teljes vakuolizáció $P < 0,0001$, $r = 0,7891$, vitellogenezis $P = 0,0028$, $r = 0,5527$).

A populációk átlagos GSI-értékeivel összevetve a metszetekben található különböző stádiumú oocyták átlagos arányát szintén szignifikáns kapcsolatot találtam a protoplazmás ($p = 0,034$) és a teljes vakuolizációs állapot esetében ($p = 0,015$), míg a vitellogenezisnél a p-érték 0,067, a gyűrűs vakuolizációnál ez 0,217 volt.

3. táblázat A legkisebb ivarérett halak mérete a különböző mintavételi helyeken

Helyszín		Standard testhossz (mm)	Testtömeg (g)
Attala	7-es tó	23	0,20
	Csatorna	33	0,6
	Szűrőtó	22	0,14
Babat	IX-es tó	34	0,55
	III-as tó	37	0,69
	I-es tó	27	0,37
Nagykónyi	II-es tó	31	0,44

Megállapítottam továbbá azt is, hogy ahol az ivarszerv tömege nem érte el a 0,01 g-ot, ott minden esetben csak protoplazmás stádiumú oocyták voltak jelen,

illetve a 10%-ot meghaladó GSI érték estében biztosan jelen voltak a vitellogenezisben résztvevő petesejtek. Végezetül a tavaszi minták esetében, ha a petefészkek tömege meghaladta a 0,01 g-ot, akkor minden esetben volt gyűrűs és teljes vakuolizáció stádiumában lévő petesejt is. Így kijelenthető, hogy ezek a halak ivarérettek. Ezek alapján azoknál a populációknál, ahol volt 0,01 g-nál nagyobb petefészkek, megállapítottuk az ivarérettséghez tartozó legkisebb standard testhosszt. Ezt a 3. táblázat tartalmazza.

3.3.3 A testhossz-testtömeg összefüggések vizsgálata

A teljes testhosszhoz tartozó regressziós együttható kiszámolásához szükséges TL/SL arányt három populáció adataiból számoltam ki. Az egyszempontos varianciaanalízis azt mutatta, hogy 95%-os szignifikanciaszint mellett a három eltérő helyről származó minta és az összevont TL/SL arányok között nincs eltérés ($p = 0,1740$), így az arányszám populációktól függetlenül alkalmazható. A felhasznált TL/SL arány 1,208 volt.

4. táblázat Az általunk vizsgált 8 kínai razbóra populáció hossz-testtömeg kapcsolatát leíró egyenlet paraméterei („ a_{SL} ”= standard testhosszra számolt regressziós együttható, „ a_{TL} ”= a teljes testhosszra számolt regressziós együttható a „ b ”=hatványkitevő, „ R^2 ” regressziós együttható, „ n ” elemszám)

Helyszín		a_{SL}	a_{TL}	b	R^2	n	Outlierek száma	Kondíció faktor
Attala	7-es tó	0,0188	0,0321	2,825	0,952	235	4	1
	Csatorna	0,0176	0,0303	2,888	0,9862	76	3	0,944
	Szűrőtó	0,0141	0,0252	3,075	0,9214	300	5	0,914
	Összevont	0,0167	0,029	2,923	0,9505	611	12	0,98
Babat	IX-es-tó	0,0121	0,0222	3,202	0,9702	100	5	1,32
	III-as tó	0,0141	0,0249	3,01	0,9823	248	3	1,161
	I-es tó	0,0137	0,0243	3,022	0,9588	468	2	0,836
	Összevont	0,014	0,0247	3,015	0,9861	816	9	1,039
Nagykőnyi	II-es tó	0,0171	0,0293	2,865	0,9857	272	9	1,36
Paks	VII-es tó	0,0143	0,0257	3,119	0,9466	100	1	0,941
Összes populáció együtt		0,0158	0,0276	2,943	0,9794	1799	28	1,102

A nyolc élőhelyről származó minták statisztikai elemzésének eredményei összefoglalva a 4. táblázatban találhatóak. A hossz-testtömeg összefüggés esetében a lineáris regresszió p értéke minden esetben kisebb volt, mint 0,001.

