



**PANNON EGYETEM
GEORGIKON KAR
KESZTHELY**

Állattudományi és Állattenyésztéstani Tanszék

DOKTORI (Ph.D.) ÉRTEKEZÉS

Állat és Agrárkörnyezet-tudományi Doktori Iskola
Iskolavezető: Dr. Anda Angéla, D.Sc.
(Jogelőd: Állattenyésztési Tudományok Doktori Iskola
Iskolavezető: Dr. Szabó Ferenc D.Sc.)

**A KIS SZIKLAHAL (*Scorpaena porcus* L., 1758)
IVARI JELLEMZŐI,
ÉS A FAJ ELSŐ MESTERSÉGES SZAPORÍTÁSA**

Témavezető: Dr. Bercsényi Miklós, egyetemi tanár, Ph.D.

Készítette:
Németh Szabolcs

Keszthely
2009

**A KIS SZIKLAHAL (*Scorpaena porcus* L., 1758)
IVARI JELLEMZŐI,
ÉS A FAJ ELSŐ MESTERSÉGES SZAPORÍTÁSA**

Írta:
Németh Szabolcs

Készült a Pannon Egyetem Georgikon Kar
Állat- és Agrárkörnyezet-tudományi Doktori Iskolája keretében

Témavezető: Dr. Bercsényi Miklós, egyetemi tanár, PhD

Elfogadásra javaslom (igen / nem)
(aláírás)

A jelölt a doktori szigorlaton % -ot ért el,

Készthely,
a Szigorlati Bizottság elnöke

Az értekezést bírálóként elfogadásra javaslom:

Bíráló neve: igen /nem
(aláírás)

Bíráló neve: igen /nem
(aláírás)

A jelölt az értekezés nyilvános vitáján% - ot ért el

Készthely,
a Bíráló Bizottság elnöke

A doktori (PhD) oklevél minősítése.....
.....
Az EDT elnöke

Tartalomjegyzék

1. Kivonat.....	4
2. Abstract.....	6
3. Resümee.....	8
4. Bevezetés és Célkitűzések	10
5. Irodalmi áttekintés	13
5.1. <i>Scorpaenidae</i> család – <i>Scorpaena</i> genus rendszertani helyzete	13
5.2. A kis sziklahal morfológiája	15
5.3. A nagy sziklahal morfológiája	16
5.4. A kis és a nagy sziklahal rendszertani besorolása, szinonim elnevezései	18
5.5. A kis és nagy sziklahal elterjedése, életmódja és gazdasági jelentősége.....	19
5.5.1. A kis sziklahal elterjedése.....	19
5.5.2. A nagy sziklahal elterjedése	20
5.5.3. A kis és a nagy sziklahal életmódja	22
5.5.4. A kis és a nagy sziklahal gazdasági jelentősége	23
5.6. Szaporodási sajátosságok a <i>Scorpaenidae</i> családban	24
5.6.1. A <i>Scorpaenidae</i> családban előforduló szaporodási módok és különlegességek	24
5.6.2. A <i>Scorpaenidae</i> család tagjainak ivarszerv és ivarsejt felépítésbeli különbségei, embrió és lárvafejlődése	26
5.6.3. A <i>Scorpaenidae</i> családban vizsgált ivararányok	28
5.6.4. A <i>Scorpaenidae</i> család egyes fajainál megjelenő ivari dimorfizmus	28
5.6.5. A kis sziklahal szaporodásbeli sajátosságai.....	29
5.6.6. A nagy sziklahal szaporodási jellemzői.....	30
5.6.7. A <i>Scorpaena</i> fajok mesterséges szaporítása	30
5.7. A halak ivarsejtjeinek fejlődése	31
5.7.1. Oogenezis – vitellogenezis	31
5.7.2. A végső oocytaérés és az ovuláció	32
5.7.3. Spermiogenezis - spermiáció	32
5.8. A halak szaporodásának neuroendokrin szabályozása	34
5.8.1. A szabályozásban résztvevő legfontosabb hormonok	34
5.8.2. A hipofízis GtH-szekréciónak szabályozása (<i>Teleostei</i>).....	38
5.9. A hormonális indukció módszerei	41
5.9.1. Hipofízálás	41
5.9.2. Humán chorion gonadotropin (hCG) kezelés	42
5.9.3. GnRH analóg kezelés.....	42
5.9.4. Elnyújtott hatású GnRH-kibocsátó vivőanyagok.....	44
5.9.5. Elnyújtott hatású GtH-kibocsátó vivőanyagok	46
5.9.6. A halak speciális hormonkezelési módszere	47
5.10. Tengeri halak lárvanevelése.....	48
6. Anyag és módszer	49
6.1. A kis sziklahal észak-adriai populációjában lévő ivararány megállapítása	49
6.1.1. Ivarszerv metszetek alapján történő ivar-megállapítás	49
6.1.2. Indukált ivarsejt nyelés alapján történő ivar-megállapítás	49
6.2. Az ivarérett kis és nagy sziklahalak sérülésmentes befogási módszere, szállítása és jelölése	51
6.2.1. Kis és nagy sziklahalak sérülésmentes befogási módszere	51
6.2.2. A befogott halak szállítása.....	54
6.2.3. A kísérleti egyedek jelölése	55

6.3. A kis és a nagy sziklahal mesterséges körülmények közötti (akváiumi) tartása: hasonlóságok és különbségek	57
6.3.1. Az akváiumi körülmények, a tengervíz fizikai, kémiai paraméterei	57
6.3.2. A halak mesterséges élettere	58
6.3.3. A halak táplálása	59
6.4. A kis és a nagy sziklahal indukált gametogenezise	59
6.5. A kis sziklahal ikrájának mesterséges termékenyítése	61
6.6. A kis sziklahal lárvanevelése	62
7. Eredmények és értékelés	64
7.1. A kis sziklahal észak-adriai populációjának extrém ivararánya	64
7.2. A kis sziklahal ivarszerveinek mikroszkópos vizsgálata	67
7.3. A nagy és a kis sziklahal indukált gametogenezise, és a kis sziklahal ikrájának mesterséges termékenyítése	71
7.3.1. A nagy sziklahal indukált gametogenezise	71
7.3.2. A kis sziklahal indukált gametogenezise	72
7.3.3. A kis sziklahal ikrájának mesterséges termékenyítése és keltetése	78
7.4. A kis sziklahal lárvanevelési tapasztalatai	80
7.4.1. A kis sziklahal lárvafejlődési stádiumai	80
7.4.2. A lárvanevelésben kipróbált táplálékok	82
Következtetések és Javaslatok	84
Összefoglalás	86
Summary	88
Irodalomjegyzék	90
Tézispontok	101
Thesis Points	102
Köszönetnyilvánítás	103
Melléklet – Publikációs lista	104

1. Kivonat

Jelen értekezésben a szerző a gazdaságilag értékes, de eddig még nem tenyésztett tengeri sziklahalak – *Scorpaenidae* család – gyűjtésének, tartásának és mesterséges szaporításának módszerét tárgyalja, valamint a lárvanevelésükhöz kapcsolódó tapasztalatait mutatja be.

A kutatás céljai a kis sziklahal (*Scorpaena porcus*) esetében az alábbiak voltak:

- Az észak-adriai populációban meglévő ivararány megállapítása.
- Az ikrások és tejesek közötti morfológiai különbségek feltárása.
- Az ivarszervek mikroszkópos vizsgálata és az abból adódó, a mesterséges szaporításhoz fontos sajátosságok feltárása.
- Ivarérett egyedek sérülésmentes befogási módszerének kidolgozása.
- A mesterséges körülmények közötti (akváiumi) tartás kidolgozása.
- Indukált gametogenezis módszerének létrehozása.
- Mesterséges termékenyítési módszer kidolgozása.
- Lárva-neveléshez kapcsolódó technikák kidolgozása.

A kutatás céljai a nagy sziklahal (*Scorpaena scrofa*) esetében az alábbiak voltak:

- Ivarérett egyedek sérülésmentes befogási módszerének kidolgozása.
- A mesterséges körülmények közötti (akváiumi) tartás kidolgozása.
- Indukált gametogenezis módszerének létrehozása..

A szerző megállapította, hogy az ívási időszakon kívül sem a *S. porcus*, sem a *S. scrofa* faj esetében nincsen olyan külső tulajdonság, ami ivari dimorfizmust eredményezne, és ami alapján az ivarok szétválaszthatók. Az ivararányt halászszákmányból, valamint saját befogású élő állományból származó állományban vizsgálta. Utóbbi esetben hormonkezeléssel ivarsejtterést indukált, és a lefejt ivartermékekből állapította meg a nemet.

A szerző a mesterséges szaporításhoz szükséges halak befogásához bűvártechnikát alkalmazott. Az akváiumban tartott halak ivarsejtterését ponty hipofízis injekciók segítségével érte el.

A kutatás eredményeit az alábbiakban lehet összefoglalni:

- A sziklahalaknál ivari dimorfizmus nem tapasztalható (eltekintve attól, hogy az ikrások gyorsabban és nagyobbra nőnek).
- A kis sziklahal észak-adriai populációjában (közvetlenül a szaporodási időszak után) az ikrások : tejesek aránya 9:1.
- Az ivarszerv metszetek alapján a sziklahalak aszinkron petefészekkel rendelkeznek, így egy szaporodási időszakon belül többször is szaporíthatók.
- A szaporításhoz használt egyedeket bűvártechnikával sérülésmentesen be lehet fogni.
- A szaporításhoz szükséges akváiumi tartási körülmények optimalizálása.
- A természetes ívási időszakon kívüli indukált gametogenezis mindkét fajnál.
- Az ovuláció gyakoriságának megfigyelése egy 12-hetes hormonkezelési, majd 10 hetes kezelésmentes időszakban; a pGSI értékek meghatározása, valamint az egy-egy ovulációkor leadott ikraszám megállapítása.
- Érett ivarsejtek nyerése mindkét fajnál.
- Sikeres mesterséges szaporítás kis sziklahal esetében.
- Lárvanevelés 9 napos korig.

A kutatás legfontosabb eredménye a tengeri akvakultúrában eddig még nem hasznosított, de értékes húsu sziklahalak mesterséges szaporításának a világon első sikeres végrehajtása, és a megfelelő technika kidolgozása.

2. Abstract

In this thesis the author presents his experiences and methodology of collection, keeping, breeding and raising larvae of scorpionfishes – *Scorpaenidae* family, economically important, although artificially never bred fish species.

Aims of the study were as follows, regarding Black scorpionfish (*Scorpaena porcus*):

- Determining sex ratio of the North-Adriatic population.
- Description of morphological differences among genders.
- Microscopical investigation of sexual organs and description of important details for artificial breeding.
- Developing methodology for capturing live adult individuals.
- Developing methodology for keeping the species in aquaria.
- Developing methodology for induced reproduction.
- Developing methodology for in vitro fertilisation.
- Developing techniques connected to raising larvae.

Aims of the study were as follows, regarding Largescaled scorpionfish (*Scorpaena scrofa*):

- Developing methodology for capturing live adult individuals.
- Developing methodology for keeping the species in aquaria.
- Developing methodology for induced reproduction.

The author has found that no sexual dimorphism can be found out of the breeding season at *S. porcus* and *S. scrofa*. Sex ratio was determined from catches of local fishermen and personal collection. In case of live captured specimens sex was determined based on induced ovulation or spermiation.

The author used scuba diving technique during the process of capturing live specimens for artificial breeding. Carp hypophysis extract injections were used for inducing sexual maturation and reproduction of fish kept in aquaria.

Results of the research:

- No sexual dimorphism was found at the investigated scorpionfishes.
- Sex ratio of the North-Adriatic population of Black scorpionfish (after the natural spawning season) was 9:1 (females : males).
- According to microscopic investigation of scorpenid sexual organs, I found that scorpionfishes have asynchronous ovary, which fact enables them to spawn several times during one breeding season.
- Adult individuals can be captured harmless by using scuba diving technique.
- Optimisation of aquarium circumstances in order to breed the species.
- Induced reproduction at both species out of natural breeding season.
- Observing frequency of ovulation during a 12 week long period under hormone treatment, followed by a 10 week long period without treatment; determining pGSI value and number of eggs during one ovulation.
- Gaining mature spermatozoon at both species.
- Successful artificial breeding of Black scorpionfish.
- Raising larvae until the age of 9 days.

Most important result of this study is the technology of maturation and the first successful artificial reproduction of scorpionfishes, which species - despite having high market value - were not farmed in sea aquacultures so far.

3. Resümee

In dieser Arbeit zeigt der Autor Erfahrungen und Methoden zur Sammlung, Haltung, Züchtung und Larvenaufzucht der Drachenköpfe (Familie *Scorpaenidae*), die auch einige wirtschaftlich bedeutende, jedoch nie künstlich gezüchtete Fischarten beinhaltet.

Die Ziele der Arbeit bezüglich des Kleinen Drachenkopfes (*Scorpaena porcus*) waren:

- Bestimmung des Geschlechterverhältnisses in der nordadriatischen Population
- Beschreibung morphologischer Unterschiede zwischen den Geschlechtern
- Mikroskopische Untersuchungen der Geschlechtsorgane und Beschreibung wichtiger Details für die künstliche Züchtung
- Entwicklung einer Methode für den Fang lebender adulter Individuen
- Entwicklung einer Methode zur Halterung der Art in Aquarien
- Entwicklung einer Methode zur induzierten Reproduktion
- Entwicklung einer Methode für die *in-vitro*-Befruchtung
- Entwicklung von Techniken im Zusammenhang mit der Larvenaufzucht.

Die Ziele der Arbeit bezüglich des Großen Drachenkopfes (*Scorpaena scrofa*) waren:

- Entwicklung einer Methode für den Fang lebender adulter Individuen
- Entwicklung einer Methode zur Halterung der Art in Aquarien
- Entwicklung einer Methode zur induzierten Reproduktion

Der Autor fand weder bei *S. porcus* noch bei *S. scrofa* einen Geschlechtsdimorphismus außerhalb der Fortpflanzungszeit. Das Geschlechterverhältnis wurde im Fang lokaler Fischer und einer persönlichen Sammlung bestimmt. Das Geschlecht der Lebendfänge wurde nach induzierter Reproduktion und anhand von entnommenen Spermatozoa bestimmt.

Der Autor nutzte Tauchgeräte während des Fangs von lebenden Tieren für die künstliche Züchtung. Um die Reproduktion von in Aquarien gehaltenen Fischen zu induzieren, wurde den Tieren Hypophysenextrakt aus Karpfen injiziert.

Die Ergebnisse dieser Arbeit:

- Bei den untersuchten Drachenköpfen wurde kein Geschlechtsdimorphismus gefunden.
- Das Geschlechterverhältnis der nordadriatischen Population des Kleinen Drachenkopfes (nach der Vermehrungszeit) betrug 9:1 (Weibchen: Männchen)
- Die mikroskopische Untersuchung der Geschlechtsorgane der Drachenköpfe zeigte einen asynchronen Ovarientypus, der den Tieren mehrere Bruten während einer einzigen Fortpflanzungsperiode erlaubt.
- Erwachsene Individuen können ohne Verletzung durch Einsatz von Gerätetauchen gefangen werden.
- Optimierung der Bedingungen im Aquarium für die Zucht der Art.
- Induzierte Reproduktion außerhalb der natürlichen Fortpflanzungszeit bei beiden Arten.
- Die Ovulationshäufigkeit während einer 12-wöchigen Periode mit Hormonbehandlung gefolgt von einer 10-wöchigen Periode ohne Behandlung wurde beobachtet, der pGSI-Wert und die Zahl der Eier pro Ovulation wurden bestimmt.
- Von beiden Arten wurden reife Spermatozoa gewonnen.
- Erfolgreiche Zucht des Kleinen Drachenkopfs.
- Aufzucht der Larven bis zu einem Alter von 9 Tagen.

Das wichtigste Ergebnis dieser Arbeit war die Entwicklung einer Technologie für die weltweit erste erfolgreiche Zucht von Drachenköpfen. Diese Art wurde bisher trotz ihres hohen Marktwertes bisher nicht in Salzwasser-Aquakultur gewonnen, was die Bedeutung dieser Arbeit unterstreicht.

Mottó: „Mivel ott van.”

(Sir Edmund Hillary, a Mount Everest első meghódítójának válasza arra a kérdésre, hogy miért akarta egyáltalán megmászni a Csomolungmát.)

4. Bevezetés és Célkitűzések

A halhús táplálkozástudományi szempontból kiváló összetételű, magas fehérje és alacsony zsírtartalmú táplálék. Vitaminokat, nyomelemeket, és a szív- és érrendszeri betegségek megelőzésében fontos (Curtis *et al.*, 2004; Gissi, 1999; Serhan *et al.*, 2004; Tapiero *et al.*, 2002) omega-3, omega-6 zsírsavakat is tartalmaz (Farkas *et al.*, 1977; Kucska *et al.*, 2006; Oláh *et al.*, 1987). Emiatt remélhetőleg egyre fontosabb szerephez jut majd az emberiség ételmezésében.

Jelenleg (és valószínűleg a jövőben is) a halhús előállításában a tengeri halászat és haltenyésztés lényegesen nagyobb szerepet játszik, mint az édesvízi. A FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) 2006. évi adatai szerint a tengeri halászat 84,2 millió tonna, a tengeri haltenyésztés 18,9 millió tonna, az édes (és brakk-) vízi halászat 9,6 millió tonna, az édes (és brakk-) vízi haltenyésztés 28,9 millió tonna volt (FAO, 2007). Összehasonlításként a hazai tógazdasági haltenyésztés (beleértve az intenzív medencés haltenyésztést is, a maga 2 ezer tonnájával) éves szinten 20 ezer tonna körüli, míg a természetes vizek halász és horgászssákmánya 7 ezer tonna körül mozog (Agrárgazdasági Kutató és Informatikai Intézet, 2005).

A halhús előállítás növekedésének útja nem a tengeri halászat növelése lesz majd, hiszen egyre több figyelmeztetést kapunk a túlhalászás káros és néha visszafordíthatatlan voltáról (Scheffer *et al.*, 2005). Valószínűleg a tengeri haltenyésztés arányának növelése lesz a fejlődés járható útja. Ezt indokolja a tengerek édesvizeknél lényegesen nagyobb mérete, és a tengeri haltenyésztési lehetőségek kis kihasználtsága is. Kína, mint a gazdaság oly sok más terén is óriási lépésekkel halad előre a tengeri halak mesterséges tenyésztésében. 1990 óta 21 halcsalád 44 fajtát tenyésztik sikeresen (Hong és Zang, 2002). Bár egyes tengeri halfajok (pl. tengeri süllő - *Dicentrarchus labrax*) mesterséges szaporításáról és akvakultúrás nevelésének eredményeiről számos szerző ír (Gianfranco és Massimo, 1996; Gorshkov *et al.*, 2004; Haffray *et al.*, 2006), jó néhány olyan gazdaságilag értékes halfaj van, amelyeknek a tenyésztésével még nem foglalkozott senki.

Ezen fajok mesterséges tenyésztési technológiájának kidolgozásában fontos szerepet kaphat a kiváló édesvízi tapasztalatokkal rendelkező magyar haltenyésztő gárda. Feltételezésünk szerint az édesvízi halszaporításban szerzett elméleti és gyakorlati tudást át lehetne ültetni a tengeri halfajokra is. Biológus végzettségű búvároktatóként már 15 éve járom a világtengereket, búvártúrákat vezetek, és néhány éve tengerbiológiát oktatok hazai egyetemeken. Lenyűgöz a tengerek csodálatos élővilága, és személyesen tapasztalom a tengerek erős kihasználtságát, túlhalászását. A tengerbiológia oktatáshoz kapcsolódóan keszthelyi és budapesti egyetemistákkal évek óta járunk az Adriai-tengerre, így kerültem kapcsolatba a rovinji Rudjer Boskovic Kutatóintézettel. Azt tapasztaltam, hogy bár egyes adriai fajok akvakultúrájával kapcsolatban komoly kutatások folynak (Katavic, 1984), de jó néhány, gazdaságilag értékes hal esetében semmilyen kutatás nem zajlik még. Innen származott az ötlet, hogy a világon először megpróbálkozzunk a gazdaságilag értékes és finom húsú sziklahalak (*Scorpaenidae*) mesterséges szaporításával. Bár hazánk jelenlegi földrajzi adottságai nem teszik lehetővé a tengeri halak tenyésztésének gazdaságos megvalósítását, de a tenyésztési technológia kidolgozásával jelentős tudást adhatunk a jövőben ugrásszerű fejlődést mutató tengeri akvakultúrához, együttműködve ezzel a szomszédos, vagy távolabbi, tengerparttal rendelkező országok haltenyésztőivel is. A mottóra visszatérve: a kihívás ott van, csak fel kell venni a kesztyűt.

A fenti okok miatt a sziklahalak akvakultúrás technológiájának kezdő témakörét, szaporodásukat, szaporításukat szerettem volna körbejárni. Bár az Adriai-tenger legnagyobb termetű, és gazdaságilag is értékes (Globefish, 2007) sziklahal faja a nagy sziklahal (*Scorpaena scrofa*), a korlátozott mértékben rendelkezésre álló tengeri akváriumok miatt közeli rokonával, a kis sziklahallal (*Scorpaena porcus*) foglalkoztam. Feltételeztem azt, hogy a kis sziklahalra kidolgozandó szaporítási technikák a közeli rokonság miatt a *Scorpaenidae* család egyéb fajaira - beleértve a nagy sziklahalat - is megfelelőek lesznek. A fentieket figyelembe véve, a kis sziklahallal kapcsolatban az alábbi célokat tűztem magam elé:

- Az észak-adriai populációban meglévő ivararány megállapítása.
- Az ikrások és tejesek közötti morfológiai különbségek feltárása, vagy az ivari dimorfizmus hiányának megállapítása.
- Az ivarszervek mikroszkópos felépítéséből a mesterséges szaporításhoz fontos sajátosságok feltárása.

- Ivarérett egyedek sérülésmentes befogási módszerének kidolgozása.
- A mesterséges körülmények közötti (akváiumi) tartás kidolgozása.
- Indukált gametogenezis módszerének létrehozása.
- Mesterséges termékenyítési módszer kidolgozása.
- Lárvaneveléshez kapcsolódó technikák kifejlesztése.

5. Irodalmi áttekintés

5.1. *Scorpaenidae* család – *Scorpaena* genus rendszertani helyzete (www.taxonomicon.taxonomy.nl alapján)

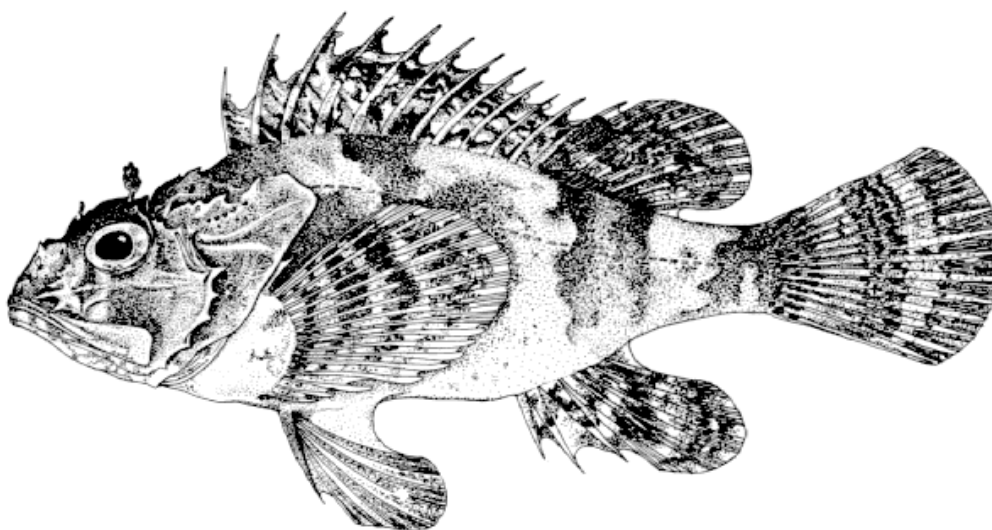
A *Scorpaeniformes* rendbe 6 alrend tartozik. A *Scorpaenidae* család a *Scorpaenoidei* alrendben található, amelybe további 10 halcsalád tartozik. A *Scorpaenidae* családon belül 2 alcsaládot találunk. A *Scorpaeninae* alcsaládba tartozik a kutatásban szereplő *Scorpaena* genus, melyen kívül további 18 nemet sorolnak ide.

- Order *Scorpaeniformes*
 - Suborder *Scorpaenoidei*
 - Family *Setarchidae*
 - Family *Neosebastidae*
 - **Family *Scorpaenidae***
 - Subfamily *Scorpaeninae*
 - Genus *Hoplosebastes*
 - Genus *Idiastion*
 - Genus *Iracundus*
 - Genus *Neomerinthe*
 - Genus *Neoscorpaena*
 - Genus *Parascorpaena*
 - Genus *Phenacoscorpius*
 - Genus *Pogonoscorpius*
 - Genus *Pontinus*
 - Genus *Pteroidichthys*
 - Genus *Rhinopias*
 - **Genus *Scorpaena***
 - Genus *Scorpaenodes*
 - Genus *Scorpaenopsella*
 - Genus *Scorpaenopsis*
 - Genus *Sebastapistes*
 - Genus *Taenianotus*
 - Genus *Thysanichthys*
 - Genus *Ursinoscorpaenopsis*

- Subfamily *Pteroinae*
 - Family *Apistidae*
 - Family *Tetrarogidae*
 - Family *Synanceiidae*
 - Family *Caracanthidae*
 - Family *Aploactinidae*
 - Family *Pataecidae*
 - Family *Gnathanacanthidae*
 - Family *Congiopodidae*
- o Suborder *Platycephaloidei*
- o Suborder *Anoplopomatoidei*
- o Suborder *Hexagrammoidei*
- o Suborder *Normanichthyoidei*
- o Suborder *Cottoidei*

5.2. A kis sziklahal morfológiája

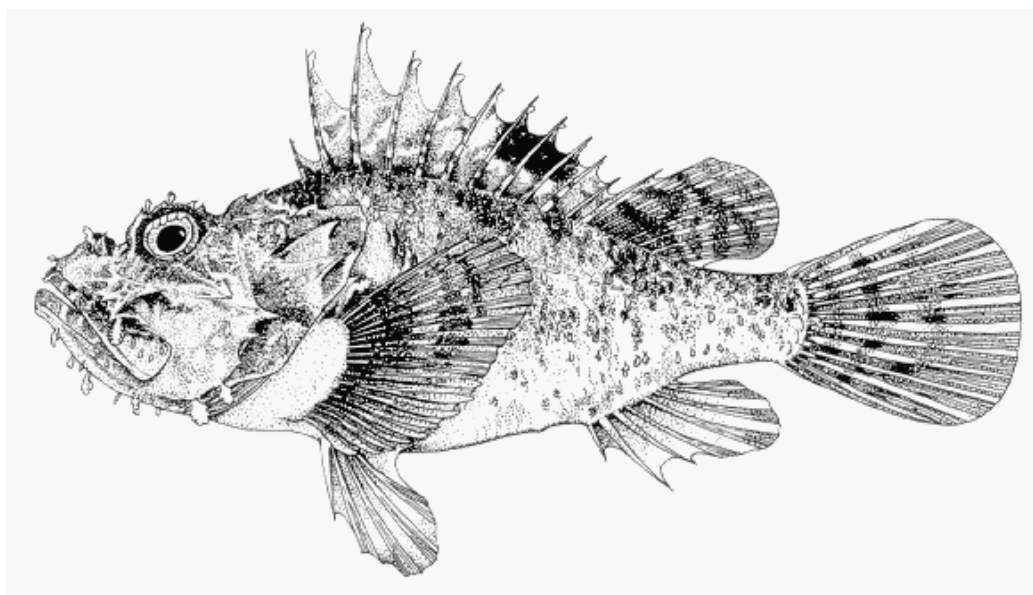
A kis sziklahal (1. és 3. kép) zömök, erős teste oldalról kissé lapított, háta enyhén ívelt. Nagy fején és kopoltyúfedőjén erős tüskéket visel, innen ered a család elnevezése is (sárkányfejű halak). A fejtetőhöz közel lévő, enyhén ovális szemei nagyok, felettük 1-1 (a szem átmérőjével megegyező méretű) tollszerű tapogatót visel, melyek a fejre is simulhatnak, ilyenkor nehéz észrevenni azokat. Orrnyílásai felett 1-1 rövidebb tapogató található. Kissé felső állású szája nagy és széles, a szem hátsó vonaláig nyúlik. Alsó és felső állkapcsán rengeteg hegyes, apró fog ül. Testén kis bőrfüggelégeket visel, melyek azonban soha nem találhatók az állon (ez faji elkülönítő bélyeg a nagy sziklahaltól). Erősen ülő pikkelyei kicsik, az oldalon mentén több mint 55 db van. A nagy sziklahalnál (2. és 4. kép) 35-40 ugyanezen pikkelyek száma. Oldalvonala enyhén görbült. A hátúszó 12 db kemény és 9-11 db lágy úszósugárból áll, a két rész között egy bemélyedés látható. A kemény úszósugarak tövén méregmirigy van. A farokúszó nagy, a farok alatti úszó 3 db kemény és 5-6 db lágy úszósugárból áll. Hasúszói torokállásúak, 1 kemény és 4-5 lágy úszósugárral. Mellúszói nagyok és szélesek, utóbbiakat az aljazaton való közlekedésre is használja. Úszóhólyagja nincs. Színezete változatos, szürkésbarnától a vörösig terjed. Testét szabálytalan sávok és foltok borítják, melyekkel az aljzat mintázatához illeszkedik. Bőrét szabályos időközönként levedli (Hureau és Litvinenko, 1986). Maximális mérete 37,0 cm (TL), és legnagyobb súlya 870 g (IGFA Database, 2001).



1. kép. Kis sziklahal (*Scorpaena porcus*). (Forrás: Fishbase)

5.3. A nagy sziklahal morfológiája

A nagy sziklahal (2. és 4. kép) erős, zömök teste oldalról kissé lapított, háta a kis sziklahalénál kissé magasabb. Nagy fején és kopoltyúfedőjén erős tüskéket visel. A fejtetőn lévő, enyhén ovális szemei a kis sziklahaléhoz képest arányaiban kisebbek. Felettük 1-1 (a szem átmérőjénél kisebb) tollszerű tapogatót visel, melyek hiányozhatnak is. Orrnyílásai felett 1-1 rövidebb tapogató látható. Felső állású szája nagy és széles, a szem első vonaláig nyúlik. Alsó és felső állkapcsán hegyes, apró fogak ülnek. Testén és fején számos kis bőrfüggelékkel visel, melyek az állon is megtalálhatók (ez faji elkülönítő bélyeg a kis sziklahaltól). Erősen ülő pikkelyei nagyok, az oldalvonal mentén 35-40 db van. A kis sziklahalnál (1. kép) több mint 55 ugyanezen pikkelyek száma. Oldalvonala enyhén görbült. A hátúszó 12 db kemény és 9-10 db lágy úszósugárból áll, a két rész között egy bemélyedés látható. A kemény úszósugarak tövén méregmirigy van. A hátúszó közepén gyakran fekete, lilás folt található. A farokúszó nagy, a farok alatti úszó 3 db kemény és 5-6 db lágy úszósugárból áll. Hasúszói torokállásúak, 1 kemény és 4-5 lágy úszósugárral. Mellúszói nagyok és szélesek, melyeket az aljzaton való közlekedésre is használ. Úszóhólyagja nincs. Színe rozsdabarnától az élénkvörösig terjed. Testét márványos mintázatot alkotó sötét és világos foltok borítják, melyekkel az aljzathoz illeszkedik. Bőrét szabályos időközönként levedli (Hureau és Litvinenko, 1986). Maximális mérete 50,0 cm (Eschmeyer és Dempster, 1990) (TL), legnagyobb súlya 2.960 g (IGFA Database, 2001).



