



INTÉZMÉNYI TUDOMÁNYOS DIÁKKÖRI KONFERENCIA

2023. november 22.

A KLÓRMÉSZ FELHASZNÁLÁSI LEHETŐSÉGEINEK VIZSGÁLATA A PLANKTONSZELEKCIÓ TERÜLETÉN

Investigating the potential uses of chlorme lime in plankton selection

Készítette: **Bartos István**
WLJPKF
Mezőgazdasági mérnök alapképzés
Nappali tagozat
Szent István Campus

Témavezetők: Dr. Csorbai Balázs, tudományos munkatárs,
Akvakultúra és Környezetbiztonsági Intézet

Dr. Horváth László, professzor emeritus, Akvakultúra
és Környezetbiztonsági Intézet, Halgazdálkodási Tanszék

Lehetséges OTDK- szekció: Agrártudományi szekció

**Gödöllő
2023.**

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés.....	4
2. Célkitűzések	5
3. Szakirodalmi áttekintés	6
3.1. Trendek a világ haltenyésztésében	6
3.2. A haltenyésztés története a világban.....	7
3.3. Trendek a magyar haltenyésztésben	8
3.4. Haltenyésztés története Magyarországon	9
3.5. Tógazdasági haltenyésztés.....	10
3.5.1. A ponty szaporodása	10
3.5.2. Természetszerű szaporítási módok	12
3.5.3. Indukált halszaporítás	12
3.5.4. Előnevelés	13
3.6. A vízi élettájak bemutatása	16
3.7. A legfontosabb planktonikus élőlény csoportok bemutatása	17
3.7.1. Rotatoria törzs	17
3.7.2. Cladocera rend.....	17
3.7.3. Copepodák osztálya.....	18
3.8. A planktonszelekció.....	19
3.8.2. Vegyszeres planktonszelekció	21
3.9. A klórmész.....	22
3.10. Kísérleti szervezetek.....	24
3.10.1. Daphnia magna.....	24
3.10.2 Zebradánio.....	24
4. Anyagok és módszerek.....	25
4.1. törzsoldat készítése.....	25
4.2. Kísérletek bemutatása.....	26
4.2.1. Első kísérlet	26
4.2.2. Második kísérlet	27
4.2.3. Harmadik kísérlet	28
4.2.4. Negyedik kísérlet.....	28
4.2.5. Ötödik kísérlet	29
4.2.6. Hatodik kísérlet	31
5. Eredmények és értékelésük	32
5.1. Első kísérlet eredménye.....	32
5.2. Második kísérlet eredménye.....	32
5.3. Harmadik kísérlet eredménye.....	33

5.4. Negyedik kísérlet eredménye	34
4.5. Ötödik kísérlet eredménye.....	35
5.6 Hatodik kísérlet eredménye.....	35
5.7. Következtetések és javaslatok	37
6. Összefoglalás.....	39
7. Köszönetnyilvánítás	41
8. Irodalom jegyzék.....	42

1. Bevezetés

A tavi ivadéknevelés hatékonyságának fontos szerepe van a magyar tógazdasági haltermelésében, mivel gyakran ez a nevelési fázis limitáló szerepet tölt be a teljes haltenyésztési folyamatban. A kontrolált, indukált, keltetőházi szaporítás képes előállítani szükséges mennyiségű táplálkozni kezdő lárvát, azonban a tavi nevelési folyamat első szakasza, az ún. előnevelés gyakran nagyon alacsony megmaradással jár.