Itt kell megjegyezni, hogy az etológiai kísérletek elővizsgálatai között akadt egy olyan fogás, mely ugyan nem volt része a morfológia vizsgálatnak, de figyelemre méltó. A babati III-as tapon hálóba került egy hím razbóra, melynek standard testhossza 115 mm, farokvilláig mért testhossza 131 mm, teljes testhossza 142 mm; kora 4+ volt.

4.3.4 Az elsőnyaras ivadék aránya a populáción belül

Az elvégzett vizsgálatok több tekintetben is igen eltérő eredményt hoztak. Olyan populációt is találtam, amelynek teljes egészét a 0+ korosztály alkotta, és olyat is, amelyben ez a korosztály teljes egészében hiányzott. Jellemzően azonban a 0+-os egyedek alkották a legnépesebb korosztályt és arányuk 70-100% között változott (5. táblázat).

5. táblázat A kínai razbóra 0+ és idősebb korosztályainak aránya a 8 vizsgált élőhelyen

Helyszín		0+-os korosztály			Idősebb			Vizsgálat ideje	n
		darab (%)	tömeg (%)	Átlag hossz (mm)	darab (%)	tömeg (%)	Átlag hossz (mm)		
Attala	7-es tó	100	100	26,38	0	0	-	2008.07.24	50
	Csatorna	14	2,73	18,14	86	97,27	42,55	2007.08.15	50
	Szűrőtó	98	87,21	24,26	2	12,79	46	2007.08.15	50
	Szűrőtó	100	100	31,7	0	0	-	2008.07.24	50
Babat	IX-es tó	70	26,58	24,22	30	73,42	43,4	2008.07.23	50
	III-as tó	94,17	47,51	24,03	5,83	52,49	61,16	2006.08.16	103
	I-es tó	0	0	-	100	100	51,93	2006.07.31	50
Nagykónyi	II-es tó	80	23,8	22,63	20	76,2	52,3	2006.08.03	50
Paks	VII-es tó	98	90,81	36,45	2	9,19	61,5	2006.08.24	100

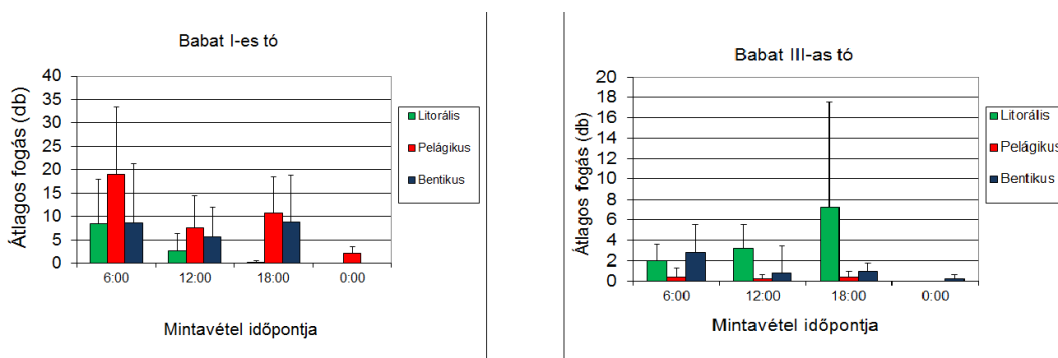
3.4 A területhasználati vizsgálatok eredményei

3.4.1 Első kísérletsorozat

A csapda nemszelektív voltát igazoló vizsgálataim során összesen 379 darab 1+-os vagy idősebb állatot fogtam (ebből 329 példányt csapdával és 50-et igazoltan nem szelektív emelőhálóval) és mértem le mm-es pontossággal. Az elvégzett statisztikai próba (kétmintás t-próba) azt mutatta, hogy a két minta között nincsen szignifikáns eltérés ($p = 0,3088$). Az expozíciós idő vizsgálata során a két kísérletsorozatban összesen 224 és 388 darab halat ejtettem csapdába. 60 percre korrigálva 15 perc alatt átlagosan 6,6, a 30 perc alatt átlagosan 8,9, míg a 60 perces vizsgálat során 10,25 darab halat fogtam. Az elvégzett statisztikai próba p értéke $< 0,001$ volt. Ez alapján megállapítható, hogy a 60 perces időintervallum alkalmazása során gyűjthető a legtöbb állat, így valószínűsíthetően ez adja a halak eloszlásáról a legpontosabb képet. Vizsgáltam továbbá, hogy az egyes expozíciós idők mellett a csapdák hány százalékában található hal. A vizsgált időpontokban a 60 perces intervallumban a vizsgált csapdák 91,6%-ban volt hal, ez a szám a 30 perces intervallum esetén 79,17%, míg a 15 perces intervallum esetén 56,25% volt. Azt is vizsgáltam továbbá,