2. kép. Nagy sziklahal (*Scorpaena scrofa*). (Forrás: Fishbase)



3. kép. Kis sziklahal (*Scorpaena porcus*). (Forrás: Fishbase)



4. kép. Nagy sziklahal (*Scorpaena scrofa*). (Forrás: Fishbase)

5.4. A kis és a nagy sziklahal rendszertani besorolása, szinonim elnevezései

A kis sziklahal (*Scorpaena porcus*, Linnaeus 1758) és a nagy sziklahal (*Scorpaena scrofa*, Linnaeus 1758) rendszertani besorolása

Törzs (Phylum): Gerinchúrosok (*Chordata*)

Altörzs (Subphylum): Gerincesek (*Vertebrata*)

Főosztály (Superclass): Állkapcsosok (*Gnathostomata*)

Osztály (Class): Sugarasúszójú halak (*Actinopterygii*)

Rend (Order): Sárkányfejűhal-alakúak (*Scorpaeniformes*)

Család (Family): Sárkányfejű halfélék (*Scorpaenidae*)

Nem (Genus): sziklahalak (*Scorpaena*)

Faj (Species): kis sziklahal (*Scorpaena porcus*)

Faj (Species): nagy sziklahal (*Scorpaena scrofa*)

A rendszertani besorolás a MarBEF Data System és Van Der Land *et al.* (2001) alapján történt.

Hazánkban a *Scorpaeniformes* rend *Cottidae* családjának két tagja fordul elő: a cifra és a botos kölönte (5-6. kép). Mindkét faj védett.



5. kép. Cifra kölönte (*Cottus poecilopus*). (Forrás: Fishbase)



6. kép. Botos kölönte (*Cottus gobio*). (Forrás: Fishbase)

A kis sziklahal szinonim elnevezését az 1. táblázat, a nagy sziklahal szinonim elnevezéseit a 2. táblázat tartalmazza.

1. táblázat. A kis sziklahal szinonim elnevezése

Szinonima	Szerző	Forrás
<i>Scorpaena erythaea</i>	Cuvier, 1829	Eschmeyer és Dempster (1990)

2. táblázat. A nagy sziklahal szinonim elnevezései

Szinonima	Szerző	Forrás
* <i>Scorpaena barbata</i>	Bonnaterre, 1788	Eschmeyer és Dempster (1990)
* <i>Scorpaena barbata</i>	Gronow, 1854	Eschmeyer és Dempster (1990)
<i>Scorpaena lutea</i>	Risso, 1810	Risso (1810)
<i>Scorpaena natalensis</i>	Regan, 1906	Regan (1906)
<i>Scorpaenopsis natalensis</i>	Regan, 1906	Regan (1906)
** <i>Sebastapistes scorfa</i>	Linnaeus, 1758	Linnaeus (1758)

*Nem elfogadott név. **Elfogadott szinonima, de a használatát kerülni kell!

5.5. A kis és nagy sziklahal elterjedése, életmódja és gazdasági jelentősége

5.5.1. A kis sziklahal elterjedése

Európa környéki mérsékelt övi tengerek lakója, elterjedését a víz hőfokán kívül a sókoncentráció is meghatározza (3. táblázat).

3. táblázat. A kis sziklahal élőhelyének főbb fizikai tényezői. (Forrás: Fishbase)

	Minimum	Maximum
Hőmérséklet (°C)	9,62	24,34
Sókoncentráció (‰)	16,48	39,15
Mélység (m)	1	800

Elterjedési területe (55°É - 25°D, 32°Ny - 42°K) az Atlanti-óceánban a Brit-szigetektől az Azori-szigetekig húzódik, megtalálható a Kanári-szigetek és Marokkó partjainál, a Földközi-tengerben, az Adriai-tengerben és a Fekete-tengerben (7. kép). Fenéklakó magányos faj, mely főként sziklás tengerfenéken, kisebb üregekben és a

nagyobb moszatok között bújik el, a felszíntől egészen 800 m mélységig fordul elő (Hureau és Litvinenko, 1986).

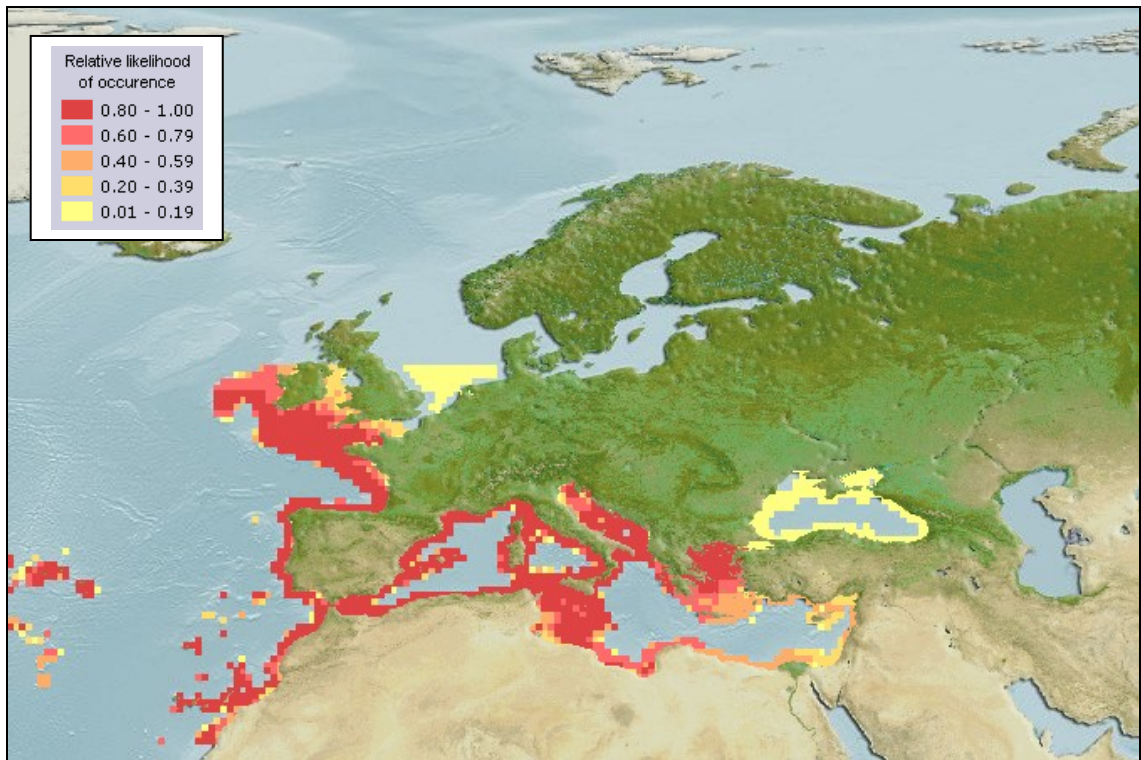
5.5.2. A nagy sziklahal elterjedése

Európa és Afrika környéki mérsékelt övi, és szubtrópusi tengerek lakója. Hőmérséklet és sókoncentráció igényét az alábbi táblázat mutatja be (4. táblázat).

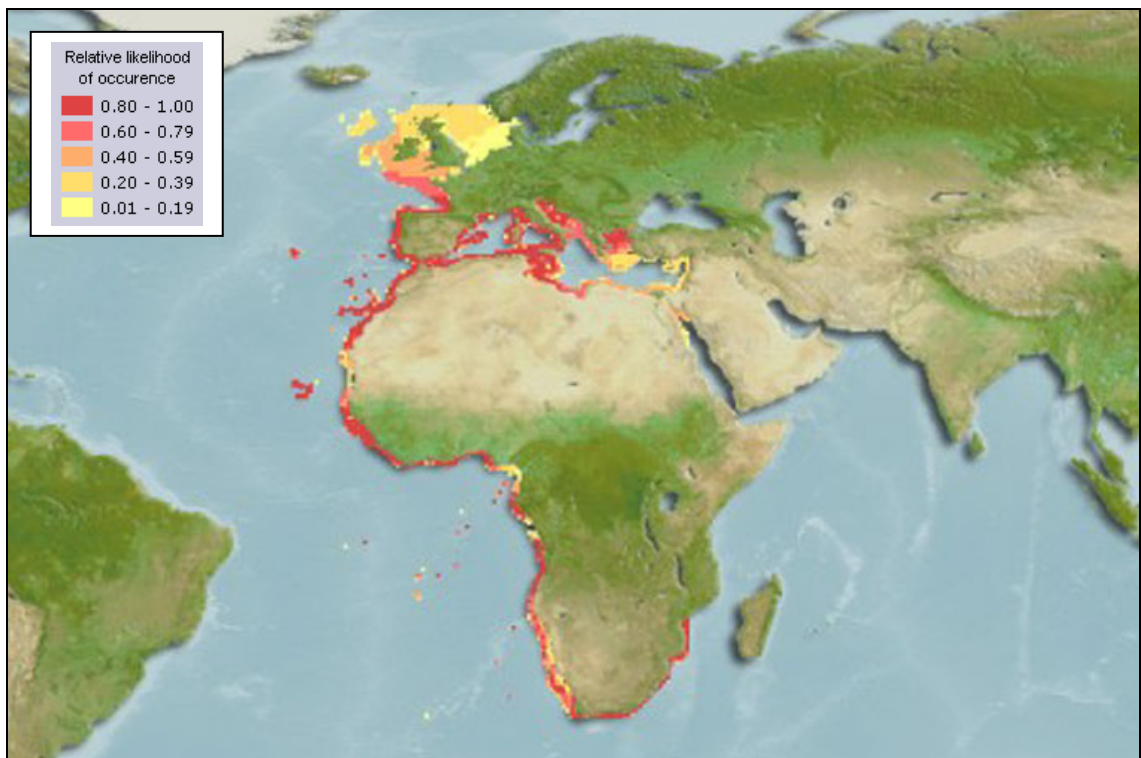
4. táblázat. A nagy sziklahal élőhelyének főbb fizikai tényezői. (Forrás: Fishbase)

	Minimum	Maximum
Hőmérséklet (°C)	5,36	28,39
Sókoncentráció (‰)	29,54	39,00
Mélység (m)	20	500

Elterjedési területe (60°É - 35°D, 26°Ny - 36°K) az Atlanti-óceánban a Brit-szigetektől Szenegálon keresztül Dél-Afrikáig húzódik, megtalálható a Kanári-szigetek és a Zöldfoki-szigeteken, a Földközi-tengerben és az Adriai-tengerben. A Fekete-tengerből hiányzik (8. kép) (Anon, 1997; Afonso *et al.*, 1999; Eschmeyer, 1986; Van Der Elst, 1993). Fenéklakó magányos faj, mely sziklás, homokos, vagy iszapos tengerfenéken, kisebb üregekben és a nagyobb tengeri fű mezőben rejtőzik 20-500 m között (Hureau és Litvinenko, 1986).



7. kép. A kis sziklahal elterjedési területe a gyakoriság jelölésével. (Forrás: Fishbase)



8. kép. A nagy sziklahal elterjedési területe a gyakoriság jelölésével. (Forrás: Fishbase)

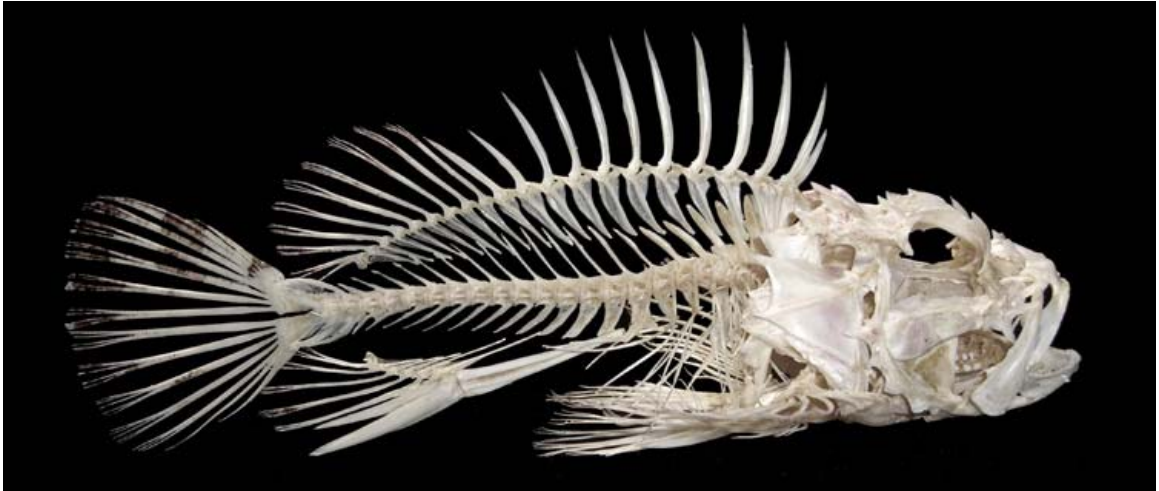
5.5.3. A kis és a nagy sziklahal életmódja

Mindkét faj alkonyatkor, éjjel aktív. Napközben ritkán mozognak, túlnyomórészt magányosan bújnak meg sziklák alatt, kisebb nagyobb üregekben, moszatok, vagy nagyobb tengeri fű-félék között (Bell *et al.*, 1983). Csak szaporodási időszakban keresik egymás társaságát. Nappal rejtekhelyükön, az aljzaton mozdulatlanul várakoznak, és mintázatuknak, színezetüknek köszönhetően alig vehetők észre. Zavarás esetén villámgyorsan odébb úsznak, és egy másik rejtekhelyet keresnek. Úszóhólyagjuk nincs, így a víztér közepén csak, zsákmányszerzéskor, vagy meneküléskor tartózkodnak

A kis sziklahal táplálékát elsősorban rákok alkotják. Közülük legfontosabbak a tízlábú rákok (*Decapoda*) kisebb termetű fajtái, valamint a felemás lábú rákok (*Amphipoda*). Morte *et al.* (2001) vizsgálatából kiderült, hogy a táplálék összetételében nincs különbség a kis sziklahal különböző életkorú és méretű csoportjainál, minden csoportnál a rövidfarkú rákok (*Brachyura*) dominálnak. Ugyanezen vizsgálat a rozsdás sziklahal (*Scorpaena notata*) esetében viszont különbséget találtak a táplálék összetételben a mérettől függően. Kis méretnél főleg a felemáslábú rákok (*Amphipoda*), hasadtlábú rákok (*Mysidacea*) és az ászkák (*Isopoda*) dominálnak, nagyobb méretnél a mászórák (*Reptantia*) és a rövidfarkú rákok (*Brachyura*) kerülnek többségbe. A kis sziklahal a rákok mellett kisebb mértékben kistermetű fenéklakó halakat is fogyaszt (Hureau és Litvinenko, 1986). A nagy sziklahal táplálék összetétele ettől eltérő, fenéklakó halak, főleg gébek (*Gobiidae*), nyálkashalak (*Bleniidae*), ajakoshalak (*Labridae*), valamint apróbb rákok és puhatestűek (fejlábúak - *Cephalopoda*) alkotják (Harmelin-Vivien *et al.*, 1989; Hureau és Litvinenko, 1986).

A védekezésben nemcsak a színezetükre és búvóhelyükre támaszkodnak, hanem a fejen és a kopoltyúfedőn található erős csonttövisek (9. kép) is védelmet nyújtanak. Emellett a *Scorpaenidae* család minden tagja a hátúszó kemény sugarainak tövében méregmirigyeket hordoz (Halstead *et al.*, 1990; Lalwani, 1995; Roche és Halstead, 1972). A mérge emberre is veszélyes, szúrásakor azonnal erős, égető fájdalom érezhető, a sérült testrész megdagad, és a fájdalom, duzzanat csak hosszabb idő után múlik el (Haddad *et al.*, 2003). A fajoként változó erősségű mérge csökkenti a vérnyomást, a szívverést és a légzési frekvenciát, haemorrhagikus, haemolitikus és proteolitikus hatású. A toxinok erősségét egéren vizsgálva a következő eredményeket kapták: *Scorpaena guttata* LD₅₀ = 2,6 mg/kg i.v., *Scorpaena plumieri* LD₅₀ = 0,28 mg/kg i.v. (Carrijo *et al.*, 2005). Mivel a toxin hőérzékeny fehérje, ezért elsősegélyként

a megszúrt testrészt (mely általában kéz vagy láb) 50 °C hőmérsékletű vízbe kell meríteni, és 1,0-1,5 óráig ott tartani (Anon, 1985). A hőkezelés hatására a mérgezés erőssége, és a fájdalom csökken (Vine, 1986).



9. kép. Sziklahal faj (*Scorpaena sp.*) csontváz. (Forrás: Helter Skeleton)

5.5.4. A kis és a nagy sziklahal gazdasági jelentősége

Bár a kis sziklahallal az adriai-tengeri halpiacokon mindig lehet találkozni, mérete miatt gazdasági jelentősége kicsi (Fishbase).

A nagy sziklahal az adriai-tengeri halpiacokon a legdrágább halak közé tartozik, mérete és süllőre hasonlító fehér húsa kedvelt és keresett. A FAO 2007. évi kimutatása alapján ára 18 EUR/kg (Globefish, 2007). Mivel értékes halászsákmánynak számít (Jardas, 1996), állománya - főként a nagy egyedek arányát tekintve - a túlhalászás következtében megritkult (Matic-Skoko *et al.*, 2008), bár még nem tartozik a CITES veszélyeztetett fajok listájába. A fenti okok miatt mesterséges szaporítása gazdasági és természetvédelmi jelentőséggel is bírna.

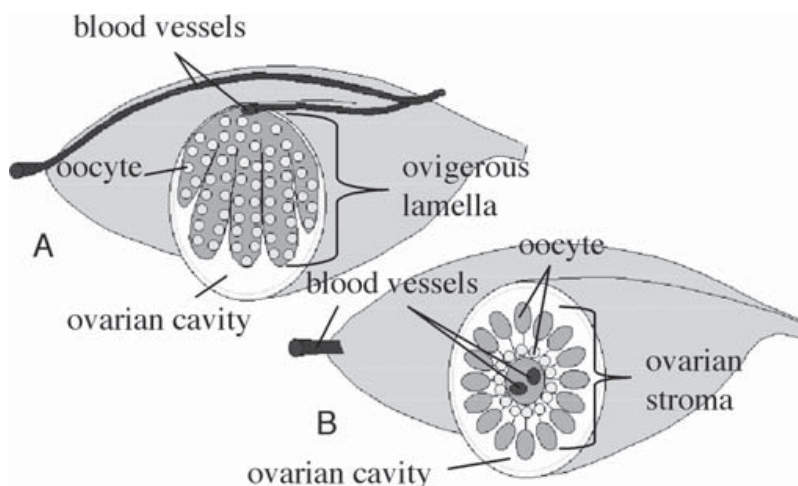
5.6. Szaporodási sajátosságok a *Scorpaenidae* családban

5.6.1. A *Scorpaenidae* családban előforduló szaporodási módok és különlegességek

A *Scorpaenidae* családon belüli szaporodási módok rendkívül széles skálán mozognak. A halak között általánosan elterjedt ovipar és vivipar szaporodáson kívül megtalálhatjuk a különleges zygopar, illetve embryopar szaporodási módokat is.

- Ovipar szaporodásnak nevezzük azt a módot, amikor az ikrások által kibocsátott érett petesejteket a hímek külső úton megtermékenyítik meg. Pl. *Scorpaena* genus.
- Vivipar szaporodás esetén a hímek belső megtermékenyítést alkalmaznak, és a nőtények eleven ivadékokat hoznak a világra. Pl. *Sebastes*, *Sebasticus* fajok (Wourms, 1991).
- Zygopar a szaporodás akkor, ha a megtermékenyítés belső, és az ikrások a megtermékenyített petesejteket rakják le. Pl. *Helicolenus dactylopterus dactylopterus*.
- Embryopar szaporodásról akkor beszélhetünk, amikor a belső megtermékenyítés után a nőtények embriókat bocsátanak ki. Pl. *Helicolenus* fajok (Koya és Munoz, 2007).

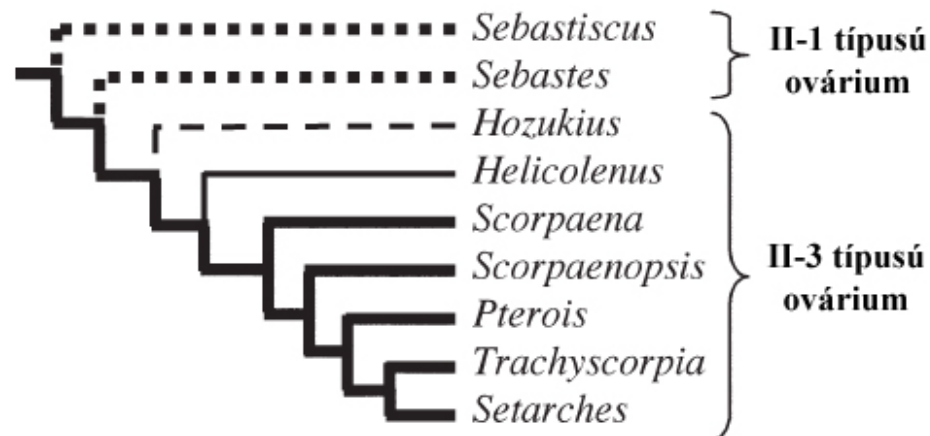
A fent említett szaporodási módok egy érdekes evolúciós folyamatot mutatnak. Koya és Munoz (2007) kutatásukban azt állítják, hogy az ovariumok szerkezetének (1. ábra) vizsgálata alapján a *Scorpaenidae* családon belül egy evolúciós folyamatot feltételezhetünk, amely jól párhuzamba vonható egy korábban felállított törzsfajlódási fával (2. ábra).



1. ábra. Ovárium típusok (Koya és Munoz, 2007 alapján).

A: II-1 típus, B: II-3 típus

Ahogy az 1. ábrán látható, a II-1 típusú petefészekben az ovárium lamellák a dorzális oldalról lógnak le az ovárium üregébe. A II-3 típusnál az ovárium szerkezete keresztmetszetben csillagszerű elrendezést mutat. A 2. ábra egy a különböző szaporodási módokkal kiegészített, korábban felállított evolúciós törzsfát mutat be a *Scorpaenidae* családon belül. A törzsfá szerint ősebb családok (*Sebastiscus*, *Sebastes*) II-1 típusú ováriummal rendelkeznek.



2. ábra. A *Scorpaenidae* család evolúciós törzsfája (Imamura, 2005 szerint)

kiegészítve a szaporodási módokkal (Koya és Munoz 2007 alapján).

Vastag szaggatott vonal: vivipar; vékony szaggatott vonal: ismeretlen; vékony folyamatos vonal: zygopar vagy embryopar; vastag folyamatos vonal: ovipar

Az ováriumok felépítése és bonyolultsága szerint a *Scorpaenidae* családon belül a legősibb szaporodási módnak a vivipart tekinthetjük, melyből előbb a zygopar és az embryopar, majd az ovipar alakult ki.

A fent említett 4 alapvető szaporodási módon kívül egyéb speciális esetet is leírtak a családon belül. Munoz *et al.* (2002b, c) a rozsdás sziklahal (*Scorpaena notata*) testis és ovárium szerkezetét vizsgálva egy úgynevezett ovulipar szaporodási módot feltételeztek fel, mely az ovipar szaporodás speciális esete. A *Scorpaenidae* család ovipar fajainak petefészke zselészerű anyagot termel, melybe ágyazódnak az ikrák. A spermiumok olyan tulajdonságokkal bírnak, melyek megkönnyítik a zselészerű anyagba ágyazott ikrák megtermékenyítését, pl. a viszonylag hosszú középdarab és a nagymennyiségű ondófoliadék.

A vivipar fajok esetében többen vizsgálták az ikrások azon tulajdonságát, hogy a spermiumokat raktározni képesek, és a legmegfelelőbb időben termékenyítik meg a

petesejteket. Ilyen kutatást végzett Vila *et al.* (2007) a *Helicolenus dactylopterus dactylopterus* esetében. Megállapították, hogy a nőstény által raktározott spermiumok 10 hónapig voltak működőképesek és védettek az ikrás immunrendszerével szemben. A spermiumérés a július-február közötti időszakban volt domináns, míg a petesejt-érés december-február között volt a legintenzívebb. A raktározott spermiumok az ovárium falának epithelium rétege által termelt folyadékban lebegtek (Munoz *et al.*, 1999). Hasonló eredményre jutottak az eleveneszlő *Sebastes atrovirens* esetében is (Sogard *et al.* 2008).

Nemcsak a szaporodás típusában, hanem az ivarsejt érés ciklusában is érdekes alkalmazkodási módszereket írtak le. Például az ovipar *Scorpaenodes littorales* esetében Yoneda *et al.* (2000) egy szaporodási cikluson belül többszörös ikrázást figyeltek meg. A nőstények 2-8 napos intervallummal tudtak ikrát lerakni, és így a szaporodás 4-8 hónapig elhúzódott. A leggyakoribb intervallum 2 nap volt. Az ovarium mikroszkópos szerkezetének vizsgálatakor is jól látható volt a többféle érettségi állapotú ivarsejt.

Az ikrások életkora, az ikrázás időpontja és a lerakott ikra mennyisége közötti összefüggéseit vizsgálta Bobko és Berkeley (2004) a *Sebastes melanops* esetében. Megállapították, hogy az idősebb nőstények inkább a szaporodási időszak elején, a fiatalabbak pedig a szaporodási időszak végén ikráztak. A lerakott ikra mennyisége is eltérő volt, egy 6 éves nősténynél 299.302 db, egy 16 éves nősténynél 948.152 db. A relatív termékenység (testtömeg-grammra megadott ikraszám) 374 ikra/TTg volt a 6 éves, és 549 ikra/TTg a 16 éves nősténynél.

5.6.2. A *Scorpenidae* család tagjainak ivarszerv és ivarsejt felépítésbeli különbségei, embrió és lárvafejlődése

Számos kutatás foglalkozott a *Scorpaenidae* család halfajainak ivarszerv felépítésével, éves ivari ciklusával és az ivarsejtek érésével. A *Sebastes flavidus* esetében Bowers, (1992), a *Helicolenus dactylopterus dactylopterus* fajnál Munoz *et al.* (2002a), a mediterrán elterjedésű rozsdás sziklahal esetében pedig Munoz *et al.* (2002c) vizsgálták a petefészek felépítését. A rozsdás sziklahal külső megtermékenyítésű, ikrákkal szaporodó faj, mely ikráit kocsonyás masszába ágyazva bocsátja ki. A kocsonyás anyag termeléséért főként a petefészek belső falának epithelium rétege felelős. Az érett petesejtekből hiányoznak a zsírcseppek. Az ikrák lerakása és szállítása az őket körülvevő zselés mátrix segítségével történik. A petefészek váza az ivarszerv

központja mentén helyezkedik el, és a fejlődő petesejtek kis kocsányokkal kapcsolódnak hozzá. Megállapította, hogy az ovarium szerkezete az ovipar fajokénál specializáltabb, és néhány tipikus vivipar jelleget mutat. Ilyenek a petesejtek kortikális alveolusainak csekély száma és kis mérete, valamint a zona radiata figyelemre méltó vékonysága. A szövettani és ultrastrukturális megfigyelések alapján ezen faj ikrákkal való szaporodása sokkal nagyobb mértékben specializálódott, mint a csontoshalak többségénél.

Hasonló jellegzetességeket figyelt meg Erickson és Pikitch (1993) a *Sebastolobus alascanus* fajnál. A petesejtek az érési folyamat során kis lábacsókákkal kapcsolódnak az ovarium szerkezetéhez, és csak akkor válnak el, amikor a petefészek falában lévő specializált sejtek által termelt zselészerű anyagba ágyazódnak.

Egyes fajoknál, mint pl. az eleveneszlő *Sebastes taczanowskii* esetében az embriófejlődés szinkronizált, és az ovariumban egy időben azonos fejlettségű petesejtek, embriók vannak. Ennél a fajnál az ivarsejt-érés mindkét nemnél szinkronizált, és a spermium tárolása nem jellemző. Az összehasonlításban közölt más *Sebastes* fajoknál ellenkező viselkedés tapasztalható. Amennyiben az ivarsejt-érés nem összehangolt, akkor a nőstények spermiumok tárolása fejlett (Takahashi *et al.*, 1991).

Érdekes következtetésre jutott Fujita és Kohada (1996) a *Sebasticus marmoratus* hímjeinek vizsgálatakor. A tejesek GSI értéke még szaporodási időszakban is meglepően alacsony volt (max. GSI = 0,4 %). Ennek egyféle magyarázata lehet az, hogy a nőstények inkább hajlottak egy hímmel való párosodásra. Emiatt a tejeseknek inkább megérte a más hímekkel való küzdelemre fordítani az energiát, mint a tej mennyiségét növelni.

Az ivarsejtek számát és méretét a rozsdás sziklahal esetén Munoz *et al.* (2005) írta le. A zselészerű mátrixban kibocsátott, körülbelül 500 µm átmérőjű ikrák száma 6.000 – 33.000 db/nőstény volt.

A *Scorpaena miostoma* esetében Kimura *et al.* (1989) foglalkozott a petesejtek és az embriók morfológiai adataival. A megtermékenyített petesejt enyhén ovális, 0,86 × 0,75 mm, a kikelt nem táplálkozó lárvák hossza 1,55 mm.

Több kutatás foglalkozott a lárvák fejlődés közbeni vertikális vándorlásával. Ezek szerint a kikelt lárvák kezdetben a víztestben élnek (planktoni életmódúak), és csak később térnek át a fenéklakó, bentikus életmódra. A *Sebastes schlegeli* fajnál Nagasawa és Domon (1997) kutatása szerint a 20 mm-nél kisebb lárvák a felszín közeli

vízrétegben lebegnek, 20-40 mm között mélyebbre húzódnak, akár egészen az aljzat közelébe. A 40 mm feletti méretűek pedig bentikusi életmódra váltanak.

A *Sebastes vulpes* Japán környéki populációjánál hasonló felismerésre jutott Nagasawa (2000). Azt találta, hogy a kikelt, 4 mm-s lárvák a plankton tagjaként lebegnek, és körülbelül 25 mm testhossznál ülnek le az aljzatra.