A kutatás és a gyakorlat feltárta azokat a legfontosabb feltételeket, amelyek megléte szükséges az eredményes előneveléshez. Ezek közül két ökológiai tényező kiemelt jelentőséggel bír: a ragadozó, planktonikus rákok megjelenése (elsősorban a *Copepoda* alosztályba tartozó fajok), illetve a megfelelő méretű indító táplálék szervezetek jelenléte és azok mennyisége (Antón-Pardo 2015). Előbbi esetben ezek a ragadozó fajok akár 100%-os mortalitás képesek okozni, valamint a haszonhalak táplálékkonkurensei (Boltizár 2017). Utóbbi azért különösen fontos, mert nagyon speciális táplálékra van szüksége például a frissen kelt ponty esetében: lassú mozgású, magas víztartalmú, saját emésztőenzim termeléssel rendelkező állati táplálék jelenléte kell az ivadék megmaradásához. Ezeket a feltételeket a hazai halastavi ökoszisztémában elsősorban egyes kerekességek (*Rotifera* törzsbe tartozó élőlények) teljesítik. Ez a csoport elsősorban a planktonszukcesszió első fázisában (frissen kialakuló élőhelyeken) van jelen nagy tömegben. Az új, vagy frissen elárasztott élőhelyeken ez a fázis csak rövid ideig tart (vízhőmérséklettől függően 5-15 nap). Ezt követően a planktonikus rákok szaporodnak el nagy tömegben. Ez azonban már nem káros, sőt szükséges is, mivel a halivadék számára ebben a korban már szükség van erre a nagyobb méretű, tápanyagban gazdagabb élelemforrásra (Horváth 1985). A fent vázolt két problémát a múlt század hetvenes éveiben kidolgozott, majd szinte azonnal nagyüzemileg alkalmazott vegyszeres planktonszelekció egy lépésben megoldotta és hatékonyan növelte a zsenge ivadék megmaradását azáltal, hogy az alkalmazott szerves foszforsavészter kezelés eltávolította a ragadozó *Copepoda* fajokat és más veszélyes rovarlárvákat (szitakötő és csíkbogár lárvák), ugyanakkor nem károsította a kerekességek állományát, sőt a halakra is kevésbé voltak veszélyesek (Tamás & Horváth 1975). A különböző hatóanyagokról, így a szerves foszforsavészterekről is időközben kiderült, hogy hosszútávon még körültekintően alkalmazva is károsíthatják akár az élővilágot, akár fogyasztókat, ezért a hatóságok egyre több típust vontak ki a forgalmazásból. Így 2020-ban lényegében az utolsó ilyen hatóanyagú növényvédőszer is eltűnt a piacról. A halászati ágazat azóta is keresi a megfelelő hatóanyagot, mely képes betölteni ezt a szerepet.

Az alkalmazandó vegszerrel szembeni követelmények:

1. legyen gyorsan lebomló, hogy a későbbi plankton „lépcsők” kialakulását ne gátolja
2. legyen drasztikus hatású a planktonikus rákokra, különösen a *Copepodákra*
3. legyen olyan széleskörben használt hatóanyag, melynek betiltása vélhetően sohasem fog bekövetkezni
4. legyen olcsó: egy szezonban többször is és nagyobb tófelületekre is gazdaságosan alkalmazható
5. a kezelést követően ne keletkezzenek káros, a vízi környezetben felhalmozódni képes szermaradványok
6. a kezelő személyzetre, az egyszerű munkavédelmi előírások betartása mellett ne legyen veszélyes

Az elmúlt években több hatóanyagot is teszteltek a kutatók (szintetikus és természetes piretroidok, ezüstnitrát stb.), de ezek kezdeti bízató eredmények után a gyakorlati felhasználásban már nem váltották be a hozzájuk fűzött reményeket.

A fent említett feltételeket a por alakú kalcium-hipoklorit (klórmész) is kielégíti, így potenciálisan megfelelő vegyület a korábban vázolt célok elérésére. Vizes közegben gyorsan elveszíti toxikus hatását, a háztartási felhasználásra hatékony fertőtlenítő hatása miatt évszázadok óta népszerű, olcsó és könnyen szállítható, tárolható. Az akvakultúrában más célokra is régóta alkalmazzák. A klórmész könnyen redukálódik, a hatását elveszítve a bomlástermék (mész) a tavakban kifejezetten előnyös. A gyakorlati felhasználására voltak már kísérletek de bizonyos alapparaméter ismeretének hiánya kudarcra ítélte ezeket vizsgálatokat.