hogy az azonos helyen egymást követő fogások mennyisége között van-e eltérés. Nem találtam ilyen eltérést ($p > 0,05$), így kijelenthető, hogy a vizsgált tavakon olyan sűrűségben éltek a razbórák, hogy kisszámú (< 8), azonos helyszínen elvégzett csapdázás nem befolyásolta a fogási valószínűséget. Végezetül a két tó esetében az összes 60 perces vizsgálat eredményét figyelembe véve a fogás-ráfordítás alapján a razbóra-egyedsűrűség megegyezett ($p = 0,1085$).

A jelölés-visszafogási kísérletekben összesen 995 darab halat fogtam (helyszínenként 467, 237 és 291 db-ot), melyekből 18 volt a már korábban jelölt állat. Ez utóbbiak közül 17 az első jelöléssel azonos helyszínen, 1 darab pedig a szomszédos mintavételi területen került elő, így az egymástól 50 méterre lévő mintavételi területek kísérletünk szempontjából függetlennek tekinthetők.



1. ábra A Babati I-es és III-as tavon történt csapdázások átlagos fogási eredményei a fogás időpontjai és helyszínek szerinti megoszlásban

Az előkísérletek alapján kialakított kísérleti elrendezéssel a két tavon összesen 461 halat fogtunk (a Babati I-es tavon 369 db-ot, a Babati III-as tavon 91 db-ot). A kapott eredményeket az 1. ábra mutatja be. Megfigyelhető, hogy a Babati I-es tavon minden mintavétel esetében a pelágikus csapdáknak volt a legtöbb hal. A Babati III-as tó esetében viszont két esetben a bentikus, két esetben a litorális csapdákkal fogtuk a legtöbb halat. Az elvégzett χ^2 teszt a Babati I-es tavon a bentikus zóna esetében nincs szignifikáns preferencia, míg a litorális zónát elkerülik, a pelágikusot preferálják a halak ($p < 0,001$). Ezzel ellentétben a Babati III.-as tavon a litorális zónát kedvelik a halak, míg a pelágikus élőhelyet elkerülik (a bentikus minták itt sem mutattak szignifikáns preferencia értéket) ($p < 0,001$). Ugyanezen az ábrán megfigyelhető a halak aktivitásának időbeni változása is. Látható, hogy a razbóra reggel és este a legaktívabb, éjszaka viszont lényegében inaktív.

Mértük a hőmérsékletet és az oxigéntartalmat is a csapdák környezetében. A kapott értékek mindkét paraméter esetében jelentős eltéréseket mutattak a különböző mintavételi helyeken. A halak elhelyezkedése viszont nem mutatott szignifikánsan igazolható kapcsolatot a két paraméterrel (korrelációanalízis, Spearman test: Babat I. oxigénszint $p = 0,91$, $r = 0,0135$, hőmérséklet $p = 0,2879$

$r = -0,1407$, Babat III. oxigénszint $p = 0,7025$, $r = 0,0503$ hőmérséklet $p = 0,8437$, $r = -0,0260$).