5.6.3. A *Scorpaenidae* családban vizsgált ivararányok

A *Scorpaenidae* családba tartozó fajoknál több esetben is beszámoltak arról, hogy egy fajon belül a földrajzilag egymástól távol lévő populációk között eltérő ivararányok találhatók.

A *Helicolenus dactylopterus dactylopterus* az Atlanti-óceán Észak- és Dél-Carolinai részén lévő populációiban White *et al.* (1998) vizsgálta az ivararányt. A legtöbb mérettartományban az ikrás:tejes arány 1:1 volt, de a 250 mm feletti kategóriában a hímek domináltak. Az átlagos ivararány 1:0,6 volt a hímek javára. Ugyanezen fajnál a Földközi-tenger spanyolországi partjainál Munoz és Casadevall (2002c) 1:1 ivararányt talált.

A Földközi-tengerben több vizsgálat is foglalkozott a kis sziklahal ivararányával. A tunéziai partoknál Bradai és Bouain (1991), az ikrások arányát jóval nagyobbak találta, mint a tejesekéit, különösen a nagyobb méretű egyedek között. A törökországi populációban Koca (2002) az ikrások és tejesek arányát. 43,76% - 56,24 %-nak találta. A Fekete-tenger törökországi partjainál Bilgin és Celik (2009) vizsgálata szerint az ikrások 57,78 %, a tejesek 42,22 % arányban fordultak elő.

5.6.4. A *Scorpaenidae* család egyes fajainál megjelenő ivari dimorfizmus

Ebből a szempontból is jelentős különbségek vannak a család genusainál. A *Sebastes* nem 34 fajánál például egyértelmű morfometriai eltéréseket találtak az ivarok között. A hímek fejhossza, szem átmérője, alsó állkapocs hossza, a mellúszó leghosszabb úszósugara, a hátúszó legnagyobb kemény úszósugara nagyobb, mint a nőstények esetében. Érdekes, hogy a tanulmány szerint a pelágikus fajok esetében nagyobb az ivari különbség, mint a bentikusi életmódú fajoknál. (Lenarz és Echeverria, 1991). A *Sebastes owstoni* esetében Yagishita *et al.* (2007) még határozottabb ivari kétalakúságot talált. A 120 mm-nél kisebb hímek mind vörösek, a 170 mm-nél nagyobbak mind sárgák, a kettő közötti tartományban pedig átmeneti színűek. A 170

mm-nél kisebb nőtények vörösek. A vizsgált 542 ikrából mindösszesen 16 egyed volt sárga, ezek a legnagyobbak, 177-241 mm közöttiek. A test színezetében mutatkozó különbség nem csak a szaporodási időszakban figyelhető meg, hanem állandóan. Ugyanezen vizsgálat megerősítette Lenarz és Echeverria (1991) eredményeit, kiegészítve azzal, hogy a farokúszó és a mellúszó közötti távolság a hímeknél kisebb.

A *Scorpaena* nemben belül ivarok közötti morfológiai különbséget az Atlanti-óceán keleti részén elterjedt *Scorpaena madarensis* esetében találtak. La Mesa *et al.* (2005) vizsgálata szerint a tejesek nagyobb méretűek, mint az ikrások. A nőtények átlagos mérete 9,6 cm, a hímeké 14,8 cm. Ez és a cikkben közölt egyéb morfometriai paraméterek, pl. a szem fölötti tapogató hossza alapján, La Mesa (2005) szerint, el lehet különíteni a *S. maderensis* és a *S. porcus* fajokat egymástól.

A *Scorpaena porcus* és a *S. scrofa* esetében ivari kétalakúságot eddig még nem figyeltek meg (Hureau és Litvinenko, 1986; Munoz *et al.*, 2005), eltekintve attól, hogy a kis sziklahal esetében az ikrások gyorsabban és nagyobbra nőnek (Bilgin és Celik, 2009). A szaporodási időszakban a nőtények hasa a zselészerű állományba ágyazott ikrától jelentősen megduzzad, így egyértelműen elkülöníthetők a tejesektől, illetve az ikrákat nem hordozó nőtényektől. Utóbbi kettőt kívülről nem lehet megkülönböztetni.

5.6.5. A kis sziklahal szaporodásbeli sajátosságai

A *Scorpaena porcus* szaporodásával kapcsolatos első leírást Sparta (1941) végezte el. Akvárium körülmények között, spontán szaporodás útján nyert megtermékenyített ikrák, majd embriók és zsenge lárvák morfológiai jellemzőiről Jug-Dujakovic *et al.* (1995) közöltek cikket. A kocsonyás anyagba ágyazódott, 1,09-1,14 mm átmérőjű ikrák enyhén oválisak voltak, és nem tartalmaztak olajcseppet. Érdekes, hogy a kis sziklahal mérete jelentősen kisebb, mint a nagy sziklahalé, de az ikrák átmérője nagyobb. Az embriogenezis 20,5 °C-on 45 óra 50 percig tartott, a kikelt lárvák 2,21-2,33 mm hosszúak voltak. A szikanyag 4,89 nap után fogyott el.

Ezzel szemben Celik és Bircan (2004) törökországi populációknál 0,60-0,87 mm közöttinek találta az ikrákat, ami jelentős, 25-45 % eltérést jelent Jug-Dujakovic *et al.* (1995) adataihoz képest. Mivel egyik csoport sem mesterséges szaporítással nyert ikrákat vizsgált, feltételezhető, hogy azokat az ovulációt követő különböző időpontokban vizsgálták, ami különböző duzzadtsági állapotot és ezen keresztül más-más ikraátmérőt eredményezett. A szerzők ivarérettséget is vizsgáltak, és úgy találták,

hogy a tejesek 2 évesen, az ikrások 3 évesen válnak ivaréretté. A GSI és a petesejtek méretéből arra következtettek, hogy a szaporodási időszak július és augusztus hónapokban van.

Ettől kissé eltérő eredményre vezetett Koca (2002) fekete-tengeri populációknál végzett vizsgálata, mely maximális GSI értéket júniusban, minimális GSI értéket pedig szeptemberben talált.

5.6.6. A nagy sziklahal szaporodási jellemzői

A *Scorpaena scrofa* ikrájának jellemzőit, és a lárvafejlődést először Sparta (1942) írta le. A következő megfigyelést és fényképes dokumentációt Dulcic *et al.* (2007) végezték el. Utóbbi megfigyelés a szaporodási időszakban (júliusban) befogott, és akváriumban spontán módon (hormonkezelés nélkül) leívtott halaknál történt. Az ellipszoid alakú megtermékenyített ikrák kocsonyás masszába ágyazva lebegtek a víz felszínén. A körülbelül 830-950 μm átmérőjű ikrák szikanyaga átlátszó volt, olajcseppet nem tartalmazott. Az embriogenezis 25,6 °C-n 31 óra 45 percig tartott. A kikelt, üvegszerűen áttetsző lárvák teljes hossza 2,00 – 2,25 mm között változott. Szikanyaguk a 4. napon fogyott el, majd táplálék hiányában elpusztultak.

5.6.7. A *Scorpaena* fajok mesterséges szaporítása

Az értekezés témájának újszerűségét mutatja, hogy e tárgyról nem található irodalmi adat.

5.7. A halak ivarsejtjeinek fejlődése

(Horváth *et al.*, 2000 alapján)

5.7.1. Oogenezis – vitellogenezis

A petesejtek fejlődését három szakaszra lehet bontani. Az első, ún. szaporodási (oogonális) fázisban az őspetesejtek körül egy follikuláris réteg alakul ki, és megindul a meiosis. Ekkor primer oocytáról beszélünk. A második szakaszban a petesejtek plazmája növekedésnek indul, ezt protoplazmatikus szakasznak nevezzük. A harmadik, trofoplazmatikus szakaszban a primer oocytában nagymértékű tápanyag felhalmozódás kezdődik el. Kezdeti lépésként a citoplazmában apró hólyagok (vakuólumok) jelennek meg, majd közöttük lipoid szikanyag felhalmozódás indul el. A szikfelhalmozás (vitellogenezis) a vakuólumokat a sejt szélére szorítja ki. A szikberakódás ideje alatt a sejt térfogata jelentősen megnő, akár a kezdeti méret egymilliószeresére is. A peteburok megvastagszik, radiális csatornái kialakulnak (zona radiata). A vitellogenezis alatt a sejtek mikroszkópos képe jellegzetes bélyegeket mutat. A tápanyag felhalmozás folyamán a sejtmagban lévő nukleoluszok a magmembránhoz tapadnak (DNS – mRNS átírás folyamata), majd annak befejeződésével a sejtmag közepébe húzódnak (10. kép). Ekkor a petesejtek ovulációra kész állapotban vannak.



10. kép. A nukleoluszok elhelyezkedése a kis sziklahal aszinkron érésű petefészkének különböző érettségű petesejtjeiben. (Fotó: Németh Szabolcs)

5.7.2. A végső oocytaérés és az ovuláció

A szikfelhalmozódás befejeződése után a halak petesejt fejlődése a meiozis I főszakaszának profázisában leáll. Az ivarsejterés befejező szakasza a fajnak megfelelő ívási környezet hatására létrejövő hormonális változások hatására indul be. Az ívási környezet alaptényezői közé tartozik pl. az ívási hőmérséklet, az optimális oxigénszint, a stressz hiánya és a megfelelő fényviszonyok. Ezek megléte esetén a végső érés hormonális beindításához az ún. kiváltó tényezők is szükségesek. Utóbbiak közé tartozik pl. a légnyomás-változás, a tejes/ikrás észlelése, egyes édesvízi fajoknál a víz hígulása és az ívási aljzat.

Az ívási alaptényezők és kiváltó tényezők megléte esetén olyan hormonális változások indulnak be, melyek hatására az addig kényszernyugalmi állapotban lévő oocyták újbóli fejlődésnek indulnak. A citoplazmában lévő szikszemcsék összeolvadnak, az oocyta áttetszővé válik. Megindul a félbemaradt meiozis, a sejtmag a középpontból a mikropyle irányába mozog, és ott megállapodik. A meiotikus osztódás a II. főszakasz metafázisánál ismét leáll. Az ivarsejtek vizet vesznek fel, térfogatuk jelentősen megnő. A follikuláris tok enzimhatásra egy ponton elvékonyodik, és a tok falában lévő theca sejtek mikrofilamentumainak összehúzódása révén, a termékenyülésre kész másodrendű oocyta kilökődik a follikuláris tokból, lezajlik az ovuláció.

5.7.3. Spermiogenezis - spermiáció

Míg a petesejtek fejlődésénél a sejtméret lényeges növekedést mutat, addig a hímivarsejtek fejlődésénél a méret csökken. A spermiogenezis is több lépésben zajlik le. Az első fázisra, a (primordiális) ősvarsejtekre, a nagy méret, a tojásszerű alak és a nagy sejtmag jellemző. Ezekből A és B típusú spermiogóniumok keletkezhetnek, melyeknél a sejt és a sejtmag méret egyaránt csökken (a B típusú spermiogóniumok egyes halfajoknál nem jelennek meg). Belőlük jönnek létre az elsőrendű spermioцитák. Utóbbi sejtfázisban indul meg a meiozis folyamata. A cisztákban ülő elsőrendű spermioцитák osztódása szinkronizált, mivel a sejtek citoplazma hidak révén összeköttetésben állnak egymással. A meiozis a másodrendű spermioцita állapotban fejeződik be, a sejtmag kromatin állománya fokozatosan kondenzálódik és kialakul a jellegzetes érett spermium alak. Így jönnek létre a haploid hímivarsejtek. A spermiogenezis folyamata a tubuláris herével rendelkezős fajoknál egész évben folyamatos, a lobuláris herével

rendelkezőknél viszont ciklikusságot mutat. A spermiációt az ovulációnál már tárgyalt alaptényezők és kiváltó tényezők megléte esetén a neuroendokrin elemek szabályozzák.

5.8. A halak szaporodásának neuroendokrin szabályozása (Szabó (2000) valamint Zohar és Mylonas (2001) alapján)

A szaporodás szabályozása az állatvilág nagy részében, de a gerinceseknél kivétel nélkül neuroendokrin úton zajlik. A gerincesekben ez a szabályozás a hipotalamusz – hipofízis – ivarszerv lánc elemeinek hormonális összekapcsolása révén valósul meg. A környezet hatásai a hipotalamuszt befolyásolják, mely a hipofízis elülső lebenyének segítségével az ivarszervekre hat. A folyamat szabályozását pozitív és negatív visszacsatolások teszik teljessé (lásd 5.8.2 pont).

5.8.1. A szabályozásban résztvevő legfontosabb hormonok

- **GnRH**

A gonadotropin-releasing hormon a GtH szekrécióját serkenti. Eddig 24 típusát tudták elkülöníteni (3. ábra) (Sherwood és Adams, 2005).

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Mammal	pGlu	-His	-Trp	-Ser	-Tyr	-Gly	-Leu	-Arg	-Pro	-Gly-NH ₂
Whitefish	pGlu	-His	-Trp	-Ser	-Tyr	-Gly	- <u>Met</u>	- <u>Asn</u>	-Pro	-Gly-NH ₂
Salmon	pGlu	-His	-Trp	-Ser	-Tyr	-Gly	- <u>Trp</u>	- <u>Leu</u>	-Pro	-Gly-NH ₂
Sea Bream	pGlu	-His	-Trp	-Ser	-Tyr	-Gly	-Leu	- <u>Ser</u>	-Pro	-Gly-NH ₂
Pejerrey	pGlu	-His	-Trp	-Ser	- <u>Phe</u>	-Gly	-Leu	- <u>Ser</u>	-Pro	-Gly-NH ₂
Herring	pGlu	-His	-Trp	-Ser	- <u>His</u>	-Gly	-Leu	- <u>Ser</u>	-Pro	-Gly-NH ₂
Catfish	pGlu	-His	-Trp	-Ser	- <u>His</u>	-Gly	-Leu	- <u>Asn</u>	-Pro	-Gly-NH ₂
Dogfish	pGlu	-His	-Trp	-Ser	- <u>His</u>	-Gly	- <u>Trp</u>	- <u>Leu</u>	-Pro	-Gly-NH ₂
Chicken-II	pGlu	-His	-Trp	-Ser	- <u>His</u>	-Gly	- <u>Trp</u>	- <u>Tyr</u>	-Pro	-Gly-NH ₂
Lamprey-III	pGlu	-His	-Trp	-Ser	- <u>His</u>	- <u>Asp</u>	- <u>Trp</u>	- <u>Lys</u>	-Pro	-Gly-NH ₂
Lamprey-I	pGlu	-His	- <u>Tyr</u>	-Ser	- <u>Leu</u>	- <u>Glu</u>	- <u>Trp</u>	- <u>Lys</u>	-Pro	-Gly-NH ₂
Guinea Pig	pGlu	- <u>Tyr</u>	-Trp	-Ser	-Tyr	-Gly	- <u>Val</u>	-Arg	-Pro	-Gly-NH ₂
Chicken-I	pGlu	-His	-Trp	-Ser	-Tyr	-Gly	-Leu	- <u>Gln</u>	-Pro	-Gly-NH ₂
Frog	pGlu	-His	-Trp	-Ser	-Tyr	-Gly	-Leu	- <u>Trp</u>	-Pro	-Gly-NH ₂
Tunicate-1	pGlu	-His	-Trp	-Ser	- <u>Asp</u>	- <u>Tyr</u>	- <u>Phe</u>	- <u>Lys</u>	-Pro	-Gly-NH ₂
Tunicate-2	pGlu	-His	-Trp	-Ser	- <u>Leu</u>	- <u>Cys</u>	- <u>His</u>	- <u>Ala</u>	-Pro	-Gly-NH ₂
Tunicate-3	pGlu	-His	-Trp	-Ser	-Tyr	- <u>Glu</u>	- <u>Phe</u>	- <u>Met</u>	-Pro	-Gly-NH ₂
Tunicate-4	pGlu	-His	-Trp	-Ser	- <u>Asn</u>	- <u>Gln</u>	-Leu	- <u>Thr</u>	-Pro	-Gly-NH ₂
Tunicate-5	pGlu	-His	-Trp	-Ser	-Tyr	- <u>Glu</u>	- <u>Tyr</u>	- <u>Met</u>	-Pro	-Gly-NH ₂
Tunicate-6	pGlu	-His	-Trp	-Ser	- <u>Lys</u>	-Gly	- <u>Tyr</u>	- <u>Ser</u>	-Pro	-Gly-NH ₂
Tunicate-7	pGlu	-His	-Trp	-Ser	-Tyr	- <u>Ala</u>	-Leu	- <u>Ser</u>	-Pro	-Gly-NH ₂
Tunicate-8	pGlu	-His	-Trp	-Ser	- <u>Leu</u>	- <u>Ala</u>	-Leu	- <u>Ser</u>	-Pro	-Gly-NH ₂
Tunicate-9	pGlu	-His	-Trp	-Ser	- <u>Asn</u>	- <u>Lys</u>	-Leu	- <u>Ala</u>	-Pro	-Gly-NH ₂
Octopus	pGlu	- <u>Asn</u>	- <u>Tyr</u>	-His	- <u>Phe</u>	-Ser	- <u>Asn</u>	-Gly	- <u>Trp</u>	- <u>His</u> -Pro-Gly-NH ₂

3. ábra. GnRH típusok (Sherwood és Adams, 2005 alapján).

Az eddig felfedezett GnRH molekulák többsége a dekapeptidek közé tartozik. Ez alól csupán egy kivétel van, a földközi-tengeri polipban (*Octopus vulgaris*) felfedezett, mely 12 aminosavból áll. A GnRH molekulák szerkezete konzervatív. A 3. ábrán a jelölt aminosavak a mGnRH típustól való eltérést mutatják. A bekeretezett 11 típus található meg a halakban.

A halak lazac agyból kinyert GnRH-jának első izolációját és elemzését követően (Sherwood *et al.*, 1983), széles körben elfogadottá vált, hogy a legtöbb csontoshal agyában két GnRH típus található (King és Millar, 1995, 1997; Sherwood *et al.*, 1994). Az egyik a mindenütt előforduló cGnRH-II, a másik a fajspecifikus forma, mely lazacféléknél sGnRH, harcsaféléknél cfGnRH (Bogerd *et al.*, 1992), és angolnáknál illetve számos más ősi csontoshalnál mGnRH (King *et al.*, 1990). Újabb vizsgálatok azonban, a gerincesek között első ízben, háromféle GnRH-t mutattak ki az aranydurbincs (*Sparus aurata* – gilthead seabream) agyában (Gothilf *et al.*, 1995a, b; Powell *et al.*, 1994). Ezek közül két típus már ismert volt: sGnRH és cGnRH-II, a harmadikat új típusként azonosították és tengeri durbincs (seabream) sbGnRH-nak nevezték el.

Későbbi kutatások kimutatták, hogy ez a három típusú GnRH van jelen számos más *Perciformes* (Sügéralakúak) rendjébe tartozó halnál is, pl. csíkos tengeri süllő (*Morone saxatilis*) (Gothilf *et al.*, 1995a), mozambiki tilapia (*Oreochromis mossambicus*) (Weber *et al.*, 1997), vörös tengeri durbincs (*Pagrus major*) (Okuzawa *et al.*, 1997), esetében.

A GnRH-k első 3 aminosavból álló (legkonzervatívabb felépítésű) része a GtH szekrécióért felelős, az 5-8. aminosav közötti (legvariábilisabb) szakasz a GnRH-receptorhoz való kötődést határozza meg. A dekapeptid felépítése mutatja, hogy a gerincesek hormonális rendszerének egyes részei evolúciósan mennyire konzervatívak.

A csontoshalak (*Teleostei*) között legelterjedtebb a cGnRH-II, illetve fajtól függően a mGnRH, sGnRH, cfGnRH. A középagyban helyezkednek el a cGnRH-II-t termelő sejtek, melyek axonjai a gerincvelőbe nyúlnak. A hormon valószínűleg ingerületátvivő anyagként, vagy neuromodulátorként működik. A többi GnRH-t termelő idegsejt-csoport a preoptikus-hipotalamikus agyterületben található. Ezek axonjai (a többi gerincestől

eltérően) a hipofízis elülső lebenybe nyúlnak, és az általuk termelt hormonok a GtH szekrécióért felelősek.

- **Dopamin**

A dopamin a GtH szekréciót gátolja. A katekolaminok közé tartozik, az adrenalin és a noradrenalin bioszintézisének köztes terméke. A dopaminerg magok az agy preoptikus területén helyezkednek el, a magokat alkotó idegsejtek axonjai a hipofízisben végződnek. Hatását dopaminerg receptorokon keresztül fejt ki, közvetlen hatásként a hipofízis D-2 receptoraihoz kötődve gátolja a hipofízis sejteinek GtH szekrécióját. Közvetett hatását kétféleképp fejt ki. Egyrészt a hipotalamusz GnRH szekrécióját gátolja (D-1 receptorokon keresztül), másrészt hipofízis területén preszinaptikusan gátolja a GnRH kibocsátást (D-2 receptorokon keresztül) (4. ábra).

- **Gonadotrop hormonok**

Az adenohipofízisben termelődő és ott raktározott hormonok feladata az ivarérés és a szaporodás szabályozása. Halakban kétféle termelődik, a GtH-I és a GtH-II. Mindkettő α és β alegységből áll, és az α alegység mindkét hormonban azonos. Termelődésükért külön sejtcsoport felel.

FSH (régebbi elnevezés: GtH-I): molekulatömege 50 kD. A β alegység 113 aminosavból áll. Funkciója a gametogenezis szabályozása, serkenti a 17β -ösztradiol és a 11-ketotesztoszteron termelését, valamint a vitellogenin előállítását a májban, serkenti a szikanyag oocytába való beépülését. Felépítésében és funkciójában az emlősök FSH hormonjára hasonlít.

LH (régebbi elnevezés: GtH-II): molekulatömege 36 kD. A β alegység 119 aminosavból áll. Funkciója az ovuláció kiváltása. Felépítésében és funkciójában az emlősök LH hormonjára hasonlít.

- **Szexualsteroidok**

A hipofízis GtH hormonjainak hatására az ivarszervekben termelődnek. Funkciójuk kettős, egyrészt közvetlenül hatnak az ivarsejt-fejlődésre, másrészt visszacsatolós szabályozást látnak el a hipotalamusz-adenohipofízis rendszerben.

11-ketotesztoszteron: a tejesekben aktiválja a Sertoli-sejteket és stimulálja a spermiogenezist.

17 β -ösztradiol: az ikrásokban a májsejtek vitellogenin szintézisét és elválasztását serkenti.

MIS (maturációt indukáló szteroidok): a csontoshalak nagy részénél (pl. *Salmonidae*, *Cyprinidae* családokban) a **17 α , 20 β -dihidroxi-4pregnen-3-on** (17 α , 20 β -DP), a sügéralakúaknál (*Perciformes*) a **21-trihidroxi-4-pregnen-3-on** (20 β -S) termelődik a granulóza sejtekben. Az ovuláció előtti végső oocytaérésért felelősek, valamint proteolitikus enzimaktivitást fokozva az ovulációt segítik elő. A tejeseknél a hímivarsejtek végső érését serkentik. Hormonhatásuk mellett feromonként is funkcionálnak, az ikrások és tejesek ívási hajlandóságát befolyásolják.

- **Prostaglandinok**

A biológiailag aktív lipidek közé tartoznak. A valódi csontoshalakban az ovuláció kiváltásában a **prostaglandin F_{2 α}** (PGF) játszik szerepet. A follikuláris tok falában és az azt körülvevő szövetekben szintetizálódik. Proteolitikus enzimek aktivitását, valamint a follikuláris tok falában lévő simaizmok összehúzódását serkenti, ezáltal elősegíti az ovulációt. Hormonhatása mellett feromonként is funkcionál, a tejesek ívási hajlandóságát serkenti.

5.8.2. A hipofízis GtH-szekréciónak szabályozása (*Teleostei*)

(Peter és Yu (1997), Zohar és Mylonas (2001), valamint Szabó (2000) alapján)

A valódi csontoshalak (*Teleostei*) szaporodásának neuroendokrin szabályozását a 4. ábra mutatja be. Az agy az érzékszerveken keresztül információkat kap a külvilágból. Ezek alapján (serkentő és gátló mechanizmusok útján) szabályozza az agyalapi mirigy GtH szekréciónját. A gonadotrop hormon serkenti az ivarszervek, ivarsejtek fejlődését. Az ivari hormonok pedig visszahatnak az agyra és az agyalapi mirigyre.

- **Serkentő szabályozás**

A halak hipotalamuszában található kissejtes mag sejtjei a gerincesek között egyedülálló módon működnek. Az általuk termelt releasing hormonokat nem a hipofízis portális rendszerén keresztül juttatják el oda, hanem az axonok közvetlenül kapcsolódnak az adenohipofízis elülső lebenyében lévő célsejtekhez. A GnRH hormonok a GtH-t termelő sejteket serkentik. A GnRH kibocsátást az ívási környezet tényezői (pl. hőmérséklet, oldott oxigén szint) és az ívasra kész partner által kibocsátott feromonok serkentik. A GtH koncentráció emelkedésével a GnRH koncentráció csökkenése figyelhető meg ikrások és tejesek esetében is. Az ikrások az ovulációt megelőzően 17α , 20β -DP-t bocsátanak ki a környezetbe, mely a tejeseknél a GtH szint megemelkedését okozza (valószínűleg a dopaminerg aktivitás gátlásán keresztül stimulál).

- **Gátló szabályozás**

A GtH szekréción gátló szabályozását a dopamin végzi el. Közvetlen és közvetett úton is hat. Közvetlen hatása abból áll, hogy a hipofízis D-2 receptoraihoz kötődve gátolja a gonadotrop sejtek GtH szekréciónját. Közvetett hatásként egyrészt a GnRH kibocsátást (a D-1 receptorokon keresztül) közvetlenül gátolja, másrészt a hipofízis gonadotrop sejtjein lévő GnRH-kötőhelyek számát csökkenti.

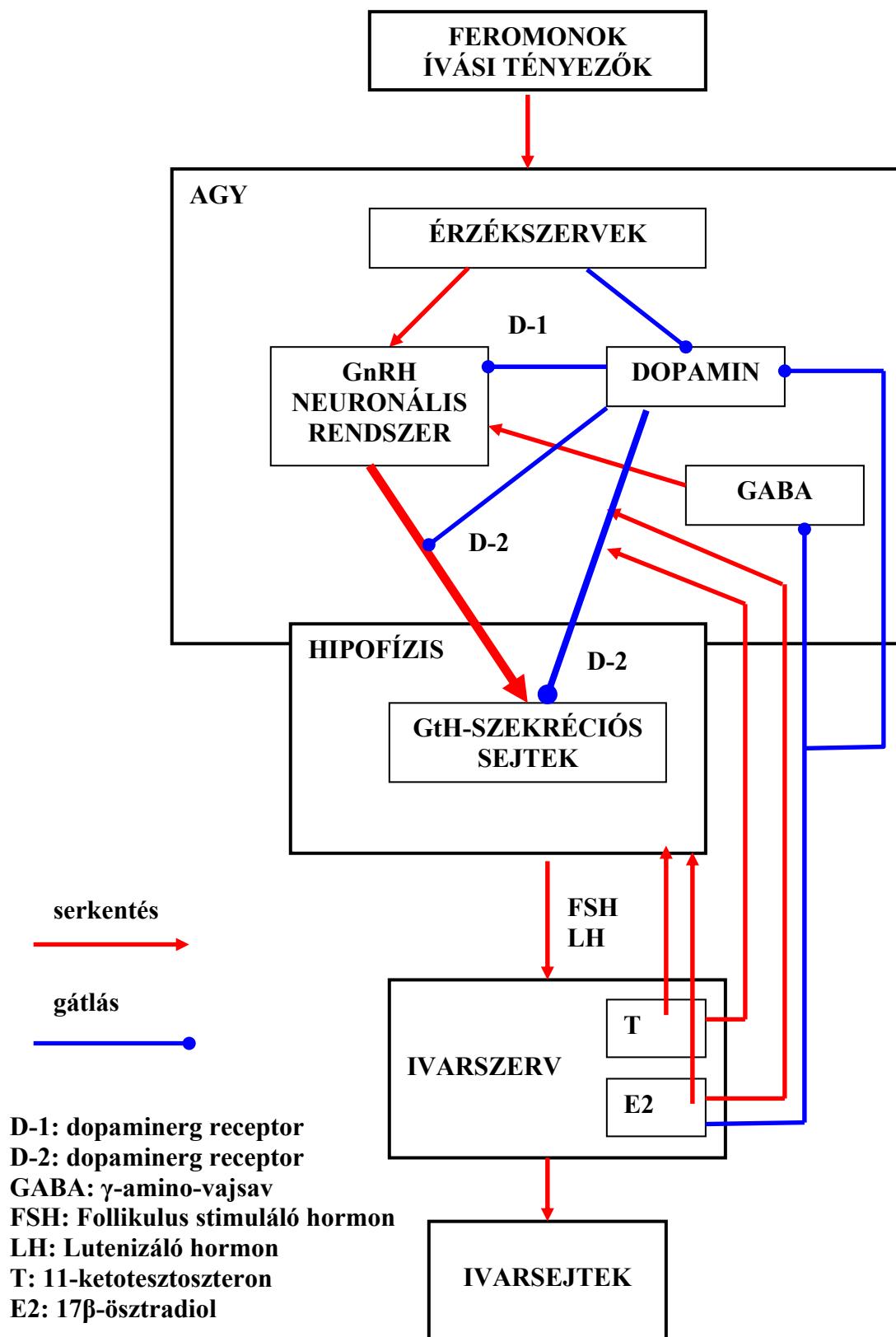
- **A szteroidok feedback hatása**

Negatív feedback:

A szexuálissteroidok negatív visszacsatolása egyrészt a GABA-n (γ -amino-vajsav) keresztül valósul meg. A GABA serkenti a hipofízisben lévő GnRH axonokból a releasing hormon kibocsátást. A 17β -ösztradiol megszünteti a GABA serkentő hatását. Másik gátló hatásuk a dopaminerg gátlás serkentésén keresztül jön létre.

Pozitív feedback:

A 11-ketoteszteszteron hatására a GtH szekréció megnő. Ivarérett halakban a tesztoszteron kezelés növeli a GnRH-analóg GtH-szekrécióra gyakorolt serkentő hatását.



4. ábra. A hipofízis GtH szekréciójának szabályozása valódi csontoshalakban.

5.9. A hormonális indukció módszerei

(Ezekről a módszerekről jó összefoglalást nyújt Szabó, 2000; valamint Zohar és Mylonas, 2001)

5.9.1. Hipofizálás

A halszaporításban használt módszerek közül ez a technika GtH (gonadotrop hormon) bejuttatásával az ivarszerv szintjén avatkozik be a szaporodás hipotalamusz-hipofízis-ivarszerv szabályozási útvonalaiba. A módszert Rodolfo von Ihering dolgozta ki az 1930-s években, és a mai napig alkalmazzák.