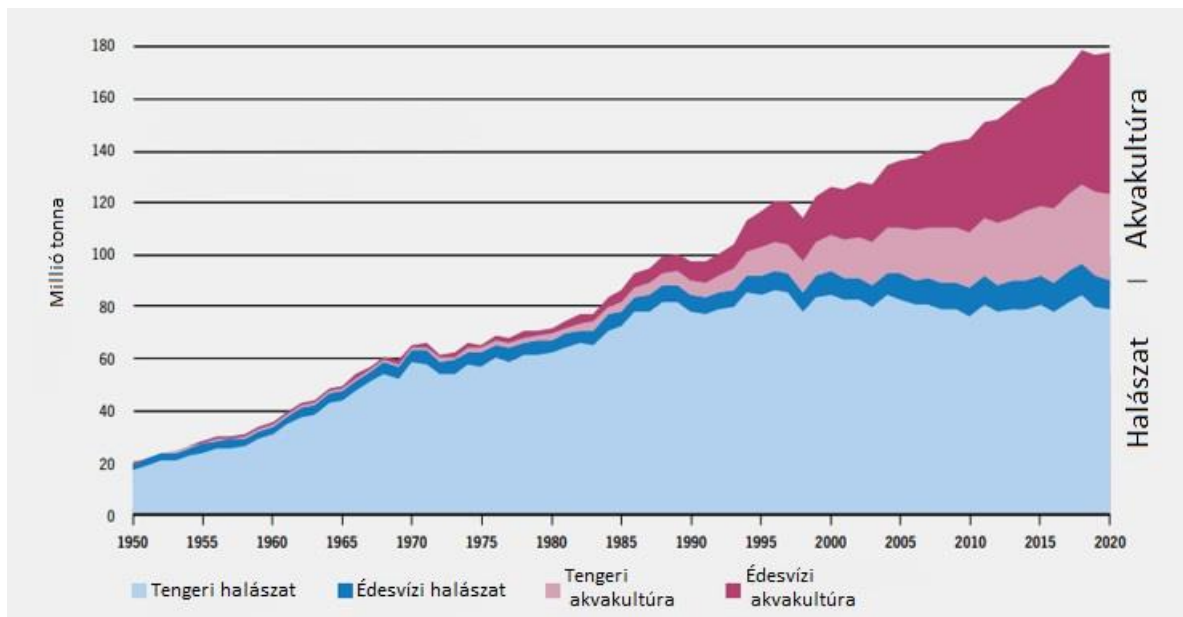
2. Célkitűzések

Munkám során célul tűztem ki, hogy elvégezzem azokat a mai napig hiányzó laboratóriumi vizsgálatokat, melyek a klórmész planktonszelekcióra történő alkalmazását megalapozhatják.