3.4.2 Második kísérletsorozat

Az értékelhető 571 darab fénykép elemzésének eredményei azt mutatták, hogy az első elrendezés esetében (nincs műnövény, nincs ragadozó) a halak lényegében random módon használják a teret. Az akvárium oldalainak hatása nem mutatott szignifikáns értéket ($p > 0,05$), a vízmélység tekintetében pedig három sorozatban a víz alsó rétegét, kettőben a felsőt használták a halak, egyben nem volt statisztikailag értékelhető eltérés. A második elrendezés esetében (műnövény jelen van), mind a vízmélység-, mind az oldalpreferenciában egyértelmű volt a halak választása: minden esetben statisztikailag igazolható módon a növényes oldalt, illetve egy kivételtől eltekintve a vízfenéket választották. A harmadik elrendezésnél (ragadozó és növény) alapvetően megváltozott a halak területhasználata: hatból öt esetben statisztikailag igazolható módon a vízfelszín közeli területet választották, és eltűnt a növényzet dominanciája az oldalválasztásban is (egy sorozatban a növénymentes területet választották, két esetben a műnövényeset, három esetben nem volt statisztikailag értékelhető az eltérés). A negyedik elrendezés (ragadozóval műnövény nélkül) is jelentős eltérést mutatott az első elrendezéshez képest: egyértelműen a felszín közeli vízréteget preferálták a halak (öt esetben szignifikáns volt az eltérés, egy esetben nem volt statisztikailag igazolható a különbség), és csak egy esetben választották statisztikailag igazolható módon valamelyik oldalt (6. táblázat).

6. táblázat A különböző élőhelyről származó kínai razbórák területhasználata többféle akváriumi elrendezésben (NS: nem szignifikáns)

	Elrendezés	Növény nélkül	Növényvel	Növényvel és ragadozóval	Csak ragadozó
Hatvan	Felső vízréteg	Elkerülés	NS	Elkerülés	Preferencia
	Felső vízréteg növényvel (ha van növény)		NS	Preferencia	
	Fenék	Preferencia	NS	Elkerülés	Elkerülés
	Fenék növényvel (ha van növény)		Preferencia	Elkerülés	
Babat	Felső vízréteg	NS	Elkerülés	Preferencia	Preferencia
	Felső vízréteg növényvel (ha van növény)		NS	Preferencia	
	Fenék	NS	NS	NS	Elkerülés
	Fenék növényvel (ha van növény)		Preferencia	Elkerülés	

3.5 Új tudományos eredmények

1. Felmértem magyar halastavakon a kínai razbóra elterjedését és megállapítottam, hogy az általam vizsgált összes gazdaság 93,64%-ában megtalálható a faj. Az is kiderült, hogy a halastavak 17,64%-ában jelentős mennyiségben (>1 kg/ha) van jelen. Tehát a faj elterjedésének kezelése csak a tógazdaságok bevonásával képzelhető el.
2. RAPD módszerrel meghatároztam a magyarországi kínai razbóra populációk genetikai variabilitását és megállapítottam, hogy az igen nagyfokú: 201 egyed esetében 120 genotípust találtam.
3. Feltártam a kínai razbóra éven belüli petefejlődését több magyarországi populációban. Bebizonyítottam, hogy az általam vizsgált populációk ivási időszaka némileg rövidebb, átlagos GSI-értékei alacsonyabbak voltak, mint az irodalmi adatokban szereplő japán, szlovák és lengyel állományoké. Az ivarérettség az ikrások esetében viszont már igen korán bekövetkezett (22 mm-es testhossz), egyedül egy korábbi, lengyelországi minta esetében volt ismert ilyen kisméretű ivarérett egyed.
4. Megvizsgáltam a kínai razbóra testhosszának és testtömegének összefüggését több magyarországi populációban. 1799 egyed adatai alapján a standard testhosszra számított regressziós együttható értéke (a): 0,0158, a hatványkitevő értéke (b): 2,943 volt. A kapott eredmények alapján összevettem a hazai razbóra populációk kondícióját az ismert irodalmi adatokkal és megállapítottam, hogy a magyarországi kondíció némileg jobb, mint a külföldi adatok átlaga.
5. Elsőkét vizsgáltam a kínai razbóra 0+-os (elsőnyaras) korosztályának arányát a magyarországi populációkon belül és megállapítottam, hogy a vizsgált populációk többségénél a fiatal korosztályok aránya igen magas, ami jelzi, hogy ezeken az élőhelyeken a faj igen érzékeny minden szaporodási ciklus sikerességére.
6. Az elvégzett etológia kísérletekkel igazoltam, hogy a kínai razbóra bizonyos körülmények között differenciáltan használja a különböző élőhelyfoltokat természetes-közeli és mesterséges, limnikus környezetben. A kapott eredmények alapján valószínűsíthető, hogy erre a választásra nagy hatást gyakorol a ragadozó halak jelenléte. Kísérleteim megalapozták a téma mélyebb feltárását célzó vizsgálatokat.

4. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK

4.1 A kérdőíves felmérés

A kérdőíves felmérésünk szubjektív („Mely faj okozza a legnagyobb problémát?”), és objektív kérdései (az egyes fajok mennyiségére vonatkozó kérdések) azt igazolták, hogy az invazív halfajok komoly problémát jelentenek a tógazdaságokban. Nem volt olyan gazdaság, amelyben legalább két invazív faj ne lett volna jelen, és csak a gazdaságok 20%-a mondhatta el, hogy egyik invazív faj mennyisége sem haladja meg a 1 kg/ha-t. Érdekes, hogy még ez a mennyiség is problémát jelent a válaszadók közel 10%-ának szubjektív megítélése szerint. Ráadásul a termelők 44%-ánál legalább az egyik faj mennyisége meghaladja a 10 kg/ha-os értéket.

A kifejezetten razbórára vonatkozó kérdések alapján megállapítható, hogy a gazdaságok több, mint 94%-ában megtalálható a faj, sőt, 17%-ukban nagy tömegben van jelen. Ez alapján egyértelműen kijelenthető, hogy a tógazdaságok kiemelkedő refúgiumterületei a razbórának és hogy a faj elleni védekezés nem képzelhető el a halastavakon végzett beavatkozások nélkül.

Javaslatok

A kapott eredmények alapján egyértelmű, hogy a tógazdasági haltermelésben figyelmet kell fordítani az invazív halfajok és ezen belül a kínai razbóra okozta károk mérséklésére. Erre a tényre fel kell hívni a halgazdálkodók figyelmét és a szakigazgatás számára is fontos cél lehet, hogy a rendelkezésre álló eszközökkel (pályázati források, támogatások) csökkentsék a mennyiségét. Az elvégzett vizsgálatot feltétlenül meg kell ismételni, mert a változó piaci trendek a ragadozó halak tenyésztésének kedveznek, és ez folyamat, valamint a szigorodó előírások hatást gyakoroltak kínai razbóra halastavi elterjedésére.

4.2 Genetikai vizsgálatok

Ha összevetjük a saját, RAPD módszerrel végzett vizsgálataink eredményét a szakirodalom mitokondriális DNS szakaszok szekvenálásával kapott eredményeivel megállapítható, hogy bár a kapott eredmények nehezen összevethetők, átfogó megállapításait tekintve hasonló eredményt mutatnak. Mindkét vizsgálatsorozat igazolta, hogy az európai és ezen belül a magyar razbóra populációk nagyfokú variabilitást mutatnak (saját vizsgálatunk esetében 120 genotípus/201 egyed) és köztük élesen elhatárolódó, genetikai értelemben elkülönülő populációkat nem találtunk.

Javaslatok

Az elvégzett vizsgálataink alapján a kínai razbóra hazai populációi igen heterogének, és az egyes populációk nem különülnek el élesen egymástól. Ennek köszönhetően a jövőbeni kezelési tervek kidolgozásakor vélhetően nincs szükség genetikai alapon elkülönített tervek készítésére. A fenti eredmények azt is valószínűsítik, hogy a további vizsgálatok (szaporodásbiológia, növekedés, viselkedés) eredményeit és eltéréseit elsősorban a külső környezeti tényezők befolyásolják, mert a genetikai variabilitásban nincsenek olyan különbségek, amelyek megindokolnák a jelentős eltéréseket. Végezetül a nagy genetikai

variabilitás felhívja a figyelmet a véletlen telepítések jelentőségére és arra, hogy a kínai razbóra terjedése, illetve az állományok keveredése folyamatos.

4.3 Szaporodásbiológiai és morfológiai vizsgálatok

4.3.1 Szaporodásbiológiai vizsgálatok

Saját eredményeinket a korábbi adatokkal összevetve megállapíthatjuk, hogy a hazai GSI értékek a származási helyüktől függetlenül jóval alatta maradnak a japán, szlovák, lengyel és brit adatoknak. Egyedül a legbolygatottabb szlovák élőhely adatai hasonlítanak az általunk mért eredményekhez. Az általunk tapasztalt alacsony GSI értéket azonban nehéz a bolygatottsággal magyarázni, hisz nemcsak a zavart területeken ilyen alacsony a GSI értéke, de a természetközelinek mondható, kevésbé zavart vizeken is. A pontos ok mindenképpen további vizsgálatokat igényelne.