Lényege az, hogy (a hazai gyakorlatban) háromnyaras pontyok hipofízisét kiveszik, acetonnal (48 órás áztatás során) zsírtalanítják és víztelenítik, majd szárítják. Bár a háromnyaras pontyok még nem ivarérettek, a hipofízisben mégis elegendő GtH található az ovuláció kiváltásához. Erre a célra a tejesek és az ikrások hipofízise egyaránt megfelelő. Egy 1,5 kg-s ponty acetonált és kiszáritott hipofízise kb. 2,5-3,0 mg.

A hipofíziseket dörzscsészében porítják, és fiziológias sóoldatba (0,65 %-s NaCl-oldat) keverik. Megméri az oltandó halak súlyát, mivel a kiszáritott hipofízis dózisa (fajtól függően) ikrásoknál 3-4 mg/TTkg, tejeseknél 2-3 mg/TTkg. Az oltás történhet hátizomba, vagy hasüregbe. Utóbbi esetben a hasúszó tövére injektálják be a homogenizátumot. Az ovulációhoz szükséges mennyiség bevitele történhet egyszeri, vagy kétszeri oltással. A két részletben történő oltásnál elő- és döntő adagról beszélhetünk. Az előadag az ivarsejtérést serkenti, a döntő adag az ovulációt váltja ki.

A hipofizálás előnye:

- Szinte a legtöbb tenyésztett halnál bevált.
- A döntő adag oltásával jól lehet szinkronizálni az anyahalak ovulációját.

A hipofizálás hátránya:

- A hipofízis drágább, mint a szintetikus úton előállított GnRH analóg, ami az 5.9.3. fejezetben bemutatásra kerülő módszer hatóanyaga.
- A hipofízisek mérete eltérő lehet, és hormontartalma a begyűjtés időszakától függ.
- A hormon mellett a miriggyel bejuttatott egyéb anyagok immunreakciót válthatnak ki a beoltott halban.

5.9.2. Humán chorion gonadotropin (hCG) kezelés

A hCG egy az emberi placenta által termelt, 37.000 Dalton molekulatömegű, α és β alegységekből álló dimer glikoprotein. α alegysége közel azonos a hipofízis LH, FSH, és TSH hormonjainak analóg alegységével. Feladata a terhesség alatt a petefészek corpus luteum funkciójának fenntartása.

A hal hipofízisből tisztított LH hatásos, de a költsége magas, emiatt a 70-s évek elején a kutatók az emlős GtH-t, különösképpen a hCG-t kezdték vizsgálni. Laboratóriumi előállítása könnyen megoldható, és hatékonysága, dózisa nemzetközi szabványok szerint meghatározott. Emiatt a hCG használata a halszaporításban elterjedt, és napjainkban sok tenyésztett halfaj esetében alkalmazzák (Donaldson és Hunter, 1983; Lam, 1982). A halhipofízis kezeléssel ellentétben a hCG-t gyakran egy adagban adják, 100-4.000 IU (International Unit) / TTkg dózisban. Az egyszeri kezeléssel beadott hCG hatékonysága abban kereshető, hogy hosszabb ideig marad meg a keringési rendszerben (Ohta és Tanaka, 1997). Hátrányaként viszont leggyakrabban azt említik, hogy a halakban immunválasz fejlődik ki a hCG-vel szemben, (Donaldson és Hunter, 1983; Lam, 1982; Zohar, 1989). Emiatt a későbbi szaporítási időszakokban jelentősen magasabb dózis szükséges az ivarsejtérés kiváltásához, vagy a kezelés teljesen hatástalan lesz, és szükségessé válik a hal szaporításból való idő előtti kivonása. Ezen feltételezéseknek ellentmondani látszik az a kínai gyakorlat, ami szerint az amurt, a pettyes és a fehér busát nagyüzemileg is sikeresen szaporítják hCG kezeléssel.

A hCG igazi előnye az, hogy közvetlenül az ivarszervekre hat, serkenti a oocytaréést, a spermiációt, az ovulációt (Hodson és Sullivan, 1993), és nincs szükség a hipofízis gonadotrop hormonjainak aktivációjára. Így a kezelés és az ívatás/fejés közötti várakozási idő (a GnRH kezeléshez képest) lerövidül, csökken a halakra nehezedő stressz, és kisebb lesz az elhullás valószínűsége.

5.9.3. GnRH analóg kezelés

A GnRH decapeptidek a hipofízis GtH szekrécióját váltják ki. Aminosav-sorrendjük megállapítása után mesterségesen is sikerült előállítani ezeket. Egyes módosított változataik (analógok) hatása a természetes hormon hatásának többszörösét is elérheti. Ilyen, már a kereskedelmi forgalomban is kapható analóg a [D-Ala⁶,Pro⁹Net]-mGnRH (mGnRHa), illetve a [D-Arg⁶,Pro⁹Net]-sGnRH (sGnRHa). A hormonok nevében lévő számok a módosított aminosavak helyét jelzik.

Aminosav sorrendjük a következő:

emlős GnRH analóg (mGnRHa)	pyroGlu-His-Trp-Ser-Tyr- <u>DAla</u> -Leu-Arg-Pro- <u>NEt</u>
lázac GnRH analóg (sGnRHa)	pyroGlu-His-Trp-Ser-Tyr- <u>DArg</u> -Trp-Leu-Pro- <u>NEt</u>

(SYGMA vegyszerkatalógus, 2004-2005)

A GnRH analógok a hipofízis szintjén avatkoznak be a szaporodás hipotalamusz-hipofízis-ivarszerv szabályozási útvonalába, endogén GtH termelést stimulálva. Az analógok erőteljes hatása több okkal is magyarázható. A megváltozott aminosav-sorrend miatt nehezebben bomlanak le, a proteolitikus lebontással szemben védettebbek, emiatt a GtH-szekréción is hosszabb ideig stimulálják. Amennyiben egy peptidben a normál balra forgató (S) aminosavakat jobbra forgatókkal (D) váltják ki, úgy a proteázok ezen peptideket jóval nehezebben tudják bontani, így azok életideje jelentősen megnő. Ezen túl az analógoknak a hipofízis GnRH receptoraihoz való kötődése is megnőhet. A fenti okoknál fogva már egészen kis dózisban ($\mu\text{g/kg}$) is kiváltják az ovulációt.

Azokban a halfajokban, ahol a dopaminerg gátlás nagy mértékű az analógok fokozott hatásukat csak akkor tudják kifejteni, ha a dopamin GtH szekrécióna vonatkozó gátlását visszaszorítják. Ezért a GnRHa-val egyidőben dopamin receptor-antagonistát is be kell juttatni a halakba. Leggyakrabban használt dopamin receptor antagonist a pimozid és a domperidon. Vízben nem, vagy csak nehezen oldódnak, így 0,1 % N-metabiszulfítot tartalmazó 0,7 %-s NaCl oldatban szuszpendálják ezeket. Vízben jól oldódó dopamin receptor antagonist a metoklopramid. A kombinált kezelést LinPe-módszernek nevezik, a technikát kezdeményező kutatók neve alapján (Lin és Peter). A szükséges dózis 10-50 $\mu\text{g/kg}$ GnRHa + 1-5 mg/kg domperidon, vagy 20 mg/kg metoklopramid.

A GnRH analóg kezelés előnye:

- A hatóanyagot szintetikus úton állítják elő, így olcsóbb a hipofízisnél.
- A hormontartalom ismert.
- Nem vált ki immunreakciót.

A GnRH analóg kezelés hátránya:

- Dopamin receptor antagonistával együtt kell használni, melyek közül néhány vízben nem, vagy csak rosszul oldódik.
- A beoltott állomány egyedeinek érése és így ovulációja is széthúzódhat.

5.9.4. Elnyújtott hatású GnRHa-kibocsátó vivőanyagok

Az ívás hipofízis kivonattal történő serkentésének első tapasztalatai megmutatták, hogy a hormonális szabályozás hosszantartó befolyásolása jelentősen javítaná az eljárás hatásosságát (Fontenele, 1955). A megfelelő eredményhez szükséges többszöri beavatkozás gyakori problémát jelent a haltenyésztőknek. Először is a szaporításban résztvevő egyedek többszöri megfogása sok időt és munkát igényel, különösen szabadtéri (tóban vagy ketrecben) tartás esetén. Másodszor, az ismételt befogások stresszelik a halakat, és gyakran ikrázás előtti elhullást eredményeznek, de legalábbis zavarokat okoznak a végső oocytaérésben. Például a csíkos tengeri süllő (*Morone saxatilis*) esetében a hormonkezelések után nehéz pontosan megjövedölni az ovuláció pontos időpontját, és néhány szövettani vizsgálat azt mutatta, hogy a lefejt ikrák minősége is csökkent (Zohar és Mylonas, 2001).

A legtöbb faj esetében megállapították, hogy egy egyszeri GnRHa injekció még eredménytelen az ívás kiváltásához. Például két GnRHa injekció szükséges a *Stizostedion vitreum* (Pankhurst *et al.*, 1986), a *Perca flavescens* (Dabrowski *et al.*, 1994), *Dicentrarchus labrax* (Carrillo *et al.*, 1995), *Lates calcarifer* (Almendras *et al.*, 1988), és a legtöbb lazacféle (Donaldson és Hunter, 1983; Mylonas *et al.*, 1992; Slater *et al.*, 1994) ovulációjához.

Több faj esetében, ha a természetes körülmények nem voltak megfelelőek, például alacsony víz hőfok, vagy nem megfelelő érettségi állapot esetén, még két GnRHa injekció sem volt elegendő az ovuláció kiváltásához. (Sullivan *et al.*, 1997). Ezen eredmények vonták maguk után egy elnyújtott hatású GnRHa-kibocsátó vivőanyagok megalkotásának igényét.

Az utóbbi 20 évben a GnRHa-kibocsátó vivőanyagok széles skáláját fejlesztették ki, és tesztelték a haltenyésztésben. Ilyenek pl.:

- Chol = koleszterol/cellulóz
- LGA = poli(tejsav-glikolsav)
- Fad-sa = poli(zsírsav dimer - szebacinsav)
- EVAc = poli(etilén-vinil acetát)

Az elsőnek kifejlesztett rendszer a Chol, melyet az atlanti lazacban teszteltek (Weil és Crim, 1983). A cellulóz mátrixban lévő koleszterol arányát változtatva gyors és lassú kibocsátású rendszereket hoztak létre (Carosfeld *et al.*, 1988; Sherwood *et al.*, 1988). A gyors implantátumok a GnRHa-t napok alatt bocsátották ki, és magas GtH plazmakoncentrációt értek el legalább 8 napig, a lassú implantátumok legkevesebb 8 hétig emelték meg a plazma GtH szintjét (Crim *et al.*, 1983). A Chol implantátumok kis, henger alakú (3 mm átmérőjű) szemcsék, melyeket izomba juttatnak. Ezt a GnRHa-kibocsátó rendszert könnyű előállítani, és viszonylagosan olcsó, de a GnRHa kibocsátás a szemcsékből nagyon eltérő (Carosfeld *et al.*, 1988).

A második féle rendszer biológiailag lebomló mikrogömb típusú. Az LGA tejsav és glikolsav ko-polimerje (LGA = lactic acid + glycolic acid), a mikroszemcsék átmérője 5-200 μm . Ezt az anyagot eredetileg műtéti sebek összevarrására használták, és később alkalmazták hatóanyag kibocsátó mátrixként (Lewis, 1990). A mikrogömböket a két anyag emulziójának bepárlásával állítják elő (Okada *et al.*, 1994a, b), melynek mátrixában a GnRHa mikroszkópikus vízcseppekben oldva van jelen. A kezelés során a mikrogömböcskéket vivőfolyadékban szuszpendálják, és az izomba injektálják. A hormon kioldódása azonnal megkezdődik, és néhány hónapig is eltarthat. A kioldódás időtartama a tejsav : glikolsav aránytól és a polimer molekula hosszától függ (Chasin és Langer, 1990). A biológiailag lebomló mikrogömbök másik típusa a polianhidrid ko-polimerek, különösen a zsírsav dimer és a szebacinsav ko-polimer (Fad-sa = fatty acid dimer + sebasic acid). Előnye, hogy egy bizonyos idő elteltével a mikroszemcsék alkotórészeikre esnek szét, melyek természetes vegyületek, pl. tejsav, glikolsav, szebacinsav, így a szaporításból kivont halak fogyasztásra alkalmasak maradnak.

A GnRHa-kibocsátó vivőanyagok harmadik, és egyben utolsó típusánál egy masszív, biológiailag nem lebomló ko-polimer implantátumot alkalmaznak. Az EVAc etilénből és vinil-acetátból áll, mérete 2 mm (Rhine *et al.*, 1980). A GnRHa-t egy inert

anyaggal keverik, és az EVAc mátrixba ágyazzák. Alkalmazáskor az inert mátrixot feloldják és az aktív GnRHa tartalommal együtt a hal izomzatába juttatják. Az EVAc rendszer hormonkibocsátó képessége a polimer molekulásúlyától, az inert mátrix arányától, a mátrix típusától (hidrofób vagy hidrofil), az implantátum alakjától (gömb, vagy korong), illetve az implantátumot bevonatától függ (Hsu és Langer, 1985; Langer, 1991; Rhine *et al.*, 1980). A halak számára kifejlesztett EVAc implantátum GnRHa kibocsátása 2-5 hét közötti (Mylonas *et al.*, 1998; Zohar *et al.*, 1990; Zohar, 1996). Az EVAc abban különbözik a biológiailag lebomló mikrogömböktől, és a koleszterol szemcséktől, hogy hosszú élettartamú, és aktivitását akár 3 évig is megőrizheti, ha kiszárítva -20 °C-n tárolják. A témának jó összefoglalása található meg Zohar és Mylonas (2001) munkájában.

5.9.5. Elnyújtott hatású GtH-kibocsátó vivőanyagok

(Zohar és Mylonas (2001) alapján)

Bár a GnRHa-kibocsátó vivőanyagok bebizonyították hatékonyságukat a nőtények végső oocytaérésénél, ovulációjánál, és fokozták a hímek tejmenyiségét, a GnRHa terápiák nem voltak kielégítően eredményesek olyan halaknál, melyek nem érték el az ivarsejtérés végső fázisát. Emiatt az érés korai fázisában lévő halak stimulációjánál a GtH kezelés sokkal helyénvalóbb, mint a GnRHa kezelés. Jól mutatta meg ezt a japán angolna példája, amikor GnRHa-val nem sikerült ivari érést stimulálni, de a hCG, vagy a lazac LH teljes ivarsejtérését eredményezett (Ohta *et al.*, 1996, 1997). Bár a GtH kezelés hatásos, a folyamatnak több héten át kell tartania, ez viszont nehézkes, és a halak sérülésével járhat. Emiatt olyan elnyújtott hatású GtH-kibocsátó vivőanyag kifejlesztése volt a cél, mely segítségével a teljes szaporodási időszakon belül 2-3 alkalomra le lehetne csökkenteni a halak megfogását. Ilyen rendszer az LG (lipophilized gelatin), mely lipofil zselé és különböző lipid-anhidridek emulziója (Sato *et al.*, 1995). Az LG emulzióba tisztított lazac LH-t (sLH) juttattak, és az ezzel történő kezelés a japán angolna esetében 24 napon keresztül megnövekedett mértékű plazma sLH szintet váltott ki. Ezen kísérlet után az angolna ikrásokat sikeresen ovuláltatták sLH és 17,20 β -P kombinált kezeléssel (Sato *et al.*, 1997).

Egy másik típusú GtH-kibocsátó rendszer a biológiailag lebomló, poli-ortho-észter polimer (Seymour *et al.*, 1994), melybe hCG-t juttatnak. Ezt a viszkózus, kenőcsszerű anyagot a halba injektálják. Bár a gametogenezis elnyújtott idejű kibocsátó

rendszerének fejlesztése még szükséges, már a mostani hCG-kibocsátó vivőanyag segítségével is az eddigi heti kezelések helyett elegendővé vált a 3-4 hetenkénti oltás.

5.9.6. A halak speciális hormonkezelési módszere

(Mylonas és Zohar (2001) alapján)

Az összes eddig tárgyalt módszernél a halakat be kell fogni, majd altatás után a hormonkészítményt izomba vagy hasüregbe kell oltani. A tenyészállatok befogása idő és munkaigényes, különösen, ha olyan nagytestű fajokról van szó, melyeket szabadvízben, ketrecekben tartanak. A szaporodási időszak alatt a halak érzékenyebbé válnak a stresszre, és a fertőzésekre (Pankhurst és van der Kraak, 1997), és megnövekszik a befogás utáni elhullás, sérülés esélye is. A kézbevitel negatívan hat az ikrázási képességre és az ivarsejtek minőségére. Bár a GnRHa-kibocsátó rendszerekkel minimumra lehet csökkenteni a befogást, mégis vannak helyzetek, amikor a halak megfogását teljesen el kell kerülni. Ilyenek, a jövő akvakultúrájában olyan fontos nagytestű pelagikus fajok, mint pl. a tüskés makrélák, vagy tonhalak, melyeket nagy partmenti ketrecekben tartanak és különösen érzékenyek a megfogásra. Ennél a fajoknál a GnRHa szájon keresztüli beadása egy alternatív megoldás lehet. Bár az utóbbi években néhányszor már sikerült is megvalósítani ezt (McLean *et al.*, 1991; Solar *et al.*, 1990; Thomas és Boyd, 1989), jelen pillanatban nincs alkalmazható, szájon át beadható GnRHa-kibocsátó vivőanyag.

5.10. Tengeri halak lárvanevelése

Az édesvízi halakénál jóval kisebb méretű tengeri hallárvaik nevelésében az *Artemia salina* (sóféreg) naupliusz lárvái mellett régóta használják a még kisebb méretű *Brachionus plicatilis* kerekcséreg fajt. Utóbbi hossza 100-300 μm között változik, (átlagosan 164-231 μm), súlya 0,16 μg . A lárvaneveléshez szükséges sűrűség 10-20 db/ cm^3 . (Theilacker és McMaster, 1971). A megfelelő mennyiségű kerekcséreg neveléséhez az ivartalan szaporodáshoz szükséges környezeti feltételeket kell megteremteni, hogy elkerüljük az ivaros szaporodást, mely esetében jóval kevesebb *Brachionus*-t sikerül felnevelni. Az ideális hőmérsékletet, a moszattáplálék mennyiségét és minőségét először Edmonson (1965) és King (1966) írta le. A sókoncentráció hatásával Ito (1960) foglalkozott. Theilacker és McMaster (1971) az ideális hőmérsékletet 21-25 °C közé tette, a megfelelő sókoncentrációt 1,015 g/ cm^3 -ban állapította meg.

A *Brachionus plicatilis*-t már régebben is két morfortípusra bontották, a nagyobb L-típus 130-340 μm (átlagosan 239 μm), míg a kisebb S-típus 100-210 μm (átlagosan 160 μm). Ma ezeket a változatokat külön fajként írják le. A nagyobb méretű fajt nevezik *Brachionus plicatilis* -nek, a kisebb méretűt *B. rotundiformis* -nak. A méreten kívül további különbség van a lorica nyúlványának alakjában és a növekedés ideális hőmérsékletében. A *B. plicatilis* 18-25 °C-t, a *B. rotundiformis* 28-35 °C-t igényel (Su *et al.*, 1997).

Ezek a méretkülönbségek nagyon lényegesek a tengeri halak lárvanevelésében, pl. a *Siganus rivulatus* 1,8 mm hosszúságú lárvái nem tudják a *B. plicatilis*-t elfogyasztani, ezért a *B. rotundiformis*-t, sőt annak egy kisebb méretű változatát (úgynevezett SS-típus – „super small type”) kell használni (Georgiu és Stephanou, 2000). A sziklahalak 2 mm körüli lárvamérete miatt a *Siganus rivulatus* esetében szerzett tapasztalatokat mindenféleképp figyelembe kell venni.

6. Anyag és módszer

6.1. A kis sziklahal észak-adriai populációjában lévő ivararány megállapítása

6.1.1. Ivarszerv metszetek alapján történő ivar-megállapítás

A kísérlethez 50 egyedet vásároltam a pulai halpiacon a természetes szaporodási időszak vége felé (augusztus végén). A vásárláskor ügyeltem arra, hogy minden méretű és súlyú egyed szerepeljen, gyakorlatilag a teljes halpiaci mennyiséget vizsgáltam.

A halak hosszát és teljes súlyát, valamint az ivarszervek súlyát lemértem. A súlymérés tizedgramm pontossággal történt. Az ivarszerveket 75 % etanolban tartósítottam.

A mikroszkópos metszetek a Keszthelyi Városi Kórház laboratóriumában készültek. Az eljárás során a fixálás formalinnal történt, ezért az előzetesen alkoholban tárolt mintákat vízben kiáztattuk (kb. 1 nap), majd formalinba tettük. A kívánt méretű szövetdarabokat kivágtuk, és kazettákba helyeztük. A víztelenítő folyamatot Shadon Citadel 2000 típusú géppel végeztük, mely formalinnal fixált. A rögzítést víztelenítés, majd meleg (57-58 °C-os) paraffinba történő beágyazás követte. A megszilárdulás után jégen, mikrotómmal 2-3 mikronos metszeteket készítettünk. A lemetezett anyagot natív (festetlen) állapotban festő automatába tettük, mely magfestésre Hematoxilint, plazmafestésre Eosint használt. A metszetek elemzésével egyértelműen el tudtam különíteni a nemeket.

6.1.2. Indukált ivarsejt nyelés alapján történő ivar-megállapítás

Ennél a kísérletnél Pula és Krk-sziget partjainál, a szaporodási időszak után (szeptember, október és november hónapokban), fogtam be 23 db kis és 5 db nagy sziklahalat (5. táblázat). A kísérleti egyedeket hazaszállítottam, és akváriumban tartottam. A szoktatási (karantén) időszak után fiziológiás sóoldatban (0,65 %-s NaCl-oldat) 6 mg/TTkg dózisú hipofízis injekcióval indukáltam az ivarsejt-érést, és a lefejt ivartermékek alapján határoztam meg a nemet. A nagy sziklahal esetében olyan kevés példány állt rendelkezésre, hogy az ivararány megállapításának nem volt tudományos jelentősége.

Az indukált gametogenezis hipofízis dózisát egy évvel korábban próbaoltással határoztam meg. A kísérlet előtt egy évvel kis és nagy sziklahalakat gyűjtöttem. (Ezekkel határoztam meg az akváiumi tartás feltételeit.) Az oltást előadagként 6 mg/TTkg, döntőadagként 12 mg/TTkg hipofízis dózissal próbáltam meg. Mivel mindkét faj esetében sikerült gametogenezist indukálnom és ikrákat nyernem (tejet sajnos nem), ezért a 6 illetve 12 mg/TTkg dózist alkalmaztam a továbbiakban.

5. táblázat. A kísérleti halak darabszáma, begyűjtési módszere, dátuma és helyszíne.

Dátum	Fogási helyszín és módszer	Nagy sziklahal (db)	Kis sziklahal (db)	Kísérlet
2006.10.23	Krk – Silo készülékes búvárkodás	5	5	Tartási technika kidolgozása + Indukált gametogenezis
2007.09.07	Pula – szabadtüdős és készülékes búvárkodás	0	11	Indukált gametogenezis + mesterséges szaporítás
2007.11.18	Pula – szabadtüdős búvárkodás	0	7	Indukált gametogenezis + mesterséges szaporítás
	Összesen	5	23	

6.2. Az ivarérett kis és nagy sziklahalak sérülésmentes befogási módszere, szállítása és jelölése

6.2.1. Kis és nagy sziklahalak sérülésmentes befogási módszere

A kísérleti halakat először a legegyszerűbb módszerrel próbáltam begyűjteni, azaz a helyi halászokkal beszéltem, hogy szaporítási célra fogjanak be számomra néhány példányt. Tőlük vásároltam 10 db kopolyúhálóval fogott élő kis sziklahalat. Az összes egyed 2-3 napon belül elpusztult, valószínűleg a hálóból való kivételükkor szerzett sérüléseik miatt. A sziklahalak a fejükön, kopolyúfedőjükön lévő tövisek, és az úszóik kemény úszósugarai miatt nagyon belegabalyodnak a hálóba (akár kopolyúhálóról, akár tükrös hálóról legyen szó), és a kiszedéskor nem kellő odafigyelés esetén szinte biztosan sérülnek. Ezért más módszert választottam a kísérleti halak begyűjtéséhez.

Az Adriai-tengerben közel 1.000 merülést tettem már, és gyakran találkoztam kis sziklahallal, illetve ritkán, de egyes speciális helyeken (pl. hajóroncsokon) nagy sziklahallal is. Személyes tapasztalatom azt mutatta, hogy a mozdulatlanul rejtőzködő életmód, a remek terepszín miatt nehéz felfedezni őket, de nagyon jól meg lehet közelíteni a halakat, mert bíznak a rejtőzködésben. Csupán akkor menekülnek el, ha túl közel megy a bűvár, és akkor is csak rövid távolságra, ahol újra megpróbálnak eltűnni a sziklák alatt, moszatok, tengeri fűmező között. Ezek miatt feltételeztem, hogy a bűvártechnikával való begyűjtésük sikeres lehet. A kis és a nagy sziklahal élettere bizonyos mértékben elkülönül, mivel a nagy sziklahalat csak 20 méter mélység alatt lehet látni, kis sziklahal, viszont egészen a felszín közelében is előfordul. Így kétféle technikát alkalmaztam. A felszín közelében, 0-10 m között, szabadtüdős bűvárkodással, 10 m alatt készülékes merüléssel gyűjtöttem halakat. Szabadtüdözéskor az ember csupán maszkot, uszonyt, és légzőcsövet használ, egy levegővel merül le és fel. Ilyenkor a víz alatt hasznosan eltölthető idő, embertől függően 1-2 perc, a merülési mélység halbefogáskor 5-10 m. Készülékes merüléskor viszont sűrített levegős palackot, nyomáscsökkentőt (reduktort) és egyéb kényelmi, biztonsági felszereléseket (búvárruha, búvármellény, búvárkomputer stb.) használ a bűvár. A víz alatt eltölthető idő mélységfüggő, de sűrített levegővel egy átlagos merülés 45-60 perc, maximálisan elérhető mélység pedig 40 m. Látszólag a bűvárpalack, reduktor használata sokkal könnyebbé teszi a befogást, hiszen a víz alatt töltött idő nem 1-2 percre korlátozódik,

mint a szabadtüdőzéskor, de azt tapasztaltam, hogy a búvár által kilélegzett buborékok (11. kép) zaja is riasztólag hat a halakra, így sokkal nehezebb megközelíteni azokat, mint szabadtüdőzéskor (12. kép).



11. kép. Sűrített levegős merülés. Adriai-tenger – Krk-sziget – Peltastis hajóroncs. (Fotó: Volner Miklós)



12. kép. Szabadtüdős gyűjtés. Adriai-tenger. (Fotó: Varró Ákos)

Több hálótípust is kipróbáltam a gyűjtéskor, és legjobban az egyszerű, zöld színű, sűrű szövésű akváriumai kézhálók váltak be. A leghasználhatóbb mérete, keret: 20 x 27 cm, nyél: 40 cm, hálómélység: 15-20 cm. A sűrű szövés lényeges, mert ebbe a halak kevésbé akadnak bele. A háló mellett legfontosabb eszköznek egy 35-40 cm hosszúságú, 5 mm átmérőjű, rozsdamentes pálcá bizonyult (13. kép).



13. kép. A legjobban bevált sziklahal gyűjtőeszközök. (Fotó: Németh Szabolcs)

Befogáskor, a hálót nagyon lassan és óvatosan a hal fejének irányába kell helyezni (kellő tapasztalattal akár 5-10 cm-re is meg lehet közelíteni az egyedet) majd a pálcával a farokúszó felől meg kell ijesztetni, mely így a hálóba menekül. Ilyenkor természetesen a hátúszó, méregmiriggyel ellátott töviseit felmereszti, így csak óvatosan szabad megfogni. Ezzel a látszólag egyszerű módszerrel nagyon eredményesen tudtam kísérleti halakat sérülésmentesen begyűjteni. Egyetlen általam befogott hal sem pusztult el a begyűjtés alatt vagy miatt.

A gyűjtés során eltérést tapasztaltam a két faj élőhelyében és viselkedésében, mely a befogási technikát is meghatározta. Míg a nagy sziklahalak a hidegebb vizeket kedvelik (20 °C alatt), így az Adrián csak 20 méternél mélyebben fordultak elő, addig kis sziklahalat a part közelében már 50 cm mélységben is találtam, de általában 3-5 méternél mélyebben éltek. Viselkedésük is eltérő (ami akváriumai tartásuknál is megmutatkozott), a nagy sziklahalak sokkal ijedősebbek, nehezebb megközelíteni őket, de nem bújnak sziklák alá, kisebb üregekbe, moszatmezőbe, inkább a közelben

rejtekhelyet nyújtó résznél a nyíltabb terepen fekszenek. A nagy példányok kedvelik a hajóroncsokat, ahonnan nem vándorolnak el, ugyanazon egyedet több éven keresztül is láttam egy teherhajó roncsán. A kis sziklahalak nappal mindig sziklák alatt, moszatmező között bújnak, soha nem fekszenek nyílt terepen. Valószínűleg a kisebb méret miatt több ellenségük van. A kis sziklahalak sokkal nyugodtabbak, könnyebb megközelíteni őket.

Összefoglalva, a nagy sziklahalak befogásakor sűrített levegős búvárfelszerelést célszerű alkalmazni, és 20 méternél mélyebben kell keresni a halakat, erre a hajóroncsok ideális terepet nyújtanak. Kis sziklahal gyűjtésekor akár készülékes, akár szabadtüdős technikát is lehet használni, és a part mellett kisebb, nagyobb sziklák alatt, moszatmezőben érdemes keresni az egyedeket.

6.2.2. A befogott halak szállítása

A halak szállításánál figyelembe kellett venni azt, hogy mindkét faj érzékeny a hőmérsékletre, és a szállítási idő a lecsomagolástól az akváriumba helyezésig 14-20 óra volt. Emiatt speciális halszállításra használt hőszigetelő hungarocell dobozokat alkalmaztam. A doboz mérete 64 x 46 x 40 cm, falvastagsága 2,5 cm volt. A megfelelő hőmérsékletet dobozonként 1 db lefagyasztott, 1,5 literes ásványvizes palackkal oldottam meg, amely a nyári, akár 35 °C-os külső hőmérséklet ellenére is tökéletesen biztosította a halak számára ideális 18-20 °C körüli hőmérsékletet.