3. Szakirodalmi áttekintés

3.1. Trendek a világ haltenyésztésében

Az akvakultúra ágazat a világ legváltozatosabban művelhető állattartási formája a tenyésztett fajok számát és a módszerek sokszínűségét tekintve (Metian et al., 2019). A haltenyésztés napjainkban egy kiemelt fontossággal bíró ágazat, amely által kiváló minőségű táplálékhoz juthatnak az emberek (FAO 2000). A világ haltermelése folyamatosan növekvő tendenciát mutat, amit mi sem bizonyít jobban, hogy 2020-ban a tenyésztett halak mennyisége megközelítette az 57,5 millió tonnát, melynek összértéke kb. 146 milliárd USD volt. 1990-hez viszonyítva 2020-ra az akvakultúrában évente megtermelt hal mennyisége 609%-kal növekedett (1. ábra). A növekedés átlagos üteme évente hozzávetőlegesen 6,7%-ra tehető, ez pedig tanúbizonyságot tesz a haltermelés fontosságáról és az akvakultúra töretlen fejlődéséről. Világviszonylatban az ázsiai akvakultúra fejlődött a legnagyobb mértékben, azonban az európai haltermelés fellendülése is jelentős (FAO 2022). A világon elfogyasztott hal mennyiségének a fele akvakultúrából származik (Calixto, et al., 2020). A világ legnagyobb mennyiségben előállított édesvízi halfajainak élén az amur (*Ctenopharyngodon idella* Cuvier & Valenciennes, 1844) áll melynek éves termelése megközelíti a hatmillió tonnát. Világviszonylatban nagy jelentőséggel bír továbbá a busa (*Hypophthalmichthys molitrix* Valenciennes, 1844), a nílusi tilápia (*Oreochromis niloticus* L.) és a ponty (*Cyprinus carpio* L.). A sósvízi fajok közül az atlanti lazac (*Salmo salar* L.) áll az első helyen, évente közel hárommillió tonnát állítanak belőle elő. Fontos szerepet játszik a tengeri akvakultúrában a tejhal (*Chanos chanos* Forsskål, 1775), a különböző tengeri pér fajok (*Mugilidae*), valamint az aranydurbincs (*Sparus aurata* L.) (FAO 2022).



1. ábra a világ halfogása és haltermelése 1950 és 2020 között (FAO 2022)

3.2. A haltenyésztés története a világban

A hal és az ember kapcsolata évezredes múltra tekint vissza. Kezdetekben a vadászat mellett a halak zsákmányolása is fontos élelemszerzési forma volt. A tudatos, tervszerű haltenyésztés csak jóval később alakult ki, amikor különböző népcsoportok táplálkozási igényeit elégítették ki a tenyésztett halakkal. Ilyen értelemben vett haltenyésztésről az ókori Kína és a Római Birodalom idejéről visszamaradt első írásos emlékei alapján beszélhetünk. Tehát a haltenyésztés két kultúrközpontból származik. Eleinte csak a felesleges halzsákmány tárolására alkalmas tavakban, úgynevezett piscinákban tartották azok elfogyasztásáig. Később, megfigyelések alapján rájöttek, hogy a könnyen alkalmazkodó fajokat szaporítani is tudják. Érdekes módon mindkét helyen a ponty került a figyelem középpontjába. A ponty háziiasítását (domesztikációját) kontinensünkön a középkori kereszténység centrumaiban élő szerzeteseknek köszönhetjük (Horváth, et al., 2000).

Napjainkban az egészséges táplálkozás egyre nagyobb szerepet játszik az emberek életében. A halhúst az egészséges élelmiszerek közé soroljuk, mivel kitűnő, könnyen emészthető fehérjeforrás, valamint magas biológiai értékű aminosavakból épülnek fel. A halhúsban lévő telítetlen zsírsavak kifejezetten jó hatással vannak az egészségre. Ezek közül is ki kell emelni a többszörösen telítetlen omega-3 zsírsavat, ami részt vesz a sejthártyák felépítésében és nélkülözhetetlen az anyagcsere-folyamatokban. Gyulladáscsökkentő hatása sem elhanyagolható, ízületi, emésztőrendszeri gyulladások kezelésére használható (Sandor, et al., 2011). A szív- és érrendszeri betegségek is megelőzhetőek, mivel különösen magas az