A kvantitatív, a különböző fejlődési stádiumban lévő petesejtek arányát, a petefészkekben zajló folyamatokat feltáró szövettani vizsgálatok eredményei mindkét általunk vizsgált élőhely esetében nagy hasonlóságot mutatnak a japán mintákkal annak ellenére, hogy az ottani kínai razbóra populációk genetikailag igen távol állnak a magyar populációktól. Vizsgálataink további fontos eredményeként sikerült igazolnunk, hogy egyes szövettani folyamatok az ivarszervekben akár egyszerű GSI-vizsgálattal is detektálhatók.

Végezetül, összevetve az ikrások ivarérikori standard testhosszának irodalmi adatait saját vizsgálataink eredményével, azt láthatjuk, hogy két élőhelyen is találtunk igen kicsi méretű ivarérett halat (22, illetve 23 mm). Ilyen kis méretben egyedül Lengyelországban, egy erőmű hűtővizében váltak ivaréretté az ikrás kínai razbórák (22,96 mm), de ott a hőmérsékleti viszonyok erősen eltérnek a természetestől.

4.3.2 A testhossz és a testtömeg összefüggéseinek vizsgálata

Ezzel a vizsgálatsorozattal a céloom elsősorban nem az volt, hogy a hiányzó magyar adatokat pótoljam, hanem hogy az így nyert összefüggések alapján megítélhetőek legyenek a magyar populációk kondíciói.

Vizsgálataim eredményei azt mutatták, hogy mind az „a”, mind a „b” értékek a korábbi vizsgálatok szélső értékei között helyezkedtek el az összes általunk vizsgált populáció esetében. Az irodalmi adatok átlagához képest az „a” értékek rendre magasabbak voltak, a „b” értékek az átlag körül alakultak. Ezt a tényt esetlegesen magyarázhatná a korai ivaréérés, mivel azt jelzi, hogy a kisebb testhosszhoz nagyobb testtömeg párosul, de az összefüggés statisztikai vizsgálata nem igazolta, hogy a korábban ivarérett állományok esetében azonos testhosszhoz nagyobb testtömeg társulna (Spearman-teszt, $r = -0,23$, $p = 0,6615$).

A kondíciófaktor esetében az általam vizsgált nyolc populációból négyben átlag körüli az érték, négy esetben viszont 10%-ot meghaladó az eltérés. Több paraméter esetében vizsgáltam a korrelációt a kondícióval, de sem az átlagos testtömeg, sem a ivari folyamatok esetében sem találtam statisztikailag igazolható összefüggést 95 %-os szignifikancia szint mellett. Felmerülhet az

időjárás hatása is, bár itt nem végeztünk statisztikai próbát, mert nem állt rendelkezésünkre kellő mennyiségű adat, de a két szélsőértéket adó Babati I-es tó és a Nagykönyiből származó minták azonos évből származtak.

Itt kell kitérni az etológia vizsgálatok során fogott 142 mm teljes testhosszúságú razbóra, amely azt bizonyítja, hogy faj nagyobb méretet is képes elérni, mint azt a szakirodalmi adatok bemutatják.

4.3.3 Az elsőnyaras ivadék arányának vizsgálata a populáción belül

Az eddig elvégzett felmérések kevés figyelmet szenteltek a különböző generációk arányának. Részletesen az azévi ivadék arányát japán kutatók vizsgálták öntözőcsatornában és megállapították, hogy a halak feltételezett élettartama maximum egy-két év. A publikáció ugyan részletes adatokat nem közöl, de a cikkben a mellékelt ábrákon jól látható, hogy a vizsgált populációkban az azévi ivadék aránya június-július hónapokban meghaladja az 50 %-ot. A különböző kohortok nyomonkövetésével az is nyilvánvalóvá vált, hogy még az 1+-os korosztály jelenléte kimutatható, az idősebb korosztályok már csak elvétve fordulnak elő.