A halak lecsomagolásához 3 db egymásba húzott, 0,1 mm vastag, gáz át nem eresztő fóliazsákot használtam. A fólia vastagsága és a több réteg fontos volt, mert a sziklahalak erős tövisei a vékonyabb zacskót könnyen kiszúrhatták volna (ami az első lecsomagoláskor be is következett). A zsákokba 5 liter tengervizet, és 5 liter oxigént raktam. Egy zsákba mérettől függően 1-3 db halat tettem (14. kép). A halakat nem altattam, mert nem találtam irodalmi adatot a tengeri halak altatásához használt szerekről, illetve dózisiról. Mivel a sziklahalak helytülő, rejtőzködő életmódúak, feltételeztem, hogy a sötét dobozban megnyugszanak, és stressz miatt nem pusztulnak el. A csomagolási és szállítási technika tökéletesen működött, egyetlen halat sem vesztettem el emiatt.



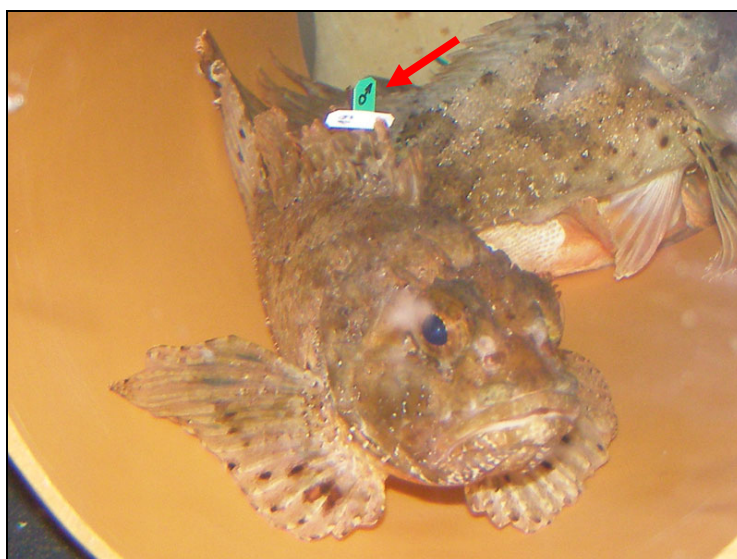
14. kép. A begyűjtött halak lecsomagolása. (Fotó: Németh Szabolcs)

6.2.3. A kísérleti egyedek jelölése

A halakat egyedi azonosítóval láttam el. Jelölésre először egy amerikai gyártmányú, 3 x 5 mm méretű, egyik oldalán számmal ellátott műanyag táblácskát (Floy tag) használtam. Első próbálkozáskor a jelet a hátúszó első kemény úszósugarra kötöttem szorosan, mint ahogy a ponty bognártüskéjénél szokták. Ez a módszer nem vált be, mert a szoros gumiszerű kötés miatt pár hét után néhány hal úszósugara csonkolódott, és a jelölések leestek. További gond volt az is, hogy a gyári jel csak egyik oldalán volt számozott, így az akváriumban leolvasási nehézséget okozott. A fenti problémák kiküszöbölésére saját, mindkét oldalon számozott jelölőt készítettem, melyet szintén a hátúszóra rögzítettem, úgy, hogy a kemény úszósugarak közötti hárttyát átszúrtam és műanyag cérnával lazán felkötöttem (15. kép). Ezek a jelek tökéletesen fennmaradtak, és lehetővé vált az egyedek azonosítása kézbevételek nélkül is. A jelölés a halak viselkedését és egészségi állapotát semmilyen mértékben nem befolyásolta. A kísérlet későbbi szakaszában, amikor már kiderült a halak neve, a tejeseket az eredeti szám mellett külön zöld jelöléssel láttam el (16. kép). Ezzel a módszerrel sokkal egyszerűbbé vált az egyedek megkülönböztetése, és így a nemek elkülönítése is.



15. kép. Hátúszóra rögzített azonosító jel. (Fotó: Németh Szabolcs)



16. kép. Tejes sziklahal egyedi jelölése. (Fotó: Németh Szabolcs)

6.3. A kis és a nagy sziklahal mesterséges körülmények közötti (akváiumi) tartása: hasonlóságok és különbségek

6.3.1. Az akváiumi körülmények, a tengervíz fizikai, kémiai paramétere

A gyűjtés után az egyedeket Budapestre a Tropicariumba szállítottam, ahol 2 db 700 literes akváiumban helyeztem el a halakat (17. kép).



17. kép. A kísérleti halak akváiumai a Tropicariumban. (Fotó: Németh Szabolcs)

A két akváium közös vízkörrel rendelkezett, így a fizikai és a kémiai paraméterek mindkettőben azonosak voltak (6. táblázat).

6. táblázat. Az akváiumok vizének főbb fizikai és kémiai paramétere

Hőmérséklet	$20 \pm 0,5 \text{ }^{\circ}\text{C}$
Oxigén telítettség	100%
NO_3^-	$< 25 \text{ ppm}$
PO_4^{3-}	$< 2 \text{ ppm}$
pH	7,7
Szalinitás	$1,028 \text{ g/cm}^3$

A hőmérsékletet két db, digitálisan szabályozható hűtővel állítottam be. A víz szűrését fehérje-lehabolóval és lávaköves baktériumszűrővel oldottam meg. Napi 12 órás megvilágítást alkalmaztam.

6.3.2. A halak mesterséges élettere

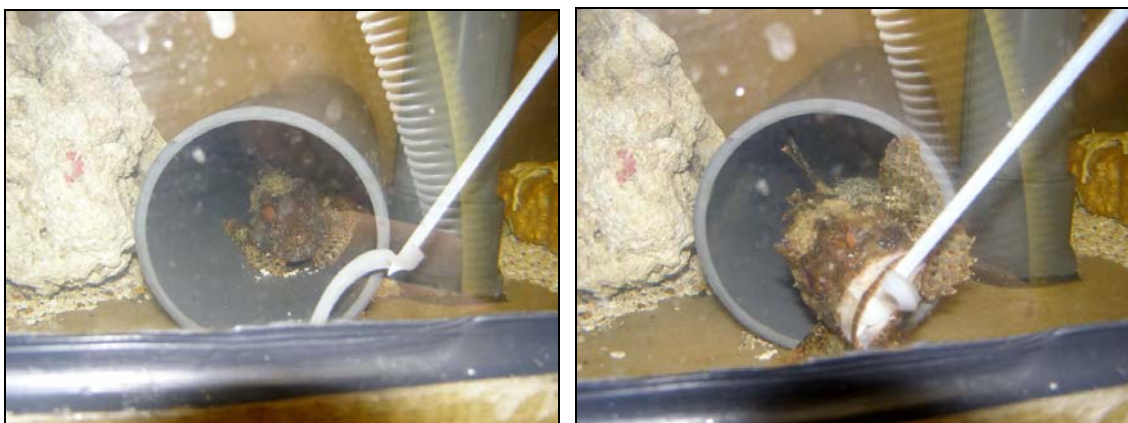
A célul kitűzött mesterséges szaporításhoz elengedhetetlen, hogy a halak jó fizikai kondícióban legyenek, és minél kevesebb stressz érje őket. A természetes környezetnek megfelelő homokos aljzat, kisebb, nagyobb sziklák elhelyezése az akváriumban nem vált be, mert a halakat az oltásokhoz heti rendszerességgel meg kellett fogni, és a berendezés akadályozta ezt. Továbbá nem biztosított elég búvóhelyet a (szaporodási időszak kivételével) magányos halaknak. Ezen problémák kiküszöbölésére 10 illetve 16 cm átmérőjű, 30-35 cm hosszúságú, egyszerű műanyag csöveket orgonasíp-szerűen fektettem az aljzatra és minden egyéb berendezést eltávolítottam. A halak azonnal birtokba vették a csöveket, és nappal végig ott tartózkodtak (18. kép), csupán éjszaka kezdtek el mozogni. Érdekes, hogy a várakozástól eltérően nem egyesével ültek a csövekbe, hanem gyakran 2-3 egyed is egy helyen rejtőzött, pedig közben számos cső üresen állt. A nagy sziklahalak akváriumát le kell fedni, mivel stressz hatására kiugorhatnak a medencéből, kis sziklahalaknál ilyen viselkedést nem tapasztaltam.



18. kép. Kis sziklahalak „mesterséges üregekben”. (Fotó: Németh Szabolcs)

6.3.3. A halak táplálása

Az oltást megelőző időszakban etetés hetente 3x, oltási időszak alatt hetente 2x, mivel az oltás miatti stressz elmúltával (24 h) lehetett csak táplálni az egyedeket. Élő táplálékként a tengervíz vizsgálatát viszonylag jól tűrő édesvízi halakat használtam: próbaként vérvörös tarkasüggő (*Hemichromus lifalili*), nagyobb mennyiségben ezüstkárász (*Carassius gibelio*) és az aranyhalat (*Carassius auratus auratus*). Nem élő táplálékként fagyasztott kalmártörzs (*Todarodes pacificus*), tisztított (héj nélküli) kékagyló (*Mytilus edulis*) és teljes grönlandi garnéla (*Pandalus borealis*) szolgált. A fagyasztott táplálékot rugalmas, átlátszó műanyag pálcára szúrtam fel, melyről megfelelő ritmusos mozgásra a halak elragadták a zsákmányt (19-20. kép). Így egyenként tudtam megetetni őket, azaz mindig ellenőrizhettem a megfelelő kondíciót. Az egyszerre elfogyasztott táplálék a halak testtömegének 5-8 %-a volt.



19-20. kép. Kis sziklahal etetése fagyasztott kalmártörzsszel. (Fotó: Németh Szabolcs)

6.4. A kis és a nagy sziklahal indukált gametogenezise

A tartási vízhőmérséklet $20 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ volt. Az oltássorozat előtt a víz hőfokát a téli hőmérsékletre (12°C) vittem le, heti 2°C csökkentéssel. Ezen a hőmérsékleten 4 hétig tartottam a halakat, majd heti 2°C növeléssel újra feleltem a $20 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ -ra. Az indukált gametogenezis ezen a hőfokon történt. A gametogenezis serkentéséhez szárított ponty hipofízist használtam. Feltételeztem, hogy az édesvízi halaknál elterjedt, és hazánkban minden fajnál használható megoldás tengeri halak esetében is működőképes lesz, mivel a halak különböző csoportjaiban a gonadotrop hormonok - FSH és LH - felépítése evolúciósan meglehetősen konzervatív, és hatása hasonló (Mylonas és Zohar, 2001).

A tényleges oltássorozat elkezdése előtt a kis és a nagy sziklahalak esetében is hátizomba és hasüregbe egyaránt próbaoltást végeztem. Az oltáshoz a halakat nem kellett altatni, egyszerűen vizes ruhába csavarva az egyedeket, az oltás kivitelezhető volt. Mindkét esetben a hipofízis beinjekciózása után rövid idővel a halak kifakultak. A jelenség édesvízi halak hipofízálásakor is gyakran előfordul. Ez a változás a hipofízisben lévő MSH (melanocita-stimuláló hormon) jelenléte miatt jött létre, és arra utalt, hogy a sziklahalak reagálnak a pontyhipofízis hatóanyagaina. Azt tapasztaltam, hogy a hátizomba történő oltás (21. kép) nagyobb stresszel jár, és a túl hamar kihúzott tű után a beinjektált folyadék egy része kipréselődik. Így a hasüregbe való oltás (22. kép) mellett döntöttem.



21. kép. Kis sziklahal hátizomba történő oltása. (Fotó: Németh Szabolcs)



22. kép. Nagy sziklahal hasüregbe történő oltása. (Fotó: Németh Szabolcs)

Fiziológiás sóoldatban (0,65 %-s NaCl-oldat) 6 mg/TTkg dózist alkalmaztam 12 héten át, mely segítségével érett, zselészerű kocsonyában, egymás mellett szorosan ülő, enyhén ovális petesejtekhez és (kis sziklahalaknál) erőteljesen mozgó hímivarsejtekhez jutottam. A kezdetben ismeretlen nemű halakat heti egy alkalommal, 12 héten keresztül oltottam. A tejeseket csak a tej megindulásáig kezeltem hipofízissel, vagyis addig, amíg az ivarát ki nem derítettem. Ezután már csak a nőstények ovulációra való felkészültségének idején oltottam 6 mg/TTkg dózissal a hímeket. A spermiációt mutató tejesektől a rákövetkező héten már nem tudtunk ismételt spermát nyerni. Az ikrások a 6 mg/TTkg dózist addig kapták, amíg ovulációhoz közeli állapotot nem mutattak (a hastájék jelentős megduzzadása és hirtelen tömegnövekedés), ezután egyszeri 12 mg/TTkg dózissal indukáltam az ovulációt. Minden oltáskor tizedgramm pontossággal mértem a halak súlyát. A súlymérést az oltássorozatot megelőzően 4 héttel kezdtem el, és az utolsó oltást követő 10. hétig folytattam. Mivel a halakat szeptember, október, november hónapokban gyűjtöttem, és az oltások előtt az akvárium hőmérsékletét 20 hét alatt vittem le és emeltem fel 20 °C-ra, a halak biztosan a szaporodási időszakon kívül voltak és az ivarsejtérést a hormoninjekciók váltották ki.

A lefejt ikra és a testtömeg közötti összefüggést az adatpárokkal kijelölt pontokhoz illesztett regressziós egyenes segítségével határoztam meg.

6.5. A kis sziklahal ikrájának mesterséges termékenyítése

Az ivartermékek fejését a döntő adag beadását követő 24 óra után végeztem el. A fejéshez a halakat nem kellett altatni. A tej nyerése préseléssel történt, a kocsonyás burokból lévő ikrák fejését nyomás és húzás kombinációjával végeztem.

Az ikraszám meghatározásakor milliméterpapírt raktam Petri-csésze alá, és 1 cm² felületen, sztereomikroszkóp alatt megszámláltam az ikrákat. A számolást megnehezítette, hogy a kocsonyás állományban több rétegben helyezkedtek el az ikrák. Az így kapott értéket extrapoláltam a lefejt ikramennyiségre. A számolás nehézsége (pontatlansága) miatt a kapott ikraszámot becsült értéként jelölöm a továbbiakban.

A kis sziklahalnál a halszaporítási gyakorlatban elterjedt mindkét termékenyítési technikát kipróbáltam:

- „vizes” módszer: a lefejt tejet tengervízzel történő hígítás után adtam a kocsonyás masszában ülő ikrákhoz,
- „száraz” módszer: a tejet hígítás nélkül cseppentettem az ikrákra, és utána adtam tengervizet hozzájuk.

A „vizes” termékenyítéskor a tej koagulált, és a termékenyítés nem sikerült, noha a spermiumok a mikroszkóp alatt is mozgást mutattak. A sikeres termékenyítést a „száraz” módszerrel értem el.

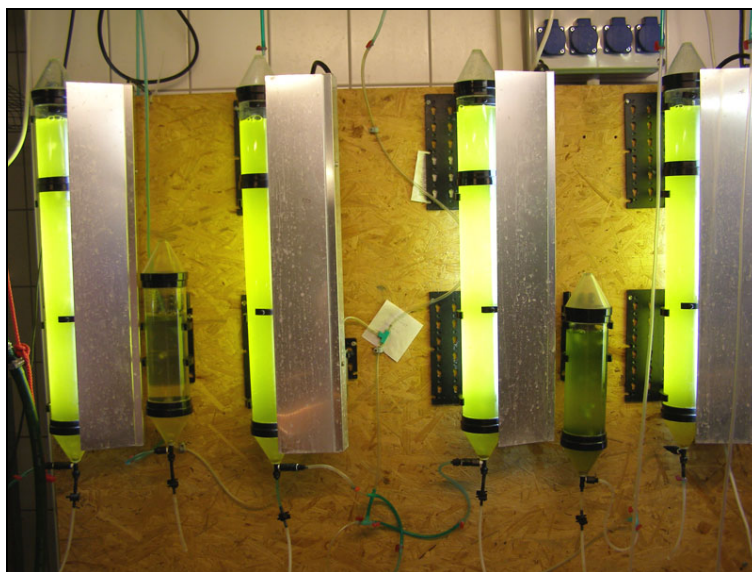
A termékenyülés arányának meghatározásakor az ikraszám becslés módszerét követtem. Az előbbihez hasonló okok miatt itt is becsült termékenyülési arányt adok meg a későbbiekben.

6.6. A kis sziklahal lárvanevelése

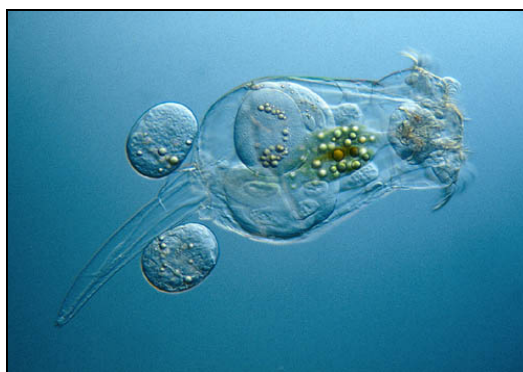
A megtermékenyített lebegő ikracsomókat 3 db 15 literes akváriumba helyeztem, melyek a megfelelő hőmérséklet miatt félig a szülőegyedek nagy akváriumába merültek. A nagy víztérből folyamatosan kevés vizet pumpáltam a lárvákra, biztosítva a megfelelő hőmérsékletet és oxigéntartalmat, valamint elkerülve a szervesanyag felhalmozódást. A kifolyó víz egy finom planktonszűrőn át jutott vissza a nagy víztérbe. Az ikrák fejlődését óránként vizsgáltam. A kikelés után a lárvák fejlődéséről mikroszkópos felvételeket készítettem. A szikanyag felszívódása után különböző élő táplálékkal és táppal próbáltam a lárvákat etetni.

A tengeri haltenyésztésben szokásos *Artemia salina* (sóféreg) naupliusz lárváit (300-500 μm), és a *Brachionus plicatilis* kerekeshéregtet tenyésztettem én is, és próbáltam meg első táplálékként.

A szakirodalom alapján monokultúrák zöldmoszat (*Nannochloropsis sp.*) (23. kép). és kerekeshéreg (*Brachionus sp.*) tenyészetet (24-26. kép) állítottam be (Lubzens *et al.* 2001; www.seafarm.com). A tenyésztés 1,015 g/cm³ szalinitású brakkvizes rendszerben történt. A zöldmoszattal etettem a kerekeshéregket és a *Brachionus*-szal próbáltam meg a lárvákat táplálni.



23. kép. *Nannochloropsis* tenyészet a Tropicariumban. (Fotó: Németh Szabolcs)



24-25. kép. *Brachionus plicatilis* (Forrás: Reed Mariculture)



26. kép. *Brachionus* sp. tenyészet a Tropicariumban. (Fotó: Németh Szabolcs)

7. Eredmények és értékelés

7.1. A kis sziklahal észak-adriai populációjának extrém ivararánya

A halpiacon vásárolt egyedek esetén a metszetek kiértékelésével sikerült a halak nemét megállapítani. Az akváriumban tartott példányoknál az oltási kísérletsorozat hatására termelt és lefejt ivarsejtek alapján határoztam meg a nemet. Az 7. táblázat a halpiacon vásárolt egyedek, a 8. táblázat az akváriumban tartott, és oltási kísérletsorozatban résztvevő egyedek nemét, testhossz és súlyadatait tartalmazza. Az ivar szerinti megoszlást a 9. táblázat tartalmazza.

7. táblázat. A halpiacon vásárolt ikrások és tejesek
testsúly, ivarszerv súly, GSI és hossz adatai.

		Ikrások	Tejesek
db		45	5
%		90	10
hossz (cm)	min.	14,0	16,5
	max.	26,0	19,5
	átlag	18,5	17,3
	szórás	2,0	1,3
testsúly (gramm)	min.	65,8	92,7
	max.	452,5	145,3
	átlag	144,0	111,9
	szórás	59,1	19,8
ivarszerv súlya	min.	0,2	0,1
	max.	2,4	0,2
	átlag	0,7	0,12
	szórás	0,4	0,04
GSI	min.	0,18%	0,09%
	max.	0,85%	0,14%
	átlag	0,47%	0,11%
	szórás	0,14%	0,02%

8. táblázat. Az akváriumban tartott ikrások és tejesek
testsúly és hossz adatai.

		Ikrások	Tejesek
db		16	3
%		84	16
hossz (cm)	min.	14,0	20,0
	max.	26,0	22,0
	átlag	19,1	21,0
	szórás	3,9	1,4
testsúly (gramm)	min.	57,2	153,1
	max.	397,0	193,7
	átlag	161,3	173,4
	szórás	108,1	28,7

A táblázatokból látható, hogy a testhossz, és a testsúly tekintetében jelentős ($P \leq 0,05$) különbségek voltak a piaci (hálóval fogott) eredetű ikrás és tejes halak között. A merüléssel fogott és akváriumban tartott állománynál ilyen különbséget nem találtam. A hálóval fogott halak GSI értékei jellegzetesen ívási idő utáni állapotot mutattak, igen alacsony (ikrások: 0,47%, tejesek: 0,11%) értékekkel.

9. táblázat. A kísérleti halak nemek szerinti megoszlása.

		Ikrások	Tejesek	Összesen
Halpiacon vásárolt egyedek	db	45	5	50
	%	90	10	100
Akváriumban tartott (beoltott) egyedek	db	16	3	19
	%	84	16	100
Mindösszesen	db	61	8	69
	%	88	12	100

A 9. táblázatból kitűnik, hogy az észak-adriai kis sziklahal populációban (az általam vizsgált időszakban) extrém ivararány alakult ki, amelyben az ikrások dominálnak. Ikrás: tejes arány megközelítőleg 9:1. Ez az érték jelentősen eltér a szakirodalom más helyen gyűjtött adataitól. A törökországi populációnál az ikrás:tejes

ivararány 44 : 56 volt (Koca (2002)). A tunéziai adatok szerint az ottani populációban az ikrások dominálnak (Bradai és Bouain, 1991). A Fekete-tenger törökországi partjainál Bilgin és Celik (2009) vizsgálata szerint az ikrások 58 %, a tejesek 42 % arányban fordultak elő. Felmerül a kérdés, hogy mi okozhatja ezeket az eltéréseket?

Válaszként a halászat általi, méret szerinti szelekció nem jöhet számításba, hiszen az a nagyobb méretű egyedek arányát csökkenti, és mind a tunéziai, mind a fekete-tengeri, mind pedig az észak-adriai adatok a nagyobb méretű ikrások dominanciáját mutatták.

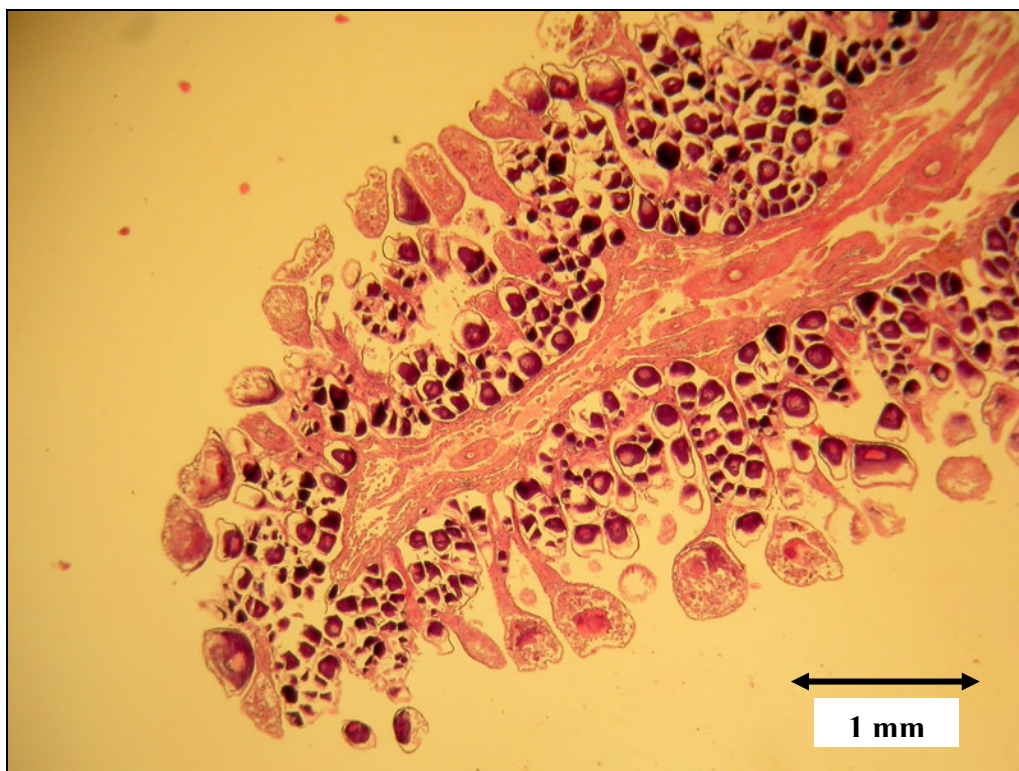
Lehetséges, hogy a szaporodási időszakon kívül a tejesek és az ikrások elkülönülnek egymástól, így a különböző időszakban gyűjtött ivararány adatok jelentős eltérést mutathatnak. Mivel csak a szaporodási időszak után (2 hónap időtartam alatt) gyűjtöttem az egyedeket, az általam megállapított extrém ivararány nem hasonlítható össze a szakirodalom egyéb adataival, melyek egy teljes szaporodási ciklust fognak át. További, egy teljes év különböző időszakában gyűjtött, megfelelő számú minta kiértékelésével a nemek térbeli elkülönülésének valószínűsége eldönthető. A statisztikailag értékelhető számú minta beszerzésének nehézsége, költsége miatt ez a vizsgálat csak egy új kutatás keretében valósítható meg.

Amennyiben a teljes szaporodási ciklusban gyűjtött, megfelelő számú minta alapján nincs extrém ivararány, akkor vizsgálni lehet a nemek ívási időszakon kívüli eltérő életterét és viselkedését. Az anyahalak begyűjtésénél ügyelni kell a megfelelő időszakra, hogy a tejesek száma ne legyen limitáló tényező.

Amennyiben a későbbi vizsgálatok továbbra is az általam talált extrém ivararányt támasztják alá, akkor több lehetséges magyarázat merülhet fel. Például az, hogy az ikrások hosszabb ideig élnek., vagy az, hogy (hasonlóan, mint hazánkban az ezüstkárász – *Carassius gibelio* – esetén) természetes ginogenezis érvényesül. (Ekkor az ikra fejlődését más rokon fajok spermája indítja be, de a spermium genetikai anyaga nem jelenik meg az utódban.) Előbbi esetben otholit csiszolatok útján kormeghatározás, utóbbi esetben genetikai vizsgálatok segítségével kaphatunk választ.

7.2. A kis sziklahal ivarszerveinek mikroszkópos vizsgálata

Az ivarszervek mikroszkópos vizsgálatából következtetéseket tudtam levonni a szaporodásbeli sajátosságokra. Ezek elősegítették az indukált gametogenezist és a mesterséges szaporítást. Az ikrások ivarszerveiből készült metszetek jól mutatják, hogy a kis sziklahal aszinkron típusú petefészekkel rendelkezik. Egy időben a legkülönbözőbb fejlettségi állapotú petét találhatjuk meg azokban. Lásd 27. és 28. kép. Az is jól látható, különösen a 28. képen, hogy az azonos érettségű petesejtek hajtogatott szalagszerű elrendezésben ülnek egymás mellett. Ezek a megfigyelések megegyeznek Munoz *et al.* (2002) rozsdás sziklahal petefészek vizsgálatának megállapításaival. A petefészek aszinkronitása alapján feltételeztem azt, hogy egy szaporodási időszakon belül az ikrások többször tudnak ivarsejteket kibocsátani, de általában nem túl nagy mennyiséget, így a lárvák száma sem lehet túl magas. Munoz *et al.* (2005) hasonló következtetésre jutottak a rozsdás sziklahal esetében is. Ezt a feltételezést igazolta, hogy a hormonkezelés hatására néhány egyed pár hetes eltéréssel többször is beikrásodott, és, hogy az egy ikrástól származó, egyszerre kikelt lárvák száma maximum 1.500 darab volt.



27. kép. Kis sziklahal (*Scorpaena porcus*) aszinkron peteérésű ovarium hosszmetsete.

(Fotó: Németh Szabolcs)



28. kép. Kis sziklahal ovarium keresztmetszet érett és éretlen petesejtekkel.

(Fotó: Németh Szabolcs)

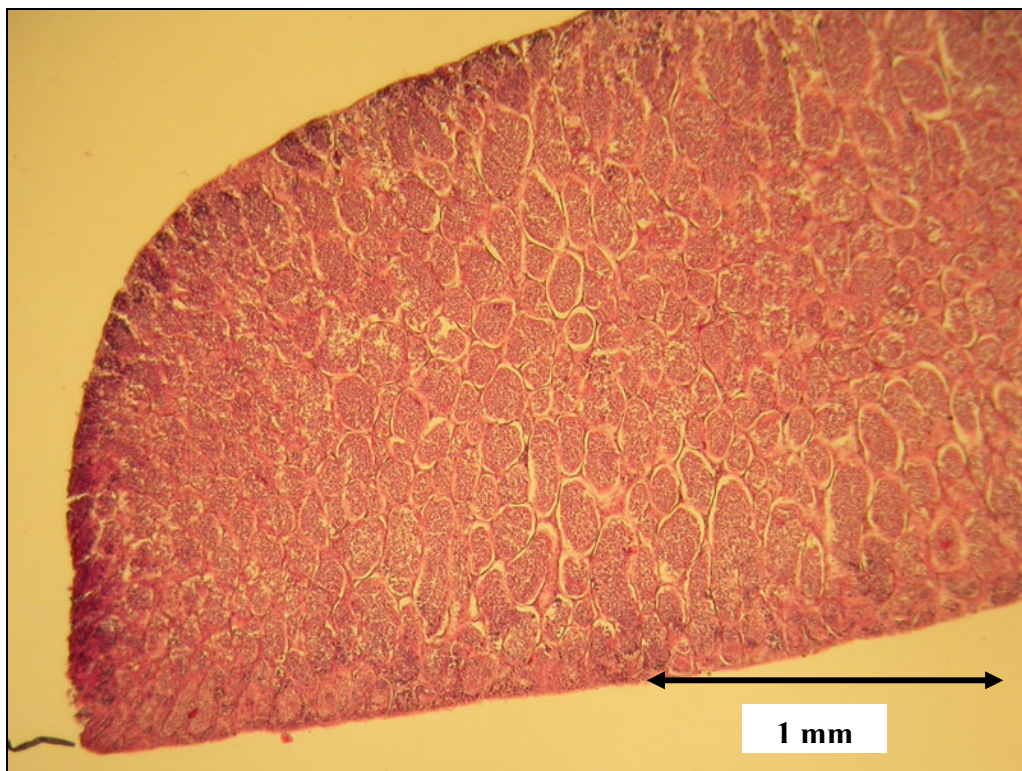
A petefészek hajtogatott szalag-szerű elrendeződése a magyar halfauna tagjai közül csak a csapó sügérnél (*Perca fluviatilis*) fordul elő. Egy közvetlenül az ikrázás előtti csapó sügér petefészekről készített metszetet mutat a 29. kép. Feltűnő a hasonlóság abban a tekintetben is, hogy a petéket úgy a csapó sügérnél, mint a kis sziklahalnál, egy kocsonyás tér veszi körül, mely az ikrákat lebegtet, és megakadályozza a bakteriális és gombás fertőzést. (A szaporítás során egyszer sem tapasztaltam ikrapenészt a kis sziklahalon. A keszthelyi hal-laborban végzett csapó sügér szaporítások során sem találkoztunk egyszer sem *Saprolegnia* fertőzéssel, pedig más fajok ikráján ez ott is gyakran előfordult.)