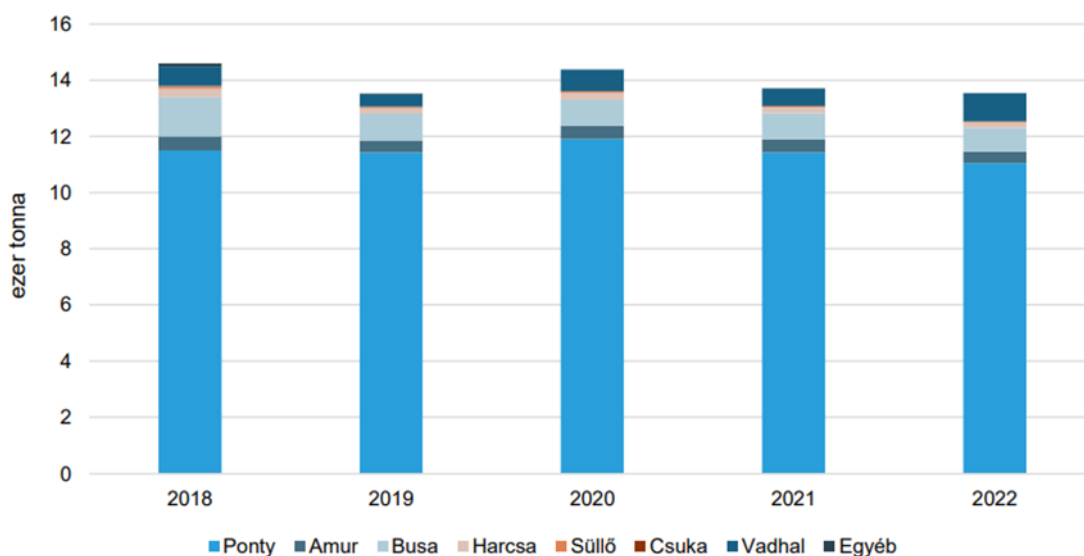
eikozapentaénsav (EPA), valamint a dokozahexaénsav (DHA) tartalma. Ezek a zsírsavak hozzájárulhatnak az egészséges szív- és érrendszer fenntartásához, mivel csökkenthetik a magas vérnyomást, a trigliceridszintet és a szívbetegségek kockázatát (Bíró 2008).

A táplálkozás fejlődése és a halhús fogyasztás pozitív élettani hatásai miatt az elmúlt hét évtized alatt a világ halászati és akvakultúra haltermelése 19 millió tonnáról 179 millió tonnára emelkedett (FAO, 2022).

3.3. Trendek a magyar haltenyésztésben

2022-ben a halastavak művelési ágában összesen 30 042 hektár tóterület szerepelt a nyilvántartásban. Ebből az üzemelt tóterület nagysága 25 514 hektár volt. Magyarországon a 2022-es évben az üzemelő halastavak 66,7 százalékán étkezési haltermelés folyt, 21,6 százalékán növedékhal-termelés, 7,8 százalékán ivadéknevelés, míg a fennmaradó 3,9 százalékot a termelők egyéb célra hasznosították. A korábbi évekhez képest általában elmondható, hogy a teljes tóterület mintegy 90 százaléka üzemelt. Azonban 2022-ben a használatba lévő tóterület nagysága 85 százalékra csökkent. A 2022-es év jelentős károkat okozott a halastavakban az ország számos területén az általános aszályos időjárás végett. Már 2021-ben is tapasztalható volt a csapadékhiány, ami 2022-ben tovább súlyosbodott. Az aszály eredményeként rendkívüli vízhiány alakult ki a hazai tógazdaságokban. A vízhiány leginkább azokat a Dunántúlon és az Észak-Alföldön található völgyzárógátas tógazdaságokat érintette, ahol a tavak feltöltése gravitációs módon patakokból történik és a vízgyűjtő területen nem esett elegendő csapadék. A tógazdasági haltermelés Magyarországon regionális jellegzetességekkel rendelkezik, mivel az ország különböző területein végeznek haltermelést. A hazai halhústermelés jelentős részét három fő régióban folytatják évek óta változatlanul. 2022-ben is az Észak-Alföldön, Dél-Alföldön és Dél-Dunántúlon állították elő a haltermelés teljes mennyiségének 82,8 százalékát. Ha vármegyei szinten nézzük az adatokat, akkor megállapítható, hogy a legnagyobb mennyiségű halat Bács-Kiskun megyében termelték. 2022-ben is a magyarországi halgazdálkodás legfontosabb halfaja a ponty volt. Az étkezési célú pontytermelés 3,3%-kal maradt el az előző évhez képest. A tógazdaságokban előállított étkezési célú haltermelés 81,6 %-át az étkezési ponty teszi ki. Az elmúlt 5 év során az étkezési ponty mennyisége közel azonos volt, 11–12 ezer tonna között ingadozott. 2020-ban érték el a legmagasabb étkezési korosztályú pontytermelést (11,9 ezer tonnát), míg 2022-ben a legkevesebbet 11,1 ezer tonnát, a többi évben pedig kb. 11,4–11,5 ezer tonnát állítottak elő. Az étkezési célra lehalászott növényevő halfajok közül az amur adta a termelés 3 %-át, míg a busa