Saját vizsgálataim azt mutatták, hogy 9 vizsgálatból 7 esetben 70%-ot vagy azt meghaladó értéket ért el az elsőnyaras halak aránya. Összesen két mintavételnél találtam ettől jelentősen eltérő arányt. Az általam vizsgált vízterületeken minden évben az elsőnyaras ivadék biztosítja a faj jelenétét, így egyetlen sikertelen ivási szezon a populáció összeomlását okozhatja, ha nincs külső forrás (bevándorlás, betelepítés).

Javaslatok

Az általunk gyűjtött adatsorok segítségével a jövőbeni kezelési tervek elkészítéséhez elegendő egyes élőhelyekről néhány kulcsadatot begyűjteni. Ezek elsősorban az április-május-júniusi GSI-adatok, valamint az elsőnyaras ivadék számaránya. Ez utóbbi adat azért kiemelt jelentőségű, mert vizsgálataink azt mutatták, hogy hazánkban a razbóra korpíramisa igen lapos és nagyon széles alapokon nyugszik, így az adott élőhelyen a károkozása nagyban függ az elsőnyaras ivadék arányától. Éppen ezért a faj elleni védekezés kulcsa az ivadék mennyiségének gyérítése lehet.

4.4 Területhasználati vizsgálatok

A razbóra területhasználatát több kutatócsoport is vizsgálta. Lengyel kutatók szerint a razbóra a nyári időszakban egyértelműen a vízi növényekkel benőtt területeket részesíti előnyben. Kínai és angol kutatók ezzel ellentétben azt mutatták ki egy tavi illetve egy folyóvízi halközösségben, hogy a razbóra nem preferál egyetlen élőhelyet. Hasonló eredményt kaptak japán kutatók keskeny öntözőcsatornában is. A fenti kísérletek eredményei annak fényében igazán érdekesek, hogy laboratóriumi, folyóvízi életközösséget mintázó körülmények között a razbóra rendelkezett élőhelypreferenciával, melyet ragadozó halak jelenlétben alapvetően megváltoztatott: a halak statisztikailag igazolható módon elkerülték a korábban preferált régiókat.

Saját vizsgálataimban az elvégzett alapkísérletek alapján sikerült kidolgozni egy 1+ vagy idősebb korosztályok tekintetében nem szelektív mintavételi eljárást. A csapdával végzett fogás-ráfordítás vizsgálatokkal kapott eredmények jelentős eltérést mutattak két olyan tó esetében, ahol a környezeti feltételek nagyon hasonlóak voltak (abiotikus tényezők, vegetáció, táplálékkínálat). Az egyetlen komoly eltérés, hogy a Babati I-es tóban nagy számban voltak jelen a csapó sügerek, míg a Babati III-as tóból hiányoztak a ragadozó halak (más predátorok, például madarak a két mintavételi hely közelsége miatt valószínűsíthetően azonos gyakorisággal fordultak elő mindkét mintavételi helyen). Míg az első esetben a razbórák kerültek a partközeli, növényzettel benőtt területeket, addig a második esetben kimondottan kedvelték azokat. Statisztikailag igazolható megfigyelés volt továbbá, hogy míg ragadozó halak jelenlétében a razbórák egész nap aktívak voltak, addig hiányukban jobban preferálták a reggeli és az alkonyati órákat (az éjszakai órákban lényegében inaktívak voltak: a tíz csapdában összesen egyetlen hal akadt).

A saját természetközeli környezetben kapott és a korábbi, más kutatók által mesterséges folyóvízi környezetben végzett kísérletek alapján azt a nullhipotézist állítottam fel, hogy a razbóra területhasználatát valószínűleg a ragadozó halak jelenléte határozza meg. A mesterséges környezetben elvégzett, tavi életközösséget modellező kísérleteink egyértelműen megerősítették feltételezésünket. A razbórák attól függetlenül, hogy korábban rendelkeztek-e negatív tapasztalatokkal a ragadozókkal szemben, illetve eltérő élőhelyről származva is azonos módon reagáltak a ragadozó hal jelenlétére: a tartózkodási hely megváltoztatásával. A bemutatott korábbi vizsgálatokkal szemben ez az állítás a mesterséges viszonyok mellett, illetve a természetközeli környezetben is igazolható volt.