(A nagy sziklahal is aszinkron petefészekkel rendelkezik, azaz több, különböző érettségű petesejtet lehet egyszerre találni. Ebből következően egy szaporodási időszakon belül többször is képes ikrát kibocsátani.)

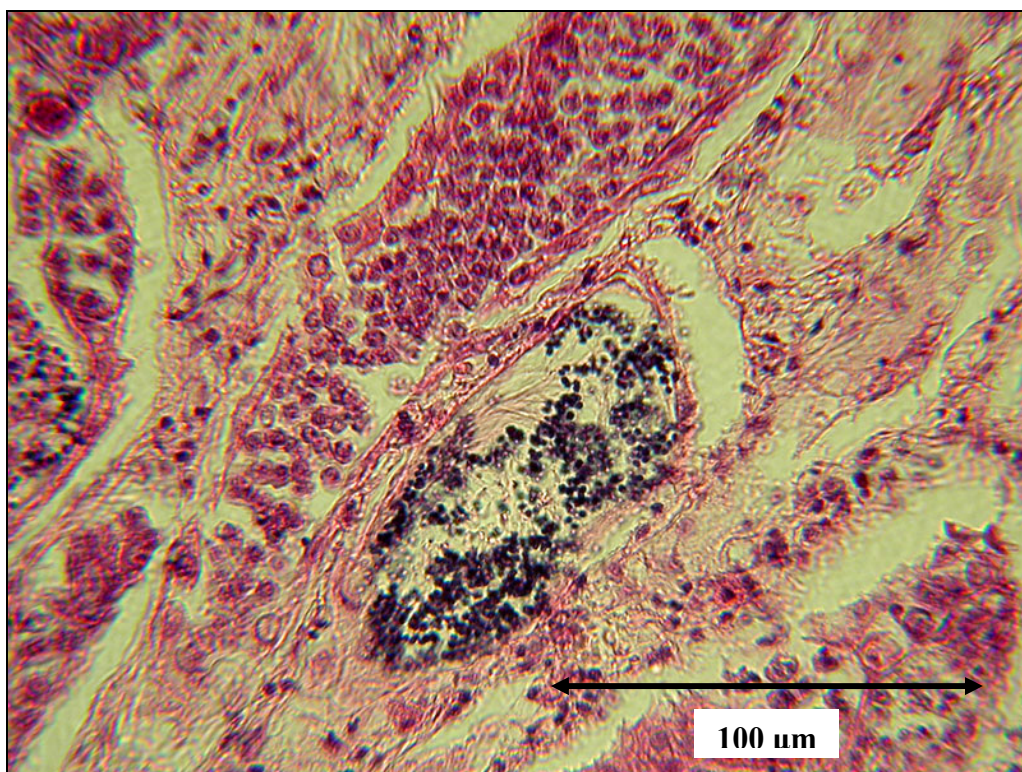


29. kép. Csapó sügér (*Perca fluviatilis*) petefészke néhány nappal az ívás előtt.
(Fotó: Németh Szabolcs)

A kis sziklahal heréjének szerkezete alapvetően emlékeztet a csapó sügér heréjére. Sűrűn egymás mellé felcsavart csövecskékből áll, ugyanúgy, mint a rozsdás sziklahalé (Munoz *et al.* 2005). Az ívási szezon utáni (valószínűleg 2 hónappal) állapotban mutatja a herét a 30. kép (keresztmetszet) és a 31. kép (hosszmetszet). Ez utóbbiban viszonylag kis mennyiségben érett spermiumok is láthatók.



30. kép Kis sziklalahal (*Scorpaena porcus*) here keresztmetszet éretlen spermiumokkal.
(Fotó: Németh Szabolcs)



31. kép. Kis sziklalahal (*Scorpaena porcus*) testis hosszmetset érett spermiumokkal.
(Fotó: Németh Szabolcs)

7.3. A nagy és a kis sziklahal indukált gametogenezise, és a kis sziklahal ikrájának mesterséges termékenyítése

7.3.1. A nagy sziklahal indukált gametogenezise

Nagy sziklahalból a helyhiány miatt nem tudtam megfelelő mennyiséget tartani, csupán 3 ivarérett és 2 éretlen példányom volt. Oltásokat csak kísérleti jelleggel végeztem, hogy megállapíthassam, vajon a nagy sziklahalak esetében sikerül -e indukált gametogenezist végrehajtani. Az oltások hatására 2 példánynál sikerült ikrát nyernem (32-33. kép), tejet sajnos nem. Így mesterséges termékenyítést nem tudtam végrehajtani.



32. kép. Hipofízálás hatására beikrásodott nagy sziklahal. (Fotó: Németh Szabolcs)



33. kép. Hipofízálás hatására beikrásodott nagy sziklahal. (Fotó: Németh Szabolcs)

7.3.2. A kis sziklahal indukált gametogenezeise

Kis sziklahalak esetén ponty hipofízissel történő, 12 oltásból álló sorozat hatására 17 egyed adott ivarterméket, 3 tejes és 14 ikrás. Két nőtény (a 2. és 4. jelű) az oltássorozat alatt kétszer adott ikrát. Az ismételt ikrázás között 34, illetve 15 nap telt el. A halak néhány szaporítási paraméterét a kezelések során a 10. táblázat mutatja.

10. táblázat. A halak oltás előtti és fejés előtti súlyadatai, a leadott ikra mennyisége.

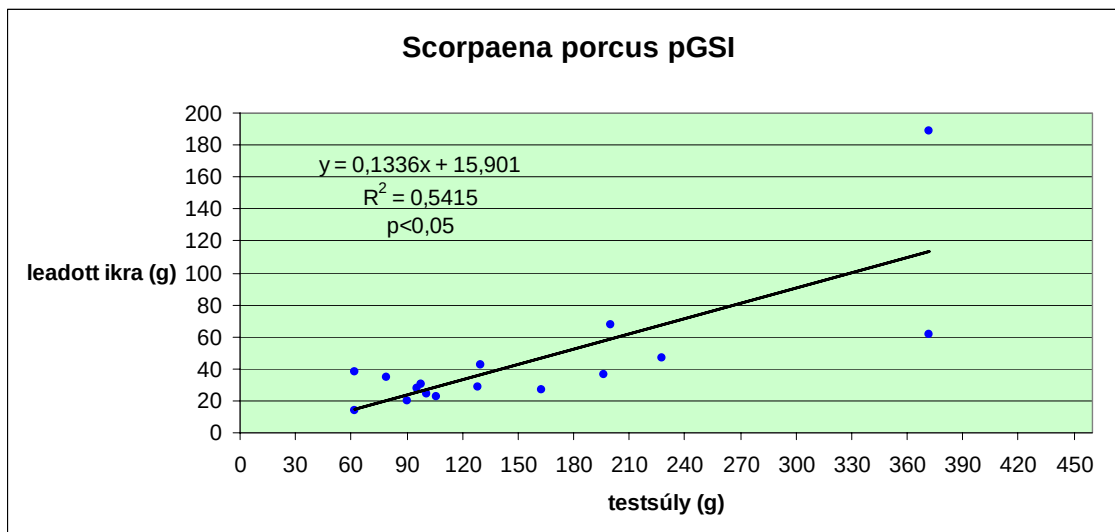
„Beikrásodás” dátuma	hal jel	oltás előtt (gramm)	fejés előtt (gramm)	növekedés %	leadott ikra (gramm)
2007.12.28	2	62,2	76,1	22,3%	13,9
2008.01.31	2	62,2	100,3	61,3%	38,1
2008.01.25	13	79,5	114,1	43,5%	34,6
2008.01.25	18	90,3	110,0	21,8%	19,7
2008.02.21	12	95,8	123,5	28,9%	27,7
2008.01.17	6	97,9	128,4	31,2%	30,5
2008.01.10	10	100,8	125,0	24,0%	24,2
2008.01.10	4	106,0	128,5	21,2%	22,5
2008.01.25	4	128,5	157,0	22,2%	28,5
2008.01.24	3	130,0	172,5	32,7%	42,5
2008.02.21	17	162,5	189,2	16,4%	26,7
2008.01.24	14	196,3	232,7	18,5%	36,4
2008.01.03	16	200,0	267,5	33,8%	67,5
2008.01.24	9	227,9	274,5	20,4%	46,6
2008.01.31	385	371,7	433,0	16,5%	61,3
2008.03.06	1	372,2	561,2	50,8%	189,0
átlag = **pGSI				29,1%	

*A „beikrásodás” kifejezés alatt az ivari érés azon szakaszát értem, amikor az ikrások hasa a növekvő méretű petefészekről megduzzad, az ivarnyílás környéke vérbőn pirosassá válik, és a hal tömege hirtelen megnövekszik.

** pGSI: a pseudo-gonadosomatikus index a lefejt ivarsejtek tömegének és a testtömegnek aránya

A testtömeg és a lefejt ikra (kocsonyás burokkal együtt) tömegének arányából számított pGSI értékek 16,4-61,3% között mozogtak. Az átlagos pGSI érték 29,1 %-nak adódott. Az adatpárokhoz illesztett egyenes függvényének segítségével ($y = 0,1336x +$

15,901, $R^2 = 0,5415$) becsülhető az ismert tömegű anyahaltól várható ikra tömege (5. ábra). Az oltássorozat alatt beikrásodott halak számát és jelét a 13. táblázat tartalmazza.



5. ábra. Leadott ikra a testtömeg függvényében.

Az oltássorozat befejezése utáni 4. héttől kezdődően a halak egy része újra beikrásodott, és spontán ovulált. Egy nőstény (a 4 jelű) harmadszor is adott ikrát. A 2. és a 3. ikraleadása között 80 nap telt el. Az ikrák mennyiségét az előzetesen kiszámolt pGSI alapján becsültem (11. táblázat). Az ikraleadás 5 hétig húzódott el. Az oltássorozat után beikrásodott halak számát és jelét a 14. táblázat tartalmazza.

11. táblázat. Az oltássorozat után beikrásodott halak által leadott ikra mennyisége.

spontán beikrásodás dátuma	hal jel	leadott becsült ikra (gramm)
2008.04.02	18	20,0
2008.04.08	385	65,0
2008.04.15	4	25,0
2008.04.17	9	50,0
2008.04.21	6	30,0
2008.04.21	12	30,0
2008.04.21	10	25,0
2008.04.25	3	45,0
2008.04.26	18	20,0
2008.05.03	14	35,0
2008.05.04	385	65,0

12. táblázat. Az oltássorozat előtt beikrásodott halak száma.

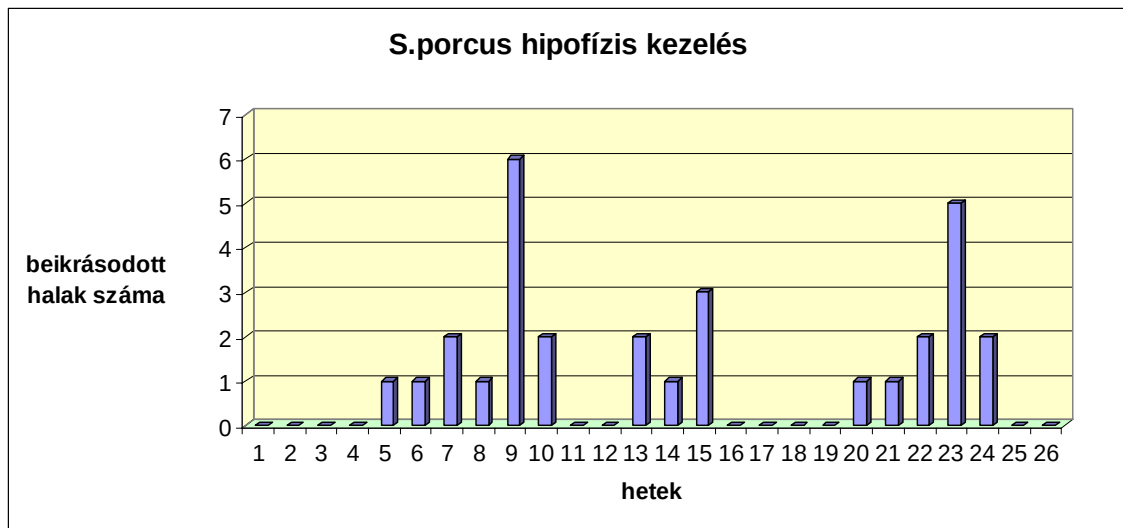
hetek	1	2	3	4
oltás előtti	1. hét	2. hét	3. hét	4. hét
beikrásodott halak száma (db)	0	0	0	0

13. táblázat. Az oltássorozat alatt beikrásodott halak száma, jele.

hetek	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
oltás	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
beikrásodott halak száma (db)	1	1	2	1	6	2	0	0	2	1	3	0
beikrásodott halak kumulált száma (db)	1	2	4	5	11	13	13	13	15	16	19	19
sorszámuk	2	16	4, 10	6	3, 9, 13, 14, 18, 4	2, 385			12, 17	1	9, 10, 12	

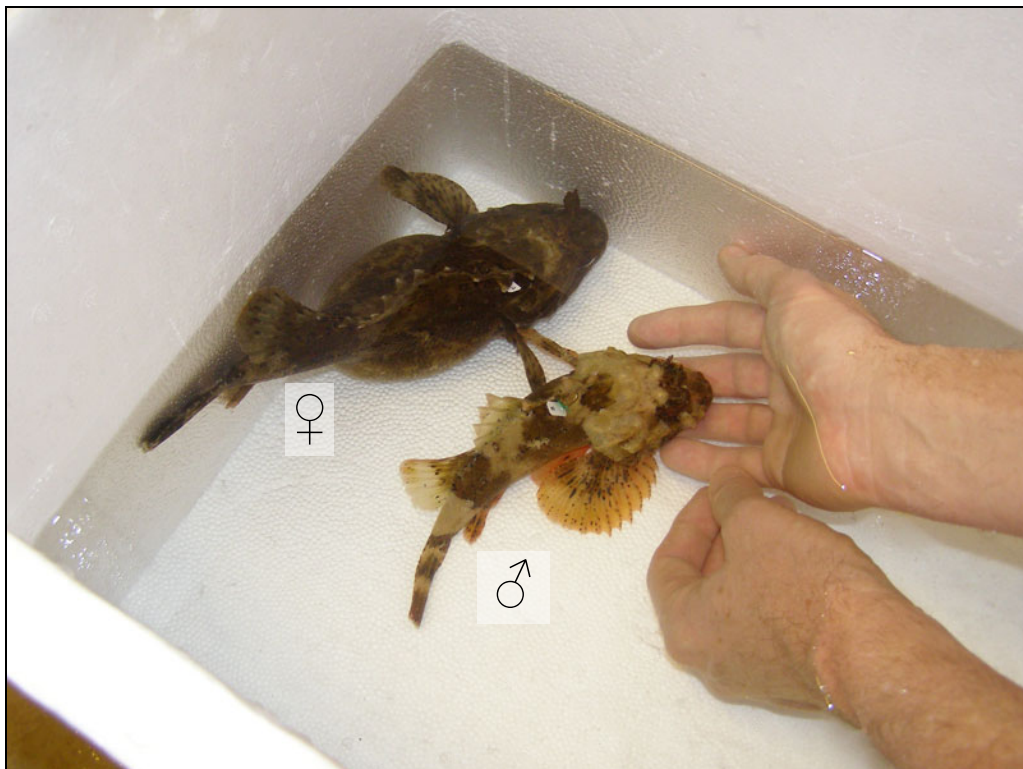
14. táblázat. Az oltássorozat után beikrásodott halak száma, jele.

hetek	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
oltás utáni	1. hét	2. hét	3. hét	4. hét	5. hét	6. hét	7. hét	8. hét	9. hét	10. hét
beikrásodott halak száma (db)	0	0	0	1	1	2	5	2	0	0
beikrásodott halak kumulált száma (db)	0	0	0	1	2	4	9	11	11	11
sorszámuk				18	385	4, 9	6, 12, 10, 3, 18	14, 385		



6. ábra. A hipofízis kezelés hatására hetenként beikrásodott halak száma.

A szaporodási időszakban egyértelmű ivari dimorfizmus mutatkozott. A beikrásodott nőstények hasa jelentősen megduzzadt, így az ivarak elkülönítése könnyű volt (34. kép).



34. kép. Kis sziklahal ikrás és tejes közvetlenül szaporodás előtt.

(Fotó: Németh Szabolcs)

A lefejt ivartermékben lévő peték mennyisége egyedenként 5-20.000 közötti értékre becsültem. Az ikra fejése a szabad ikrákat produkáló halfajokhoz képest itt inkább nem nyomással, hanem nyomás és a zselés ikratömeg (35., 37., 38. kép) húzásának kombinációjával történt. A tejesek 6 mg/TTkg dózissal történt oltása után a fejés 24 órával történt. A lefejt sperma opálos színű volt, és mennyisége mindössze 100-200 µl (36. kép). Ez az adat ellentétben áll Munoz *et al.* (2002b) megállapításával, mely szerint a rozsdás sziklahalnál bőséges ondófoliadékot találtak. A spermiumok tengervízzel történő aktiváció után, mikroszkóp alatt 1,5 percig gyors mozgást mutattak. Egyes spermiumok azonban még az aktivációt követő 3. percben is lassú helyváltoztató, vagy helybeni rezgőmozgást végeztek.



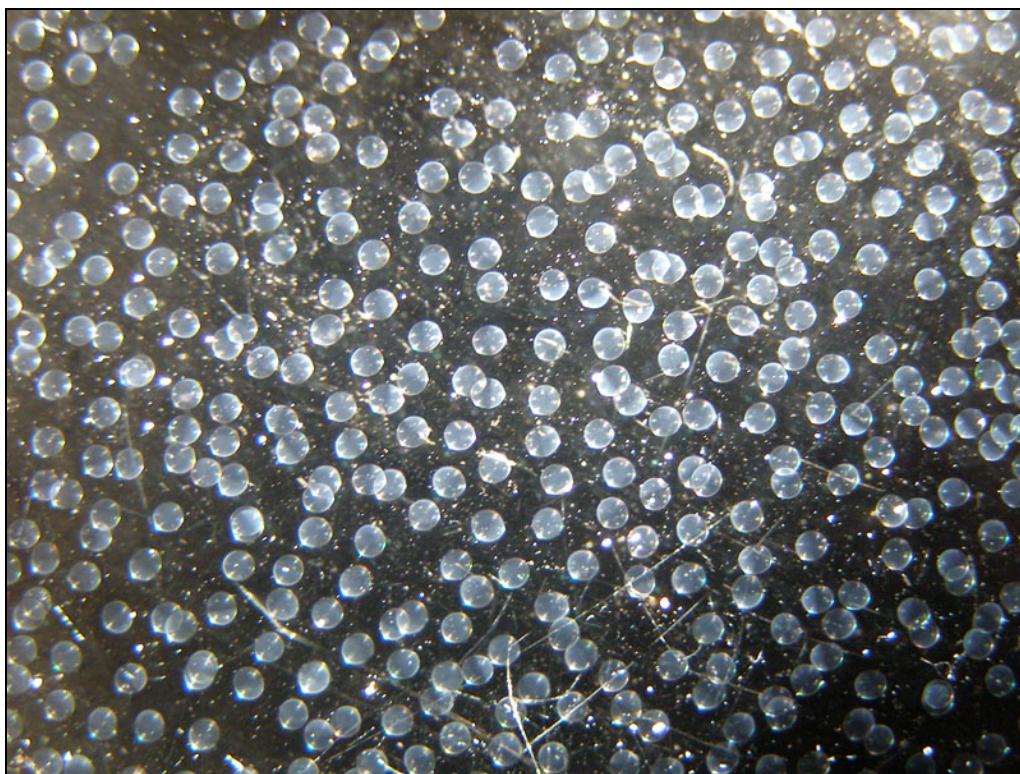
35. kép. Ikrafejés kis sziklahalból. (Fotó: Németh Szabolcs)



36. kép. Kis sziklahal tej. (Fotó: Németh Szabolcs)



37. kép. Kis sziklahal lefejt ikrái kocsonyás burokban. (Fotó: Németh Szabolcs)



38. kép. Kis sziklahal ikrák a kocsonyás mátrixban. (Fotó: Németh Szabolcs)

Az eddigieket összefoglalva elmondhatjuk, hogy a ponty hipofízis kezelése mind a kis, mind a nagy sziklahal esetén megfelelő módszer az ivarsejtek indukált gametogenezisére. Eredményeimet a 15. táblázat tartalmazza.

15. táblázat. A hipofízis oltások eredménye.

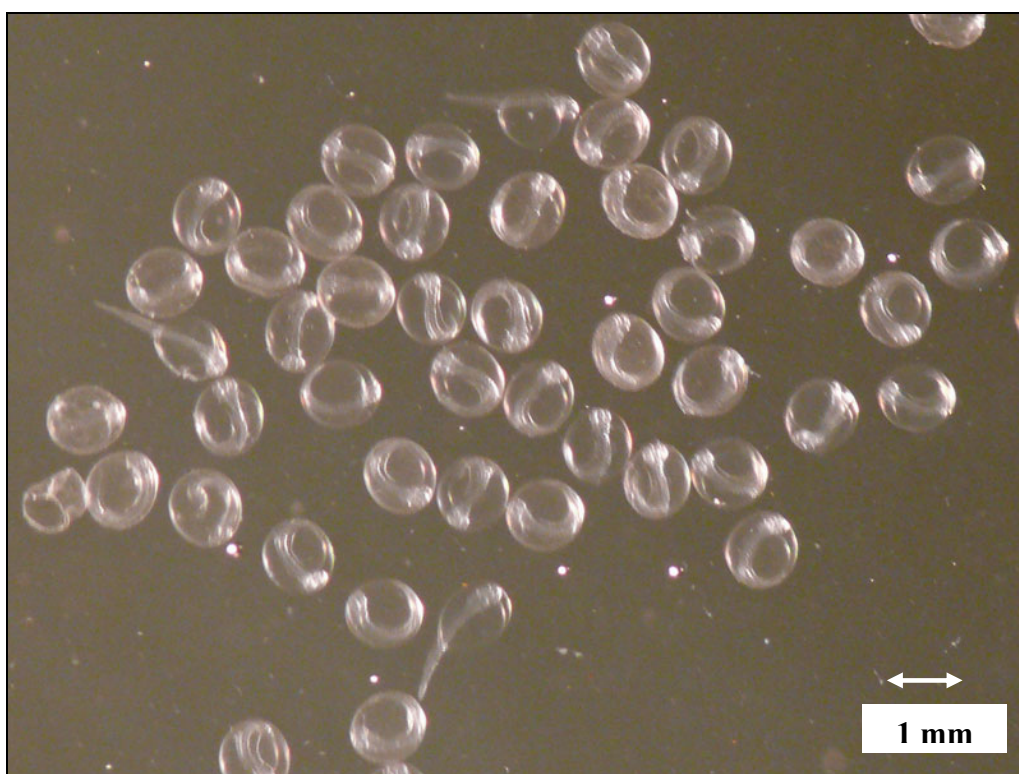
	Érett petesejtek	Érett spermiumok
Kis sziklahal (<i>Scorpaena porcus</i>)	IGEN	IGEN
Nagy sziklahal (<i>Scorpaena scrofa</i>)	IGEN	NEM

7.3.3. A kis sziklahal ikrájának mesterséges termékenyítése és keltetése

A sikeres mesterséges termékenyítést „száraz” módszerrel végeztem. Három alkalommal sikerült egyenként körülbelül 5.000 db (15 gramm) érett ikrát nyernem úgy, hogy mellette tejet is sikerült lefejnem a hímeiktől. A termékenyítéshez a teljes tejmennyiséget felhasználtam. A termékenyülés kb. 30 %-os volt, így megközelítőleg 1.500 db lárva kelt ki mindhárom alkalommal. A 30 %-s termékenyülés a tengeri halaknál a szakirodalomban talált adatok szerint az alsó határ, de nem extrém alacsony (Meseda és Assem, 2006; Okumura *et al.*, 2002) Az embriók 20 °C-on a termékenyítést követő 56 óra után kezdték meg a kelést (39-40. kép).



39. kép. Kis sziklahal korai embrió. (Fotó: Németh Szabolcs)



40. kép. Kis sziklahal fejlett embriók és éppen kikelt lárvák. (Fotó: Németh Szabolcs)

7.4. A kis sziklahal lárvanevelési tapasztalatai

7.4.1. A kis sziklahal lárvafejlődési stádiumai

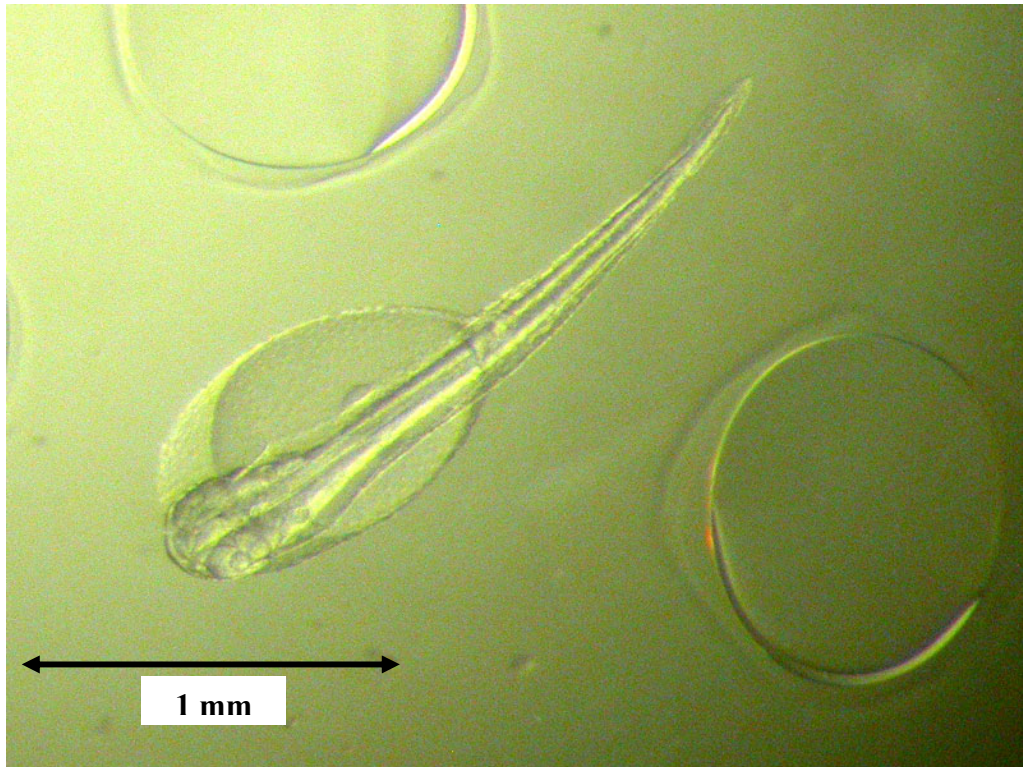
A kis sziklahal 2 mm hosszúságú, nem táplálkozó lárvái (41. kép) a kikeléskor nagyméretű szikzacskóval rendelkeznek, mely csak a 4. napon tűnik el teljesen. Üvegszerűen áttetszőek, szemeik sem pigmentáltak. A víz felszínén lebegnek, mechanikai ingerekre villámgyorsan lemerülnek, majd néhány másodperc múlva egy másik helyen a felszínre úsznak.

A 2. napon a víztér közepébe költöznek, még mindig csak a szikzacskóból táplálkoznak. Pigmentáltságuk ekkor még nincs, teljesen áttetszőek. Nem gyűlnek kis csoportokba, inkább egyenletesen szétoszlanak a víztér felszínhez közeli, de nem felszíni részén.

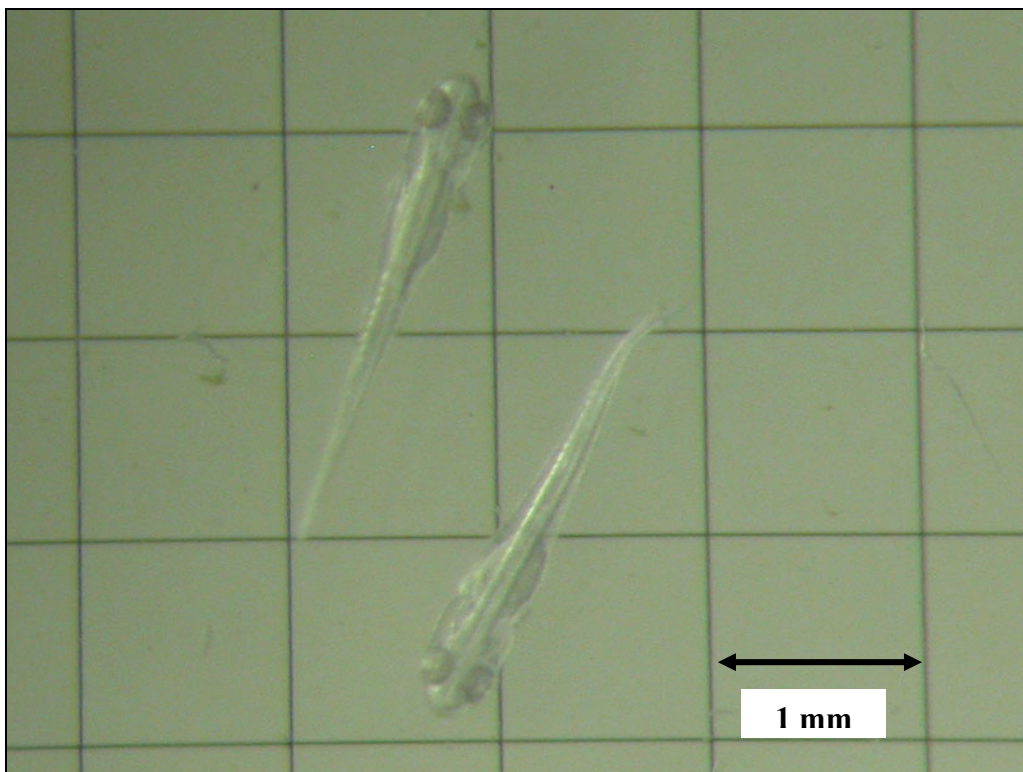
A 3. napon szikzacskójuk már kicsi, és még mindig nem pigmentáltak. Méretük körülbelül 2,5 mm (42. kép). Életterük és viselkedésük a 2. napihoz hasonló.