6,2%-át tette ki 2022-ben (2. ábra). A ragadozó halfajok (csuka (*Esox lucius*), harcsa (*Silurus glanis*), süllő (*Zander lucioperca*)) volumene 2022-ben 238,4 tonna volt, ami az előző évihez képest több mint 10,5 százalékos visszaesést jelentett. Halgazdálkodási célú vízterületek telepítésére 2021-ben 2200 tonna halat, 2022-ben pedig 1719 tonnát értékesítettek a termelők. Hazánkban intenzív rendszerekben megtermelt hal mennyisége a 6174 tonnát érte el, ami az előző évhez képest 9 százalékos növekedést jelentett. Az étkezési célra előállított hal mennyisége 4827 tonna volt 2022-ben. Az intenzív rendszerekben való termelés 94 százalékát az afrikai harcsa (*Clarias gariepinus*) tette ki. Ezen kívül tokféléket, valamint szivárványos pisztrángot (*Oncorhynchus mykiss*) is termeltek. Emellett növekvő tendenciát mutat a szürkeharcsa és süllő mennyiségének előállítása is a zárt rendszerekben. (Kiss 2023)



2. ábra a hazai termelt halfajok megoszlásának változása 2018 és 2022 között (Kiss 2023)

3.4. Haltenyésztés története Magyarországon

Hazánkban a haltenyésztés kultúrája, ritka kivételtől eltekintve (Tatai Öreg-tó) nem nyúlik a régmúlta vissza. Ugyan vannak emlékeink egészen a honfoglalásig visszamenően halászattal kapcsolatos adatokról, azonban nem is volt szükség a haltenyésztésre a kedvező vízrajzi viszonyok miatt. Vizeink halbősége természetes úton keletkezett. A hazánkat körülölelő magas hegységekből érkező csapadék évente többször elöntötte az alföldi vidékeket, ami kedvezett az őshonos halfajok szaporodásának. Ezek a területek könnyen felmelegedő, növényvel benőtt, táplálékban gazdag vizek tökéletes közeget kínáltak az ivadék számára. Az áradások levonulásával az ivadék visszajuthatott a folyókba és tavakba, ezzel biztosítva a halak

következő generációját. A Kárpát-medence halgazdagságáról volt híres. Az 1850-es évek folyamszabályozási munkálatai tönkretették ezt a kedvező életteret. A halászattal kapcsolatos foglalkozások folyamatos hanyatlásnak indultak. Herman Ottó felismerte ezt a jelenséget és a tudatos haltenyésztés tudományát kezdte szorgalmazni a hazai halállományok megóvása érdekében. Ezt egy fellendülés követte az ágazatban, ahol a nagybirtokosság körében divattá vált a halastavak építése, valamint szaklapot adtak ki (Halászat) (Horváth, et al., 2000). A második világháború mérhetetlen károkat okozott a halgazdálkodásban. A halastavak töltéseinek, műtárgyainak körülbelül 80%-a megsemmisült. Az élelmiszerhiány miatt a halastavainkat és természetes vizeinket is kizsákmányolták. Az ezt követő években, évtizedekben a magyar halgazdálkodás hánytatott sorsú lett. A mélypontok után gyors ütemű, nagy szabású fejlődések következtek az ágazatban, majd ismét nehézségeken kellett átküzdeniük magukat a tógazdáknak. A 20. század végi változások felnyitották az ágazat résztvevőit, hogy változtatásra, fejlesztésekre, nagyszabású marketingprogramokra, piacbővítésre van szükség. Eközben a kereskedelmi szerkezetben és a vásárlási szokásokban is jelentős változások történtek. A nagy nemzetközi áruházláncok meghódították a kiskereskedelmet. A hipermarketek széles választékukkal és sajátos üzletpolitikájukkal komoly hatást gyakoroltak az árakra. Ezzel párhuzamosan a hagyományos halárusító üzletek nagy része leépült vagy bezárt (Hancz 2007).