Javaslatok

A fenti megállapítás több tekintetben is igen érdekes lehet. Egyrészt fontos felismerés, hogy egy egyetlen élőhelyet használó ragadozó hal nem alkalmas a razbóra állományok szabályozására, mivel a faj igen széles táplálékspektrumának és gyors alkalmazkodóképességének köszönhetően könnyen elkerülheti a predátort. Másrészt a razbóra korlátozására betelepített ragadozó fajok esetleg olyan környezetbe kényszeríthetik a razbórát, ahol korábban nem, vagy csak kis számban fordult elő. Így viszont esetleg olyan természetvédelmi vagy gazdasági jelentőséggel bíró fajokat kényszerítünk kompetícióra, melyeknek eddig nem kellett megküzdeni ezzel az invazív halfajjal. Végezetül a kapott eredmények kiváló alapot szolgáltatnak egy átfogó vizsgálat elvégzéséhez, hogy a jelenség más típusú élőhelyeken is igazolható-e, illetve ha igen, akkor létezik-e olyan ragadozó halfaj, vagy halfajok kombinációja, melyhez a faj nem képes adaptálódni (például éjszaka aktív fajok).

AZ ÉRTEKEZÉS TÉMAKÖRÉBEN MEGJELENT KÖZLEMÉNYEK

Impact faktoros első szerzős cikk

Csorbai, B., Pereszlényi, Á., Kovács, R., Urbányi, B. & Horváth L. (2014)
The habitat use and selectivity by topmouth gudgeon (*Pseudorasbora parva*)
Acta Zoologica Academiae Scientiarum Hungaricae 60 (4), pp. 389–400

Magyar nyelvű könyv

Horváth, L., **Csorbai, B.** & Urbányi B. (2007) A tájidegen gyomhalak
visszaszorítása őshonos ragadozó halfajokkal Gödöllő, Szent István Egyetem,
ISBN 9789639483989 pp. 1-128

Magyar nyelvű könyv fejezet:

Horváth, L., Tamás, G., **Csorbai, B.**, Németh, I., Urbányi, B., Bódis, M.,
Bercsényi, M., & Müller T., szerk Horváth L. (2009) A süllő (*Sander
luciperca*) tógazdasági tenyésztése Gödöllő ISBN978-963-269-125-1 pp. 1-
174

Nemzetközi konferencián tartott előadás

Csorbai, B., Kovács R., Mayer, G., Urbányi B. & Horváth, L. (2008) Analysis
of home range utilization of topmouth gudgeon (*Pseudorasboraparva*) on
man made lake Aqua 2008, Krakow Poland 2008 szeptember 15-18

Csorbai B., Kovács É., & Horváth, L. (2006). An overview of stocks of
invasive fish speciesw in hungarian pond fish culture Aqua 2006 Firenze
Italy 2006 május 9-13

Hazai konferencián tartott előadás

Horváth L, **Csorbai B.** & Németh I.(2014): Elemi csapásból hozzáadott érték
MTA Állattenyésztési Szakbizottság, Budapesti Gazdasági Főiskola
Akvakultúra Szakmai Nap Budapest 2014 október 3.

Horváth, L., Béres B. & **Csorbai B.** (2010) Hozamesökkentő energiatorlódások
a halastavi ökoszisztémákban XXXIII. Halászati Tudományos Tanácskozás,
Szarvas Magyarország, 2010.07.10

Hazai konferencián bemutatott poszter

Kósa A., **Csorbai, B.**, Urbányi, B. & Kovács B., (2011) Populáció genetikai
vizsgálatok kínai razbórán XXXV. Halászati Tudományos Tanácskozás.
Konferencia helye, ideje: Szarvas, Magyarország, 2011.06.24 HAKI

Kovács, R., **Csorbai B.**, & Horváth L. (2007) A kínai razbóra (*Pseudorasbora
parva* S.) területhasználatának vizsgálata a Babati I-es tóban XXX I.
Halászati Tudományos Tanácskozás, Szarvas, Magyarország 2007. május
16-17