A 4. napon szemük színesedni kezd, mellúszóik szélén apró fekete pöttyök jelennek meg. Szikzacskójuk felszívódik. Méretük 2,5-2,8 mm közötti. Fejük megnő, szájuk körülbelül 150 µm nagyságú. A víztér közepéből leköltöznek az akvárium aljára, ahol nem csoportban, hanem egyenletesen szétosztva a fenékről csipegetnek. Ez a megfigyelés ellentétben áll a *Scorpaenidae* család tagjainak lárvafejlődéséről szóló a szakirodalommal, mely szerint a lárvák fajtól függően 25-40 mm testhossztól térnek át a bentoszi életmódra (Nagasawa és Domon, 1997; Terofal, 1996). Saját megfigyelésem szerint, a szikzacskót felhasználó, és önálló táplálékszerzésre áttérő lárvák nem próbálnak meg a víztér közepén lebegő planktoni élőlényekre vadászni, hanem mindannyian, egyértelműen a bentoszi táplálékforrások után kutatnak.

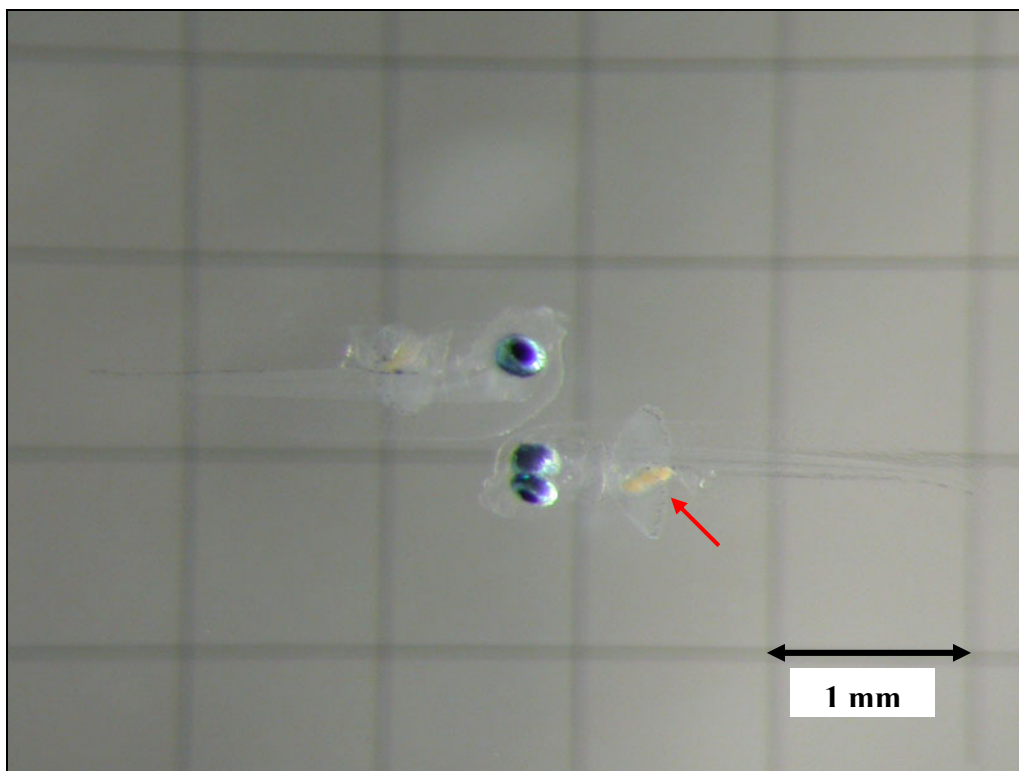
A 4. nap után életmódjuk nem változik. Kilenc napos korukig (43. kép) tudtam nevelni őket, utána mindegyik (valószínűleg eléhezés következtében) elpusztult.



41. kép. Kis sziklahal 1 órás lárva nagy szikzacskóval. (Fotó: Németh Szabolcs)



42. kép. Kis sziklahal 3 napos lárvák javarészt felszívódott szikzacskóval.
(Fotó: Németh Szabolcs)



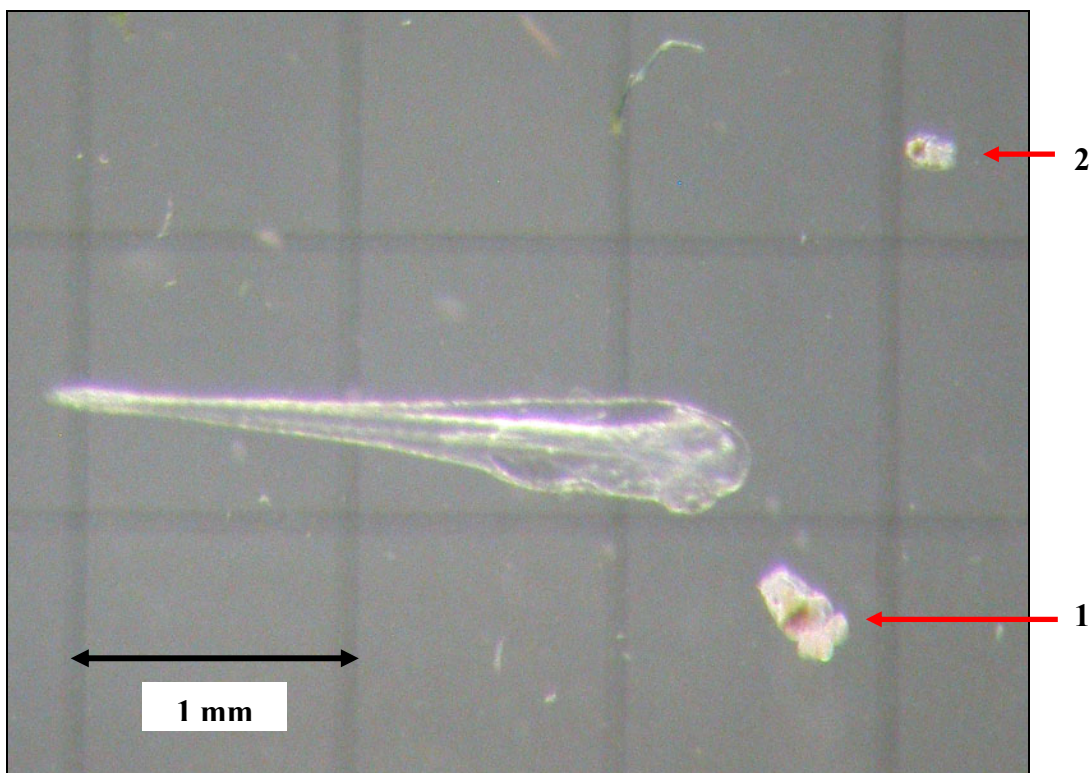
43. kép. Kis sziklalahal 9 napos lárvák gyomortartalommal. (Fotó: Németh Szabolcs)

7.4.2. A lárvanevelésben kipróbált táplálékok

A tengeri halak lárvái általában kisméretűek. Ez alól a kis sziklalahal sem jelent kivételt a 2 milliméteres nem táplálkozó lárváival. A kis méret megnehezíti a megfelelő indítótáplálék tenyésztését, beszerzését.

Az *Artemia salina* naupliusz lárvái egyértelműen túl nagyok bizonyultak a maguk körülbelül 300-500 μm méretével. A táplálékszerzést elkezdő 4 napos kis sziklalahal még nem tudja elfogyasztani ezt a méretet.

Az általam tenyésztett *Brachionus* kultúrában többféle méretű kerekeshéreg szaporodott el, valószínűleg mindkét faj előfordult benne, és nem az egyik faj kifejlett és fiatal egyedei voltak együtt. Ezt támasztja alá, hogy a kisméretű kerekeshéreg is hordoztak petéket. Ez a kísérlethez ideális volt, hiszen így mindkét méretű fajt egyszerre tudtam kipróbálni. A méretek alapján egyértelműen a kisebb faj (*B. rotundiformis*) volt a megfelelő, és a *B. plicatilis* túl nagyak tűnt (44. kép).



44. kép. Kis sziklahal 3 napos lárva, *B. plicatilis* (1), *B. rotundiformis* (2).

(Fotó: Németh Szabolcs)

Bár a *B. rotundiformis* mérete megfelelőnek látszott, és a lárvanevelő akváriumban is nagy sűrűségben fordultak elő (körülbelül 10 db/cm³), mégsem fogyasztották a sziklahal lárvák, mivel a táplálékot a feltételezésektől eltérően nem a lebegő plankton tagjai közül, hanem az aljzatról vették fel. Egyetlen mikroszkópos megfigyelésemkor sem találtam kerekessérget a gyomorban. A lárvák az aljzat detrituszában keresték a táplálékot, a gyomortartalom jól látszott, de annak összetételét megállapítani nem sikerült. Mivel a táplálék mennyisége, összetétele nem volt megfelelő számukra, a lárvák a 9. napra elékeztek.

A fentiek alapján arra a következtetésre jutottam, hogy kezdő táplálékként 100 µm méretű, süllyedő indítótáppal érdemes próbálkozni.

Következtetések és Javaslatok

Következtetések

- Megállapítottam, hogy a kis sziklahalak észak-adriai populációjában, a természetes ivási időszak után a hímek lényegesen kisebb számban képviseltetik magukat, mint a nőstények. Az ikrás : tejes arány 9:1.
- Az ivarszerv metszetek alapján megállapítottam, hogy a már vizsgált rokon fajhoz, a *Scorpaena notata*-hoz, hasonlóan az *S. porcus* nőstényei is aszinkron típusú petefészekkel rendelkeznek. Ez lehetővé teszi egy szaporítási időszakon belül a többszöri ikranyerést is.
- Megállapítottam, hogy a 6 mg/TTkg dózisú ponty hipofízissel történő kezelés hatásos mind a kis, mind a nagy sziklahal ivarsejtérésének indukálására, ikrásoknál 12 mg/TTkg dózis alkalmas volt az ovuláció kiváltására.
- Kísérletemmel igazoltam, hogy a kis sziklahal mesterséges szaporításakor a száraz módszerrel történő termékenyítés hatásos technika.
- A keltetés során megállapítottam, hogy a 20 °C-os víz hőmérséklet megfelelő a lárvák számára.
- A lárvanevelés során megállapítottam, hogy a tengeri haltenyésztésben általánosan alkalmazott *Brachionus plicatilis* kerekeshéreg illetve az *Artemia salina* sófereg naupliusz lárvája nem megfelelő a kis sziklahalak lárváinak kezdeti táplálására.
- A lárvanevelés során cáfoltam azt a feltételezést, hogy a szikzacskójukat felhasznált lárvák planktoni életmódúak. Saját megfigyelésem szerint a lárvák a 4. napon bentikus életmódra térnek át, és táplálékukat nem a víztérben, hanem az aljzaton keresik.

Javaslatok

- Javaslom kis sziklahal esetében egy teljes ivari ciklus alatt, megfelelő számú egyed begyűjtésével az ivararány megállapítását.
- Javaslom az ivararány vizsgálatot a nagy sziklahalak esetében is, hiszen a gazdaságilag értékesebb halfaj esetében ilyen kutatás még nem volt az Észak-Adrián.
- Javaslom a nagy sziklahal (megfelelő számú ikrás és tejes megléte) esetén a 6 mg/TTkg dózisú ponty hipofízis injekcióval történő ivarsejtérés indukálást, és ikrásoknál 12 mg/TTkg dózissal az ovuláció kiváltását.
- Érett spermiumok és petesejtek fejése után javasolom a száraz technikával történő termékenyítést.
- Javaslom a sziklahalak lárvanevelése során a legkisebb méretű (100 μ) süllyedő táp kipróbálását.
- Az extrém ivararány miatt javaslom az Adriai-tengerben honos három sziklahal faj (*S. porcus*, *S. scrofa*, *S. notata*) genetikai azonosítását, hogy a fajok közötti hibridizáció meglétét, vagy hiányát igazolni lehessen.

Összefoglalás

A disszertáció a tengeri akvakultúra számára ígéretes, de eddig még nem vizsgált földközi-tengeri nagy sziklahal (*Scorpaena scrofa*), illetve modellfaja a kis sziklahal (*Scorpaena porcus*) indukált gametogenezisével, szaporításával, és az ehhez kapcsolódó ivarszerv, ivararány vizsgálatokkal foglalkozott. A téma újszerűségét mutatta, hogy a sziklahalak indukált gametogenezise, mesterséges szaporítása témájában szakirodalom nem volt fellelhető.

A kutatás első szakaszában a szerző a nagyobb (így statisztikailag értékelhető) egyedszámban fogható kis sziklahal észak-adriai populációjának ivararányával, valamint az ivari dimorfizmussal foglalkozott. A megfigyeléseket a pulai halpiacon vásárolt, valamint bűvártechnikával a partközeli vizeken fogott különböző méretű és súlyú egyedeken végezte. A fajon belül ivari dimorfizmus nem volt tapasztalható, kivéve közvetlenül az ovulációt megelőző időszakot, amikor is az ovulációra készülő ikrások hasa a zselészerű burokokban lévő ikráktól jelentősen megduzzadt. A spermiációra kész tejeseknél külső elváltozás nem volt megfigyelhető. A szerző az ivarszervek mikroszkópos metszeteiből, valamint a hormonkezeléssel indukált ivarsejtérés során nyert ivartermékekből egyértelműen meghatározta az egyedek nemét. Mindkét esetben extrém ivararányt talált. A kis sziklahal észak-adriai populációjában (a szaporodási időszak után) az ikrások domináltak. Ikrás : tejes arány 9:1 volt. A mikroszkópos metszetekből megállapította, hogy mindkét sziklahal faj ováriumuk aszinkron felépítésű, egy időben sokféle fejlettségű petesejtet tartalmaz. Az ikrások egy szaporítási időszakon belül többszöri ikráleadásra képesek.

A kutatás második szakaszában a szerző a kis és a nagy sziklahal hormonkezeléssel indukált gametogenezisével, valamint a kis sziklahal mesterséges termékenyítésével, lárvanevelésével foglalkozott. A bűvártechnikával történt gyűjtésből származó egyedeket 20 °C-os tengervízben tartotta, élő és fagyasztott táplálék-szervezetekkel etette. A kísérlet egy 4 hetes szoktatási periódust követően 12 hétig folytatott hormonkezelésből, majd azt követő 10 hetes megfigyelésből állt. Az ivaréretet heti egyszeri 6 mg/TTkg dózisú szárított ponty hipofízis injekciókkal stimulálta, ikrásoknál az ovulációt egyszeri 12 mg/TTkg dózissal érte el. Nagy sziklahal esetében csak érett petesejteket tudott nyerni, mivel a kis egyedszám miatt tejes nem állt rendelkezésére. Kis sziklahalnál mind érett petesejtet, mind érett hímivarsejteket tudott nyerni. A tejesek már a második heti oltásra spermiációval reagáltak. A nőtények zöme

a 3-6. oltást követően ovulált. A testtömeg és az ovulált ikra (kocsonyás burokkal együtt) tömegének arányából számított pGSI értékek 16-61% között mozogtak. Az átlagos pGSI érték 29 %-nak adódott. A lefejt ikracsomókban egyedenként 5-20 ezer db petét sikerült nyerni. A tejesek spermiációjá csak rövid ideig volt fenntartható. Az oltássorozat befejezése utáni 4. héttől kezdődően a halak egy része újra beikrásodott, és spontán ovulált.

A szerzőnek három alkalommal sikerült egyenként körülbelül 5.000 db érett ikrát nyernie úgy, hogy mellette tejet is sikerült lefejnie a hímeiktől. A „száraz” termékenyítési módszer alkalmasabbnak bizonyult, mint az előzetesen „tengervizes-spermahígításos”. A termékenyülés kb. 30 %-s volt. Megközelítőleg 1.500 db lárvá kelt ki mindhárom alkalommal. Az embriók 20 °C-on (a termékenyítést követő) 56 óra után kezdték meg a kelést. A kis sziklahal kb. 2 mm-s zsenge lárvái nagy szikzacskóval rendelkeztek, mely csak a negyedik napra szívódott fel teljesen. A szikzacskós lárvák planktonikus életmódúak voltak, de a negyedik nap az akvárium aljára költöztek, és bentikus életmódra váltottak. Táplálékukat is az aljzaton keresték. A tengeri haltenyésztésben általánosan alkalmazott *Brachionus plicatilis* kerekeshéreg illetve az *Artemia salina* sóféreg naupliusz lárvája túlságosan nagyméretű volt a kis sziklahalak 2 mm-s lárváinak, emiatt csak 9 napos korukig sikerült felnevelni őket. A szerző véleménye szerint 100 µ-s süllyedő táp alkalmazásával a lárvák felnevelhetőek lennének.

A kis sziklahalnál kidolgozott hormonkezeléses gametogenezis, ivarsejt-nyerés, termékenyítés és lárvanevelés módszere alkalmazható lenne a közeli rokon, gazdaságilag még értékesebb nagy sziklahal tenyésztéséhez is.

Summary

The dissertation deals with studies regarding induced reproduction, breeding and connected investigation of sexual organs and sex ratio at Largescaled scorpionfish (*Scorpaena scrofa*), and its model species Black scorpionfish (*Scorpaena porcus*), which species are promising species for sea aquaculture. The subject is so original as no previous studies on this field were found in literature.

In the first stage of this study the author concentrated on sex-ratio and sexual dimorphism of the North-Adriatic population of Black scorpionfish, as this species is more abundant, therefore larger numbers were available for statistical analysis. Observations were made on different size and weight specimens purchased at the fish-market in Pula or collected with scuba diving technique in coastal waters. No sexual dimorphism was detected at the species, except period just before ovulation, when abdomen of females ready for ovulation have swollen considerably, due to the volume increased caused by the jelly covered eggs. There was no change observed at males ready for spermiation. Gender of each individual was determined based on microscopic investigation of sexual organs or the type of spermatozoon after hormone induced reproduction. Extreme sex ratio was found at both cases. Females : males ratio (after the natural spawning season) was 9:1 at North-Adriatic population of Black scorpionfish. During microscopic investigation asynchronous ovaries were found at both species, containing ova of various developmental stages. The females are able to produce eggs several times during one breeding period.

In the second stage of this study the author investigated hormone induced reproduction of Large- and Black scorpionfishes and artificial breeding and raising larvae of Black scorpionfishes. Specimens collected by scuba diving were kept in sea water at 20 °C, feeding them with live and freezed prey-items. The experiment was carried out after a 4 week long accustoming period, with a 12 week long hormone treatment followed by a 10 week observation period. Induced reproduction was stimulated by a weekly 6 mg/BWkg dose of dried carp hypophyseal injections, and the female fish was induced for ovulation by 12 mg/BWkg dose. In case of Largescaled scorpionfish only mature ova were gained, as no male was available due to the low number of collected specimens. He was able to gain both mature ova and sperms in case of the Black scorpionfishes. Males reacted with spermiation after the second week of treatment. Most of the females ovulated after 3-6 week of treatment. The pGSI value,

computed from the ratio of bodyweight and weight of the ovulated roe (including its gelatinous cover), was between 16-61%. Average pGSI value was 29%. Individually milked amounts of roe contained 5-20 thousands ova. Spermiation of males was maintained for shorter period. Some of the females spontaneously ovulated started at the 4 week after termination of treatment.

The author was able to gain ova (approximately 5.000 each time) and sperms at the same time 3 times. The so called „dry” fertilisation technique proved to be more successful than the previously suggested „sea water sperm diluting”. Fertilisation was approximately 30%. Roughly 1.500 larvae hatched at all three cases. The embryos have started hatching 56 hours after fertilisation at 20 °C. The average 2 mm small larvae of Black scorpionfish have quite large yolk sacs, which disappears completely by the fourth day. Larvae with yolk sacs were behaving like plankton, but they moved to the bottom of the aquaria by the fourth day, switching into a benthic lifestyle. They searched for prey also on the bottom. *Brachionus plicatilis* and nauplius larvae of *Artemia salina* proved to be too large as prey for the 2 mm larvae of Black scorpionfish, therefore they managed to be raised only until the age of 9 days. The author thinks that by using sinking prey with the size of 100 µ, the larvae can be raised.

Methodology developed for hormone induced reproduction, gaining spermatozoon, fertilisation and raising larvae of Black scorpionfish can be adapted for the artificial breeding of the related and economically more valued Largescaled scorpionfish.

Irodalomjegyzék

Cikkek, Folyóiratok, Könyvek

Afonso, P., Porteiro, F.M., Santos, R.S., Barreiros, J.P., Wourms, J. and WIRTZ, P. (1999), Coastal marine fishes of Sao Tomé Island (Gulf of Guinea). *Arquipélago*, 17(A): pp. 65-92.

Almendras, J.M., Duenas, C., Nacario, J., Sherwood, N.M. and Crim, L.W. (1988), Sustained hormone release: III. Use of gonadotropin releasing hormone analogues to induce multiple spawning sea bass, *Lates calcarifer*. *Aquaculture*, 188: pp. 175-187.

Anon (1985), A simple solution to scorpaenidae stings. *Emergency medicine*, 17 (14) p. 63.

Anon (1997), Fish registrations within the museum database of the Vertebrate Section of the Royal Museum for Central Africa. *Geneflow* 2997:10.

Bauchot, M.-L. (1987), Poissons osseux.. In Fischer, W., Bauchot M.L. and Schneider M. (Ed.) *Fiches FAO d'identification pour les besoins de la pêche. (rev. 1). Méditerranée et mer Noire. Zone de pêche 37. Vol. II.* Commission des Communautés Européennes and FAO, Rome, pp. 891-1421.

Bell, J.D. and Harmelin-Vivien, M.L. (1983), Fish fauna of French Mediterranean Posidonia oceanica seagrass meadows. 2. Feeding habits. *Tethys*, 11, pp. 1-14.

Bilgin, S. and Celik, E.S. (2009), Age, growth and reproduction of the black scorpionfish, *Scorpaena porcus* (Pisces, Scorpaenidae), on the Black Sea coast of Turkey. *J. Appl. Ichthyol.* 25: pp. 55-60.

Bogerd, J., Li, K.W., Janssen-Dommerholt, C. and Goos, H.J.Th. (1992), Two gonadotropin-releasing hormones from the African catfish (*Clarias gariepinus*). *Biochem. Biophys. Res. Commun.* 187: pp. 127-134.

Bowers, M.J. (1992), Annual reproductive cycle of oocytes and embryos of yellowtail rockfish *Sebastes flavidus* (Family Scorpaenidae). *Fishery Bulletin*, 90 (2): pp. 231-242.

Bradai, M.N. and Bouain, A. (1991), Reproduction de *Scorpaena porcus* (Linné, 1758) et de *Scorpaena scrofa* (Linné, 1758) (Pisces, *Scorpaenidae*) du Golfe de Gabes. *Obelia*, 17 : pp. 167-180.

Carosfeld, J., Sherwood, N.M., Kreiberg, H. and Soawer, S.A. (1988), Induced sexual maturation of herring using GnRH α 'quick release' cholesterol pellets. *Aquaculture*, 70 : pp. 169-181.

Carrijo, L.C., Andrich, F., De Lima, M.E., Cordeiro, M.N., Richardson, M. and Figueiredo, S.G. (2005), Biological properties of the venom from the scorpionfish *Scorpaena plumieri* and purification of a gelatinolytic protease. *Toxicon* (45): pp. 843-850.

Carrillo, M., Zanuy, S., Prat, F., Cerda, J., Ramos, J., Mananos, E. and Bromage, N. (1995), Sea bass (*Dicentrarchus labrax*). In: Bromage, N.R., Roberts, R.J. (Eds.), Broodstock Management and Egg and Larval Quality. Blackwell, Oxford, pp. 138-168.

Celik, E. and Bircan, R. (2004), An investigation on the reproduction characteristics of the black scorpion fish (*Scorpaena porcus* Linnaeus, 1758) in Dardanelles. *Firat Universitesi, Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, Elazig*, 16: pp. 327-335.

Chasin, M. and Langer, R. (1990), Biodegradable polymers as drug delivery systems. In: Swarbrick, L. (Ed.), Drugs and the Pharmaceutical Sciences, Vol. 45, Marcel Dekker, New York, pp. 347-365.

Crim, L.W., Sutterlin, A.M., Evans, D.M. and Weil, C. (1983), Accelerated ovulation by pelleted LHRH analogue treatment of spring-rainbow trout (*Salmo gairdneri*) held at low temperatures. *Aquaculture*, 35: pp. 299-307.

Curtis, C. L., Harwood, J. L., Dent, C. M. and Caterson, B. (2004), Biological basis for the benefit of nutraceutical supplementation in arthritis. *Drug Discovery Today*, 9(4): pp 165-172.

Dabrowski, K., Ciereszko, A., Ramseyer, L., Culver, D. and Kestemont, P. (1994), Effects of hormonal treatment on induced spermiation and ovulation in the yellow perch (*Perca flavescens*). *Aquaculture*, 120: pp. 171-180.

Donaldson, E.M. and Hunter, G.A. (1983), Induced final maturation, ovulation and spermiation in cultured fishes. In: Hoar, W.S., Randall, D.J., Donaldson, E.M. (Eds.), Fish Physiology. Reproduction, Vol IXB, Academic Press, Orlando, FL: pp. 351-403.

Dulcic, J., Jug-Dujakovic, J., Bartulovic, V., Glamuzina, B., Haskovic, E. and Skaramuca, B. (2007), Embryonic and larval development of Largescaled scorpionfish *Scorpaena scrofa* (Scorpaenidae). *Cybium*, 31(4): pp. 465-470.

Edmonson, W.T. (1965), Reproductive rate of plankton rotifers as related to food and temperature in nature. *Ecol. Monogr.* 35: pp. 61-111.

Erickson, D.L. and Pikitch, E.K. (1993), A histological description of shortspine thornyhead, *Sebastolobus alascanus*, ovaries-structures associated with the production of gelatinous egg masses. *Environmental Biology of Fishes*, 36 (3): pp 273-282.

Eschmeyer, W.N. (1986), Scorpaenidae. In Smith, M.M. and Heemstra, P.C. (Ed.), *Smiths' sea fishes*. Springer-Verlag, Berlin, pp. 463-478.

Eschmeyer, W.N. and Dempster, L.J. (1990), Scorpaenidae. In Quero, J.C., Hureau, J.C., Karrer, C., Post, A. and Saldanha, L. (Ed.) *Check-list of the fishes of the eastern tropical Atlantic (CLOFETA)*. JNICT, Lisbon; SEI, Paris; and UNESCO, Paris. Vol. 2. pp. 665-679.

FAO (2007), The State of World Fisheries and Aquaculture 2006, available at: <http://www.fao.org/docrep/009/a0699e/A0699E00.HTM>

Farkas, T., Csengeri, I., Majoros, F. and Oláh, J. (1977), Metabolism of Fatty Acids in Fish I. Development of Essential Fatty Acid Deficiency in the Carp, *Cyprinus carpio* Linnaeus 1758. *Aquaculture*, 11. pp. 147-157.

Fontenele, O. (1995), Injecting pituitary (hypophyseal) hormones into fish to induce spawning. *Prog. Fish-Cult.*, 18: pp. 71-75.

Fujita, H. and Kohada, M. (1996), Male mating effort in the viviparous scorpionfish, *Sebastes marmoratus*. *Ichthyological Research*, 43 (3): pp. 247-255.

Georgiu, G. and Stephanou, A. (2000), Recent experiences on the culture of rabbitfish *Siganus rivulatus* in Cyprus. *CIHEAM, Cahiers Options Mediterranee*, 47: pp. 295-301.

Globefish (2007), European Price Report, Issue 01/07. p. 11, available at: <http://www.nmfs.noaa.gov/sfa/PartnershipsCommunications/tradecommercial/document/s/epr-01-2007.pdf>

Gianfranco, R. and Massimo, S. (1996), A Model for the Optimal Management of Sea Bass *Dicentrarchus labrax*. *Aquaculture. Marine Resource Economist*, Volume 11: pp. 267-286.

GISSI-Prevenzione Investigators (Gruppo Italiano per lo Studio della Sopravvivenza nell'Infarto miocardico) (1999), Dietary supplementation with n-3 polyunsaturated fatty acids and vitamin E after myocardial infarction: *Results of the GISSI-Prevenzione trial. Lancet*, 324: pp. 447-455.

Gorshkov S., Gorshkova G., Meiri I. and Gordin. H. (2004), Culture performance of different strains and crosses of the European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) reared under controlled conditions in Eilat, Israel. *J. Appl. Ichthyol.*, 20: pp. 194-203.

Gothilf, Y., Elizur, A. and Zohar, Y. (1995a), Three forms of gonadotropin-releasing hormone in gilthead seabream and striped bass: physiological and molecular studies. In: Goetz, F.W., Thomas, P. (Eds.), *Reproductive Physiology of Fish* (1995). Fish Symposium 95, Austin, Texas, pp. 52-54.

Gothilf, Y., Chow, M., Elizur, A. Chen, T.T. and Zohar, Y. (1995b), Molecular cloning and characterization of a novel gonadotropin-releasing hormone from gilthead seabream (*Sparus aurata*). *Mar. Mol. Biol. Biotech.*, 4: pp. 27-35.

Haddad, V., Martins, I.A. and Makayama, H.M. (2003), Injuries caused by scorpionfishes (*Scorpaena plumieri* Bloch, 1789; *Scorpaena brasiliensis* Cuvier, 1829) in the Southwestern Atlantic Ocean (Brazilian coast): epidemiologic, clinic and therapeutic aspects of 23 stings in humans. *Toxicon*, 42 (1): pp. 79-83.

Haffray, P., Tsigeonopulos, C.S., Bonhomme, F., Chatain, B., Magoulas, A., Rye, M., Triantafyllidis, A. and Triantafyllidis, C. (2006), European Sea bass – *Dicentrarchus labrax*. *Genimpact Workshop 12-17.06.2006*, Viterbo: pp. 40-46.