Ilyen történelmi múlt után nem csoda, hogy az egy főre jutó halhúsfogyasztás csak a 6,4 kilogrammot éri el. (KSH 2021) Messze elmarad az uniós 24 kilogrammos átlaghoz képest (Internet 1). 2021-ben, összesen 21,2 ezer tonna halat állítottak elő a hazai termelők (KSH 2021).

3.5. Tógazdasági haltenyésztés

3.5.1. A ponty szaporodása

A halakra különösen nagy mennyiségű ivartermék termelése jellemző, aminek oka, hogy a korai fejlődés során számos veszteség lép fel, amelyet különböző fizikai, kémiai és biológiai tényezők okoznak. Az ikra, amelyet általában a szülők nem védelmeznek, fokozottan veszélyeknek van kitéve, például ragadozók fogyaszthatják el, toxikus anyagok érhetik, stb. Ezeket a veszteségeket a halak rendkívül sok utóddal kompenzálják. A halaknál kizárólag az ivaros szaporodás jellemző, amely során az utódok a különböző nemű szülőktől származó ivarsejtjeik egyesülésével jönnek létre. A szaporodás teljes folyamata magában foglalja az életfolyamatokat, amelyek az utódok kialakulásához szükségesek. Az ivarsejteket (gamétákat),

amelyekből a következő generáció fejlődik ki az ivarszervek (gonádok) termelik. A szorosan kapcsolódó ivarszervek és a belső elválasztású mirigyrendszer specifikus részei mellett az eredményes ivarsejtképzéshez az egész szervezet zavartalan működése is elengedhetetlen (pl.: megfelelő anyagcsere). Az optimális külső környezetfeltételek is szükségesek a szaporodási rendszer hatékony működéséhez. Bármilyen kedvezőtlen külső vagy belső tényező az elsők között zavarhatja meg a szaporodási funkciókat a szervezetben. A halak változó testhőmérsékletű (poikilotherm) állatok, azaz életműködéseiket, aktivitásukat a külső környezet hőmérséklete határozza meg. A nagy mennyiségű ivartermék (petesejt, hímivarsejt) együttes fejlődését nem kizárólag a hőmérséklet, hanem sok más környezeti tényező (pl. a tápanyag ellátottság, az oldott oxigén mennyisége stb). is nagyban befolyásolja. A sikeres szaporodáshoz tehát összetett belső és külső feltétel együttes jelenléte szükséges (Horváth et al. 2000). Mivel hazánkban a legnagyobb mennyiségben előállított és legnagyobb gazdasági jelentőséggel bíró halfaj a ponty (Kiss 2023), ezért szeretném a szaporodását részletesebben ismertetni, példáján keresztül bemutatni a halak szaporodását.