- Halstead, B.W., Auerbach, P.S. and Campbell, D.R. (1990), *A Color Atlas of Dangerous Marine Animals*. Wolfe Medical Publications Ltd, W.S. Cowell Ltd, Ipswich, England. P. 192.
- Harmelin-Vivien, M.L., Kaim-Malka, R.A., Ledoyer, M. and Jacob-Abraham, S.S. (1989), Food partitioning among scorpaenid fishes in Mediterranean seagrass beds. *Journal Fish Biology*, 34: pp. 715-734.
- Hodson, R. and Sullivan, C.V. (1993), Induced maturation and spawnin of domestic and wild striped bas, *Morone saxatilis* (Walbaum), broodstock with implanted GnRH analogue and injected hCG. *Aquacult. Fish. Manage.*, 24: pp. 389-398.
- Hong, W. and Zhang, Q. (2002), Artificial propagation and breeding of marine fish in China. *Chinese Journal of Oceanology and Limnology*, Volume 20, Number 1.
- Hsu, T.T.P. and Langer, R. (1985), Polymers for the controlled release of macromolecules: Effect of molecular weight of ethylene-vinyl acetate copolymer. *J. Biomed. Mater. Res.*, 19: pp. 445-460.
- Hureau, J.-C. and Litvinenko, N.I. (1986), Scorpaenidae, in Whitehead, P.J.P., Bauchot, M.-L., Hureau, J.-C., Nielsen, C. and Tortonese, E. (Ed.) *Fishes of the North-eastern Atlantic and the Mediterranean*, UNESCO, Paris. Vol 3. pp. 1211-1229.
- IGFA (2001). Database of IGFA angling records until (2001). IGFA, Fort Lauderdale, USA, available at: <http://www.igfa.org/>.
- Imamura, H. (2005), Phylogenetic relationship and new classification of the superfamily Scorpaenoidea (Actinopterygii: Perciformes). *Species Divers* 9: pp. 1-36.
- Ito, T. (1960), On the culture of mixohaline rotifer *Brachionus plicatilis* O.F.Muller in the sea water. (Jap., Engl. Summary). Rep. Fac.Fish. Prefect, Univ.Mie, 3: pp. 708-740.
- Jardas, I. (1996). *The Adriatic Ichthyofauna*. Zagreb, textbook in Croatian: p. 533.
- Jug-Dujakovic, J., Dulcic, J. and Kraljevic, M. (1995), Preliminary data on embryological and larval development of black scorpionfish *Scorpaena porcus* (Linnaeus, 1758). *Biljeske-Notes*, Inst.Oceanogr.Fish., 78: pp. 1-8.
- Katavic, I. (1984), Induced spawning and culture of early life history stages of sea bass *Dicentrarchus labrax* (Linneus, 1758) and gilthead sea bream *Sparus aurata* (Linneus, 1758). PhD thesis, University of Zagreb. p. 197.
- Kimura, S., Tsukamoto, Y. and Koichiro, M. (1989), Early developmental stages of the scorpaenid fish, *Scorpaena miostoma*, reared in the laboratory. *Ichthyological Research*, 35 (4): pp. 434-439.
- King, C.E. (1966), Food, age and the dynamics of a laboratory population of rotifers. *Ecology*, 48: pp. 111-128.

King, J.A. and Millar, R.P. (1995), Evolutionary aspects of gonadotropin-releasing hormone and its receptors. *Cell.Mol. Neurobiol.*, 15: pp 5-23.

King, J.A. and Millar, R.P. (1997), Coordinated evolution of GnRHs and their receptors. In: Parhar, I.S., Sakuma, Y. (Eds.), *GnRH Neurons: Gene to Behavior*. Brain Shuppan Publishing, Tokyo, pp. 51-78.

King, J.A., Dufour, S., Fontaine, Y.A. and Millar, R.P. (1990), Chromatographic and immunological evidence for mammalian GnRH and chicken GnRH II in eel (*Anguilla Anguilla*) brain and pituitary. *Peptides* 11: pp. 506-514.

Koca, H.U. (2002), The determination of gonadosomatic index and flesh productivity of Scorpion Fish (*Scorpaena porcus* Linne., 1758). *Turkish Journal of Veterinary & Animal Sciences*, 26 (1): pp. 61-64.

Koca, U. (2002), A Study on the Determination of Some Parameters of the Scorpion Fish (*Scorpaena porcus* Linné, 1758) Caught by Bottom Nets in the Area of Sinop, in Terms of Fishery Biology. *Turkish Journal of Veterinary & Animal Sciences*, 26: pp. 65-69.

Koya, Y. and Munoz, M. (2007), Comparative study on ovarian structures in scorpaenids: possible process of reproductive mode. *Ichthyological Research*, 54 (3): pp. 221-230.

Kucska, B., Pál, L., Müller, T., Bódis, M., Bartos, Á., Wágner, L., Husvéth, F. and Bercsényi, M. (2006), Changing of fat content and fatty acid profile of reared pike (*Esox lucius*) fed two different diets. *Aquaculture Research*, 37, pp. 96-101.

Lam, T.J. (1982), Applications of endocrinology to fish culture. *Can. J. Aquat. Fish. Sci.* 39: pp. 11-137.

La Mesa (2005), A revised description of *Scorpaena maderensis* (Scorpaenidae) by means of meristic and morphometric analysis. *Cambridge Journals*, Cambridge University Press 85: pp. 1263-1270.

La Mesa, M., La Mesa, G. and Micalizzi, M. (2005), Age and growth of madeira scorpionfish *Scorpaena maderensis*, Valenciennes, 1833, in the central Mediterranean. *Fisheries Research*, 74: pp. 265-272.

Lalwani, K. (1995), Animal toxins – Scorpaenidae and stingrays. *British Journal of Anaesthesia*, 75 (2): pp. 247-247.

Langer, R. (1991), Polymer implants for drug delivery in the brain. *J. Controlled Release*, 16: pp. 53-60.

Lenarz, W.H. and Echeverria, T.W. (1991), Sexual dimorphism in *Sebastes*. *Environmental Biology of Fishes*, 30 (1-2): pp. 71-80.

Lewis, D.H. (1990), Controlled release of bioactive materials from lactide/glycolide polymers. In: Chasin, M., Langer, R. (Eds.), *Biodegradable Polymers as Drug Delivery Systems*. Marcel Dekker, New York, pp. 1-41.

Linnaeus, C. (1758), *Systema Naturae*, Ed. X. (*Systema naturae per regna tria naturae, secundum classes, ordines, genera, species, cum characteribus, differentiis, synonymis, locis*. Tomus I. Editio decima, reformata.) Holmiae. *Systema Nat.* ed. 10 v. 1: i-ii + 1-824. [Nantes and Pisces in Tom. 1, pp. 230-338; a few species on later pages. Date fixed by ICZN, Code Article 3.]

Lubzens, E., Zmora, O., Barr, Y. (2001), Biotechnology and aquaculture of rotifers. *Hydrobiologia*, 446/447: pp. 337-353.

Matic-Skoko, S., Dulcic, J., Krajevic, M., Tutman, P. and Pallaoro, A. (2008), Recent Status of Coastal Ichthyocommunities Along the Croatian Coast. *43rd Croatian and 3rd International Symposium on Agriculture. Opatija. Croatia*. Pp. 737-741.

McLean, E., Parker, D.B., Warby, C.M., Sherwood, N.M. and Donaldson, E.M. (1991), Gonadotropin release following oral delivery of luteinizing-releasing hormone and its superactive analogue (des-Gly¹⁰(D-Ala⁶) LHRH ethylamide) to 17 β -oestradiol-primed coho salmon, *Oncorhynchus kisutch* (Walbaum). *J. Fish Biol.*, 38: pp. 851-858.

Meseda, M.E. and Samira, S.A. (2006), Spawning induction in the Mediterranean grey mullet *Mugil cephalus* and larval development stages. *African Journal of Biotechnology*, Vol. 5 (19): pp. 1836-1845.

Morte, S., Redon, M.J. and Sanz-Brau, A. (2001), Diet of *Scorpaena porcus* and *Scorpaena notata* (Pisces: Scorpaenidae) in the Western Mediterranean. *Chaiers de Biologie Marine*, 42 (4) pp. 333-344.

Munoz, M. and Casadevall, M. (2002), Reproductive indices and fecundity of *Helicolenus dactylopterus dactylopterus* (Teleostei: *Scorpaenidae*) in the Catalan Sea (western Mediterranean), available at: <http://journals.cambridge.org/>

Munoz, M., Casadevall, M. and Bonet, S. (1999), Annual reproductive cycle of *Helicolenus dactylopterus dactylopterus* (Teleostei: *Scorpaeniformes*) with special reference to the ovaries sperm storage. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 79 (3): pp. 521-529.

Munoz, M., Casadevall, M. and Bonet, S. (2002a), Gametogenesis of *Helicolenus dactylopterus dactylopterus* (Teleostei, *Scorpaenidae*). *SARSIA*, 87 (2): pp. 119-127.

Munoz, M., Casadevall, M. and Bonet, S. (2002b), Testicular structure and semicystic spermatogenesis in a specialized ovuliparous species: *Scorpaena notata* (Pisces, *Scorpaenidae*). *Acta Zoologica*, 83 (3): pp. 213-219.

Munoz, M., Casadevall, M. and Bonet, S. (2002c), The ovarian morphology of *Scorpaena notata* shows a specialized mode of oviparity. *Journal of Fish Biology*, 61. pp. 877-887.

Munoz, M., Sabat, M., Vila, S. and Casadevall, M. (2005), Annual reproductive cycle and fecundity of *Scorpaena notata* (Teleostei : *Scorpaenidae*). *Scientia Marina*, 69 (4): pp. 555-562.

Mylonas, C.C., Woods III, L.C., Thomas, P. and Zohar, Y. (1998), Endocrine profiles of female striped bass (*Morone saxatilis*) during post-vitellogenesis, and induction of final oocyte maturation via controlled-release GnRHa-delivery systems. *Gen. Comp. Endocrinol.*, 110: pp. 276-289.

Mylonas, C.C., Hinshaw, J.M., and Sullivan, C.V. (1992), GnRHa-induced ovulation of brown trout (*Salmo trutta*) and its effects on egg quality. *Aquaculture*, 106: pp. 379-392.

Nagasawa, T. (2000), Early life history of kitsune-mebaru, *Sebastes vulpes* (Scorpaenidae), in the sea of Japan. *Ichthyological Research*, 47 (3-4): pp. 311-320.

Nagasawa, T. and Domon, K. (1997), The early life history of kurosoi, *Sebastes schlegeli* (Scorpaenidae), in the Sea of Japan. *Ichthyological Research*, 4 (2-3): pp. 237-248.

Ohta, H., Kagawa, H., Tanaka, H., Okuzawa, K. and Hirose, K. (1996), Milk production in the Japanese eel, *Anguilla japonica* induced by repeated injections of human chorionic gonadotropin. *Fish. Sci.*, 62: pp. 44-49.

Ohta, H., Kagawa, H., Tanaka, H., Okuzawa, K., Imura, N. and Hirose, K. (1997), Artificial induction of maturation and fertilization in the Japanese eel, *Anguilla japonica*. *Fish. Physiol. Biochem.*, 17: pp. 163-169.

Ohta, H. and Tanaka, H. (1997), Relationship between serum levels of human chorionic gonadotropin (hCG) and 11-ketotestosterone after a single injection of hCG and induced maturity in the male Japanese eel, *Anguilla japonica*. *Aquaculture*, 153: pp. 123-134.

Okada, H., Doken, Y., Ogawa, Y. and Toguchi, H. (1994a), Preparation of three-month depot injectable microspheres of leuprolerin acetate using biodegradable polymers. *Pharm. Res.* 11: pp. 1143-1147.

Okada, H., Yamamoto, M., Heya, T., Inoue, Y., Kamei, S., Ogawa, Y. and Toguchi, H. (1994b), Drug delivery using biodegradable microspheres. *J. Control. Release*, 28: pp. 121-129.

Okumura, S., Okamoto, K., Oomori, R., Nakazono, A. (2006), Spawning behavior and fertilization in captive reared red spotted grouper. *Aquaculture*, 206: pp. 165-173.

Okuzawa, K., Granneman, J., Bogerd, J., Goos, H.J.Th., Zohar, Y. and Kagawa, H. (1997), Distinct expression of GnRH genes in the red seabream brain. *Fish. Physiol. Biochem.* 17: pp. 71-79.

Oláh, J., Farkas, T. és Csengeri, I. (1987), Halfogasztás és egészség - nélkülözhetetlen zsírsavak a halhúsban. *Halászat*, 33: pp. 161-163.

Pankhurst, N.W. and van der Kraak, G. (1997), Effect of stress of reproduction and growth of fish. In: Iwama, G.K., Pickering, A.D., Sumpter, J.P., Schreck, C.B. (Eds.), *Fish Stress and Health in Aquaculture*. Cambridge Univ. Press, Cambridge, pp. 73-93.

Pankhurst, N.W., van der Kraak, G. and Peter, R.E. (1986), Effects of human chorionic gonadotropin, DES-GLY¹⁰ (D-ALA⁶) LHRH-ethylamide and primozide on oocyte final maturation, ovulation and levels of plasma sex steroids in the walleye (*Stizostedion vitreum*). *Fish Physiol. Biochem.*, 1: pp. 45-54.

Peter, R.E. and Yu, K.L. (1997), Neuroendocrine regulation of ovulation in fishes: basic and applied aspects. Reviews in *Fish Biology and Fisheries* 7, pp. 173-197.

Powell J.F.F., Zohar, Y., Elizur, A., Park, M., Fisher, W.H., Craig, A.G., Rivier, J.F., Lovejoy, D.A. and Sherwood, N.M. (1994), Three forms of gonadotropin-releasing hormone characterized from brains of one species. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 91: pp. 12081-12085.

Regan, C. T. (1906), Descriptions of new or little known fishes from the coast of Natal. *Annals of the Natal Government Museum* v. 1 (pt 1): 1-6, Pls. 1-5.

Rhine, W.D., Hsieh, D.S.T. and Langer, R. (1980), Polymers for sustained macromolecule release: procedures to fabricate reproducible delivery systems and control release kinetics. *J. Pharm. Sci.* 69: pp. 265-269.

Risso, A. (1810). *Ichthyologie de Nice, ou histoire naturelle des poissons du département des Alpes Maritimes*. F. Schoell, Paris. *Ichthyol. Nice*: I-XXXVI + 1-388, Pls. 1-11.

Roche, E.T. and Halstead, B.W. (1972), The Venom Apparatus of California Rockfishes (Family Scorpaenidae). *Courtesy of Scripps Institution of Oceanography Library*, available at: <http://scilib.ucsd.edu/sio/>.

Sato, N., Kawazoe, I., Shiina, Y., Furukawa, K., Suzuki, Y. and Aida, K. (1995), A novel method of hormone administration for inducing gonadal maturation in fish. *Aquaculture*, 135: pp. 51-58.

Sato, N., Kawazoe, I., Suzuki, Y. and Aida, K. (1997), Development of an emulsion prepared with the lipophilized gelatin and its application for hormone administration in the Japanese eel, *Anguilla japonica*. *Fish Physiol. Biochem.*, 17: pp. 171-178.

Scheffer, M., Carpenter, S. and De Young, B. (2005), Cascading effects of overfishing marine systems. *Trends in Ecology & Evolution*, 20(11): pp. 579-581.

Schneider, W. (1990), FAO species identification sheets for fishery purposes. *Field guide to the commercial marine resources of the Gulf of Guinea*. Prepared and published with the support of the FAO Regional Office for Africa. FAO, Rome, p. 268.

Seymour, L.W., Duncan, R., Duffy, J., Ng, S.Y. and Heller, J. (1994), Poly(ortho ester) matrices for controlled release of the antitumour agent 5-fluorouracil. *J. Controlled Release*, 31: pp. 201-206.

Serhan, C.N., Gotlinger, K., Hong, S. and Arita, M. (2004), Resolvins, docosatrienes, and neuroprotectins, novel omega-3-derived mediators, and their aspirin-triggered endogenous epimers: an overview of their protective roles in catabasis. *Prostaglandins Lipid Mediators*, 73: pp. 155-172.

Sherwood, N.M. and Adams, B.A. (2005), Gonadotropin-Releasing Hormone in Fish: Evolution, Expression and Regulation of the GnRH Gene, in: Melamed, P. and Sherwood, N. (Ed.), *Hormones and Their Receptors in Fish Reproduction (Molecular aspects of Fish and Marine Biology – Vol.4)*. World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd. London, England, pp. 1-39.

Sherwood, N.M., Eiden, L., Brownstein, M., Spiess, J., Reveir, J., Vale, W. (1983), Characterization of a teleost gonadotropin-releasing hormone. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 80: pp. 2794-2798.

Sherwood, N.M., Crim, L.W., Carosfeld, J. and Walters, S.M. (1988), Sustained hormone release. I. Characteristics of in vitro release of gonadotropin-releasing hormone analogue (GnRH-A) from pellets. *Aquaculture*, 74: pp. 75-86.

Sherwood, N.M., Parker, D.B., McRory, J.E. and Lescheid, D.W. (1994), Molecular evolution of growth hormone-releasing hormone and gonadotropin-releasing hormone. In: Sherwood, N.M., Hew, C.L. (Eds.), *Fish Physiology. Molecular Endocrinology of Fish*, Vol. XIII, Academic Press, New York, pp. 3-66.

Slater, C., Schreck, C.B. and Swanson, P. (1994), Plasma profiles of the sex steroids and gonadotropins in maturing female spring chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*). *Comp. Biochem. Physiol.* 109A: pp. 167-175.

Sogard, S.M., Gilbert-Horvath, E., Anderson, E.C., Fisher, R., Berkeley, S.A. and Garza, J.C. (2008), Multiple paternity in viviparous kelp rockfish, *Sebastes atrovirens*. *Environmental Biology of Fishes*, 81 (1): pp. 7-13.

Solar, I.I., McLean, E., Baker, I.J., Sherwood, N.M. and Donaldson, E.M. (1990), Short communication: induced ovulation of sablefish (*Anoplopoma fimbria*) following oral administration of desGly¹⁰-(D-Ala⁶) LH-RH ethylamide. *Fish Physiol. Biochem.*, 8: pp. 497-499.

Sparta, A. (1941), Contributo alla conoscenza di uova, stadi embrionali e post-embrionali negli Scorpaenidi. II. *Scorpaena prcus* L. *Arch. Oceanogr. Limnol.*, 1: pp. 109-115.

Sparta, A. (1942), Contributo alla conoscenza di uova, stadi embrionali e post-embrionali negli Scorpaenidi. II. *Scorpaena scrofa* III. *Scorpaena ustulata* Lowe. IV. *Scorpaena dactyloptera* De La Roche. *Arch. Oceanogr. Limnol.*, 1: pp. 116-134.

Su, H.M., Su, M.S. and Liao, I.C. (1997), Collection and culture of live foods for aquaculture in Taiwan. *Hydrobiologia*, 358 (1-3): pp. 37-40.

Sullivan, C.V., Berlinsky, D.L. and Hodson, R.G. (1997), Reproduction. In: Harrel, R.M. (Ed.), *Striped Bass and Other Morone Culture*. Elsevier, New York, ddpp. 11-73.

Szabó, T. (2000), A szaporodás neuroendokrin szabályozása. Halbiológia és haltenyésztés. (egyetemi tankönyv) Szerkesztő: Horváth László. Mezőgazda Kiadó, Budapest, pp. 194-205.

Takahashi, H., Takano, K. and Takemura, A. (1991), Reproductive cycles of *Sebastes taczanowskii*, compared with those of other rockfishes of the genus *Sebastes*. *Environmental Biology of Fishes*, 30 (1-2): pp. 23-29.

Tapiero, H., Nguyen-Ba, G., Couvreur, P. and Tew, K.D. (2002), Polyunsaturated fatty acids (PUFA) and eicosanoids in human health and pathologies. *Biomed. Pharmacother*, 56: pp. 215-222.

Terofal, F. és Wendler, F. (1996), *Tengeri halak az európai vizekben*. Magyar Könyvklub, Budapest, pp. 178-179.

Theilacker, G.H. and McMaster, M.F. (1971), Mass culture of the rotifer *Brachionus plicatilis* and its evaluation as a food for larval anchovies. *International Journal on Life in Oceans and Coastal Waters*, 10 (2): pp. 183-188.

Thomas, P. and Boyd, N.W. (1989), Dietary administration of an LHRH analogue induced spawning of spotted seatrout (*Cynoscion nebulosus*). *Aquaculture*, 80: pp. 363-370.

Van Der Elst, R. (1993), *A guide to the common sea fishes of southern Africa*. (3.rd Ed.). Struik Publishers, Cape Town, p. 398.

Van Der Land, J., Costello, M.J., Zavodnik, D., Santos, R.S., Porteiro, F.M., Bailly, N., Eschmeyer, W.N. and Froese, R. (2001), Pisces, in: Costello, M.J. *et al.* (Ed.), *European register of marine species: a check-list of the marine species in Europe and a bibliography of guides to their identification*. Collection Patrimoines Naturels, 50: pp. 357-374.

Vila, S., Munoz, M., Sabat, M. and Casadevall, M. (2007), Annual cycle of stored spermatozoa within the ovaries of *Helicolenus dactylopterus dactylopterus* (Teleostei: Scorpaenidae). *Journal of Fish Biology*, 71 (2), pp. 596-609.

Vine, P. (1986), *Red Sea Safety – Guide to Dangerous Marine Animals*. Immel Publishing, pp. 74-76.

Weber, G.M., Powell, J.F.F., Park, M., Fisher, W.H., Craig, A.G., Rivier, J.E., Nanakorn, U., Parhar, I.S., Grau, E.G. And Sherwood, N.M. (1997), Evidence that gonadotropin-releasing hormone (GnRH) functions as a prolactin-releasing factor in teleost fish (*Oreochromis mossambicus*) and primary structures for three native GnRH molecules. *J. Endocrinol.* 132: pp. 2360-2370.

Weil, C. and Crim, L.W. (1983), Administration of LHRH analogues in various ways: effect on the advancement of spermiation in prespawning landlocked salmon, *Salmo salar*. *Aquaculture*, 35: pp. 103-115.

White, D.B., Wyanski, D.M. and Sedberry, G.R. (1998), Age, growth and reproductive biology of the blackbelly rosefish from the Carolinas, U.S.A. *Journal of Fish Biology*, 53: pp. 1274-1291.

Wourms, J.P. (1991), Reproduction and development of *Sebastes* in the context of the evolution of piscine viviparity. *Environmental Biology of Fishes*, 30 (1-2): pp. 111-126.

Yagishita, N., Kai, Y., Yamasaki, A. and Nakabo, T. (2007), Sexual dimorphism in *Sebastes owstoni* (*Scorpaenidae*) from the Sea of Japan. *Ichthyological Research*, 54 (2): pp. 198-206.

Yoneda, M., Miura, H., Mitsuhashi, M., Matsuyama, M. and Matsuura, W. (2000), Sexual maturation, annual reproductive cycle, and spawning periodicity of the scorpionfish, *Scorpaenodes littoralis*. *Environmental Biology of Fishes*, 58 (3): pp. 307-319.

Zohar, Y. (1989), Fish reproduction: its physiology and artificial manipulation. In: Shilo, M., Sarig, S. (Eds.) *Fish Culture in Warm Water Systems: Problems and Trends*. CRC Press, Boca Raton, pp. 65-119.

Zohar, Y. (1996), New approaches for the manipulation of ovulation and spawning in farmed fish. *Bull. Natl. Res. Inst. Aquacult. Suppl.*, 2: pp. 43-48.

Zohar, Y. and Mylonas, C.C. (2001), Endocrine manipulations of spawning in cultured fish: from hormones to genes. *Aquaculture*, 197: pp. 99-136.

Zohar, Y., Pagelson, G., Gothilf, Y., Dickhoff, W.W., Swanson, P., Duguay, S., Gombotz, W., Kost, J. and Langer, R. (1990), Controlled release of gonadotropin releasing hormones for the manipulation of spawning in farmed fish. *Controlled Release Bioact. Mater.*, 17: pp. 51-52.

Honlapok:

Agrárgazdasági Kutató és Informatikai Intézet. www.akii.hu

FAO. www.fao.org

Fishbase. www.fishbase.org

Helter Skeletons Ltd. www.helterskeletons.com/bones.htm

MarBEF (European Marine Biodiversity Research Sites). www.marbef.org

Reed Mariculture: www.reed-mariculture.com

The Taxonomicon: www.taxonomicon.taxonomy.nl

www.seafarm.com/rotifer/info.asp

Tézispontok

1. A kis sziklahal (*Scorpaena porcus*) észak-adriai populációjában (a természetes ivási időszakok után) extrém ivararányt állapítottam meg. Az ikrások : tejesek aránya 9:1.
2. A sziklahalak ivarszerv metszete alapján megállapítottam, hogy aszinkron petefészekkel rendelkeznek, mely lehetőséget ad egy időszakon belül többszöri szaporításra is.
3. Ponty hipofízis injekciók segítségével mindkét vizsgált sziklahal fajnál gametogenezist sikerült indukálnom. Nagy sziklahalnál (*S. scrofa*) érett petesejteket, kis sziklahal esetében pedig érett hímivarsejteket és petesejteket sikerült nyernem.
4. Kis sziklahalnál több esetben sikeres termékenyítést hajtottam végre száraz technikával.
5. Kis sziklahal lárvákat 9 napos korukig tudtam felnevelni. Megállapítottam, hogy a szakirodalom állításával ellentétben a lárvák a szikzacskó felszívódása után nem planktonikus, hanem bentikus életmódot folytatnak és táplálékukat is az aljzaton keresik.

Thesis Points

1. I observed (after the natural spawning season) extreme sex ratio at the North-Adriatic population of Black scorpionfish (*Scorpaena porcus*). Female : male ratio was 9:1.
2. After microscopic investigation of scorpenid sexual organs, I found that they have asynchronous ovary, which fact enables them to be bred several times during one breeding season.
3. I managed to induce at both investigated scorpenid species with carp hypophyseal extract injections. I managed to gain mature ova at Largescaled scorpionfish (*S. scrofa*), while mature sperms and ova at Black scorpionfish (*S. porcus*).
4. I managed to achieve successful fertilization at Black scorpionfish using dry technique.
5. I was able to raise the larvae of Black scorpionfish until the age of 9 days. I observed that after the absorption of their yolk sacs, contrary to the relevant literature, stating a planktonic behaviour, the larvae were actively searching for prey on the bottom, that applies rather for a benthic lifestyle.

Köszönetnyilvánítás

Szeretnék köszönetet mondani Prof Dr. Bercsényi Miklósnak, akitől a téma kiválasztásában és a kísérletek megtervezése és lebonyolítása során a legtöbb segítséget kaptam. Köszönöm az egyetem akvakultúra csoportjának, Szűcs Rékának, Budaházi Attilának és Merth Jánosnak a vizsgálatok során nyújtott segítségét. Köszönettel tartozom az Aquarium Pula munkatársainak, Dr. Milena Micicnek (Ph.D.), Neven Ivesanak, valamint a Neptun Búvárközpontnak, ezen belül is Barócsi Sándornak, Bíró Józsefnek és Varró Ákosnak a kísérleti halak begyűjtésében nyújtott segítségért. Köszönöm a Tropicarium munkatársainak, Farkasdi Tamásnak, Predrag Curcicnek és Horváth Sándornak a kísérleti halak elhelyezésében és tartásában nyújtott segítséget. Köszönöm dr. Tóth Zoltánnak hogy lehetővé tette a mikroszkópos felvételek elkészítését. Végezetül szeretném megköszönni szüleimnek, és kislányomnak hogy mindvégig támogatták erőfeszítéseimet.

Melléklet – Publikációs lista

A disszertáció témakörében megjelent publikációk

Tudományos folyóiratban megjelent cikkek

Németh, Sz., Budaházi, A., Szűcs, R. and Bercsényi, M. (2009, Accepted), Out of the season artificial propagation of the black scorpionfish (*Scorpaena porcus* L.) in captivity. *Mediterranean Aquaculture Journal*.

Szakmai folyóiratban megjelent cikkek

Németh, Sz., Budaházi, A., Szűcs, R. és Bercsényi, M. (2008), Egy földközi-tengeri sziklahal faj (*Scorpaena porcus*) mesterséges szaporítása. *Halászat*, Vol. 101, pp. 83-88.

Németh, Sz., Budaházi, A., Szűcs, R. és Bercsényi, M. (2009), A kis sziklahal (*Scorpaena porcus*) extrém ivararánya, és az ivarszervek mikroszkópos felépítése. *Állattenyésztés és Takarmányozás*, Vol.58(1): pp. 89-96.

Tudományos előadások, posztterek

Németh, Sz., Budaházi, A., Szűcs, R. és Bercsényi, M. (2008), Extrém ivararányok a kis sziklahalnál (*Scorpaena porcus*), valamint az ivarszervek mikroszkópos szerkezete. *XIV. Ifjúsági Tudományos Fórum, Keszthely*, CD kiadvány, 6.

Németh, Sz., Budaházi, A., Szűcs, R. és Bercsényi, M. (2008), Ivarérlelési és szaporítási kísérletek fogságban tartott kis sziklahalon (*Scorpaena porcus*). *XIV. Ifjúsági Tudományos Fórum, Keszthely*, CD kiadvány, 7.

Németh, Sz. és Bercsényi, M. (2008), Megfigyelések a kis sziklahal (*Scorpaena porcus*) indukált ivarérlelése, spermiációja és ovulációja során. *I. Gödöllői Állattenyésztési Tudományos Napok, Gödöllő*, CD kiadvány, 668-676.

Németh, Sz., Budaházi, A., Szűcs, R. és Bercsényi, M. (2008), A kis sziklahal (*Scorpaena porcus*) különleges ivararánya, és ivarszerveinek mikroszkópos vizsgálata. *XXXII. Halászati Tudományos Tanácskozás, Szarvas*, Abstract book, p. 37.

Németh, Sz., Budaházi, A., Szűcs, R. és Bercsényi, M. (2008), A kis sziklahal (*Scorpaena porcus*) indukált ivarérlelése és szaporítási kísérlete. *XXXII. Halászati Tudományos Tanácskozás, Szarvas*, Abstract book, p. 45.

Németh, Sz., Budaházi, A., Szűcs, R. és Bercsényi, M. (2008), Egy Adriai-tengeri sziklahal faj (*Scorpaena porcus*) ivararányának megállapítása, valamint az ivarszervek mikroszkópos felépítése. *XI. Tavaszi Szél Konferencia, Budapest*, Konferencia kiadvány, p. 326.

Németh, Sz., Budaházi, A., Szűcs, R. és Bercsényi, M. (2008), A kis sziklahal (*Scorpaena porcus*) indukált ivarérlelése és mesterséges szaporítása. *XI. Tavaszi Szél Konferencia, Budapest*, Konferencia kiadvány, p. 327.

Németh, Sz., Budaházi, A., Szűcs, R. és Bercsényi, M. (2008), A kis sziklahal (*Scorpaena porcus*) ivarszerveinek mikroszkópos felépítése, és a fajon belüli extrém ivararány. *50. Jubileumi Georgikon Napok, Keszthely*, CD kiadvány.

Németh, Sz., Budaházi, A., Szűcs, R. és Bercsényi, M. (2008), Az adriai-tengeri kis sziklahal (*Scorpaena porcus*) mesterséges szaporításában elért hazai eredmények. *50. Jubileumi Georgikon Napok, Keszthely*, CD kiadvány.

A disszertáció témakörétől eltérő publikációk

Szakmai folyóiratban megjelent publikációk

Bódis, M., Ittész, I., **Németh, Sz.** és Bercsényi, M. (2008), Új, magyar módszer a mesterséges süllőszaporításban - az ikrás halak ivarnyílásának szaporítás előtti elzárása. *Halászat*, Vol. 101, pp. 6-7.

Tudományos előadások, poszterek

Németh, Sz., Bódis, M., Ittész, I. és Bercsényi, M. (2007), Új, kíméletes eljárás ikrás halak ivarnyílásának szaporítás előtti elzárására. *XXXI. Halászati Tudományos Tanácskozás, Szarvas*, Abstract book, p. 13.

Könyvek

Farkas, J. és **Németh, Sz.** (2009), *Az Adriai-tenger élővilága. Bevezetés a tengerbiológiába*. Pauz-Westermann Kiadó, Celldömölk, ISBN 963 9432 15 6.