A ponty ivarééréséhez a mérsékelt égövön, tehát hazánkban is 4-5 év szükséges. A hazai környezeti feltételek mellett évente egyszer, ciklikusan képesek szaporodni. Ez az időszak tavasz végére, nyár elejére tehető, amikor a víz hőmérséklete eléri vagy meghaladja a kritikus 17 °C-t, az oxigéntartalom pedig a 5-6 mg/l-t. A sikeres ívás feltétele továbbá, hogy az anyahalak találjanak finom szálú növényvel benőtt aljzatot. Az oldott sótartalom csökkenését okozó áradások, valamint a melegfrontok által okozott légnyomásváltozás is a sikeres szaporodást támogatja. Amikor ezek az környezeti feltételek kialakulnak, akkor beszélhetünk úgynevezett ívási környezetről. Ekkor a felkészült, ivarérett halak a partmenti sekélyebb vizekbe húzódnak, ahol csoportosan ívnak. A ponty ikrája ragadós, így az ikraszemek valamilyen növényre tapadnak. A pontylárva keléséhez 60-70 napfok szükséges (Bokor et al. 2020). Ehhez körülbelül 3-4 napra van szükség 20-25 °C-on, majd a lárva az ikrából kikel. A lárva a kelést követően még nem táplálkozik, hanem mozdulatlanul függeszkedik a növényzeten. A 3-4. nap után tölti meg úszóhólyagját levegővel és apró, lassan mozgó planktonikus élőlényeket kezd el fogyasztani (Hancz 2007). Fizikai, kémiai, valamint biológiai tényezők tizedelik meg a lárvákat. Szülői védelem nélkül a frissen kikelt lárvák könnyen sebezhető zsákmányként szolgálnak a mikro- és makroragadozók számára, toxikus hatások érhetik őket, berakódhatnak iszappal, stb. (Bokor et al. 2020) Kb. 28 napos korára minden szerve elnyeri végleges formáját, kialakul a szaporodási folyamat végeredménye, a pontyivadék (Hancz 2007).

3.5.2. Természetszerű szaporítási módok

Ezeknek a módszereknek lényege, hogy a termelő lemásolja a természetes szaporodáshoz szükséges környezetet, tehát mesterségesen teremti meg a feltételeket a sikeres íváshoz. Az egyik legrégebbi természetszerű szaporítási mód a kistavas ívás, amit Dubics Tamás dolgozott ki a XIX. században (Dubics-módszer). A módszer lényege, hogy kisméretű, sekély tavakat szárazon tartanak nyáron, így azok befüvesednek. Tavasszal elárasztják és betelepítik az anyahalakat. Ha kedvező az időjárás, akkor megtörténik az ívás. Az ívást követően eltávolítják az anyákat, majd a kelést követő 10-12 nappal lehalásszák az ivadékokat (Horváth et al., 2000). Magyarországon a Dubics-módszernél sokkal kockázatosabb, alacsonyabb hatású nagytravi ívás technikáját alkalmazták széles körben. Ennek a módszernek a lényege, hogy nagyobb, akár 10-30 hektáros tóba helyezik az anyahalakat (1-2 ikrás és 2-3 tejes/ ha), ahol megfelelő ívási környezetet alakítanak ki. Ebben az esetben fontos a szakszerű tölőkészítés, mivel a szaporulatot csak ősszel, egynyaras korban halásszák le. Jóval kevesebb ivadékokat nyerhetünk, de kevesebbet kell évközben foglalkozni velük és kevesebb szakértelmet igényel. (Bokor et al. 2020) A XX. század közepén ugrásszerűen megnőtt a kereslet az előnevelt ivadékok iránt, ezért a szaporítási és ivadéknevelési technológiák fejlesztésére egyre nagyobb hangsúlyt helyeztek. A mesterséges szaporítás módszerének sokáig a pontyikra ragadóssága szabott határt. A frissen ovulált pontyikra felszínét ragadós vegyületek veszik körül, melyek azt biztosítják, hogy az ikraszemek ne az iszapba hulljanak, hanem a vízben lévő növényekhez tapadjanak. Így a felszín közeli, oxigéndús környezetben fejlődhetnek. Azonban az ikra ezen tulajdonsága okoz nehézséget szaporításkor, mivel az ikraszemek egymáshoz tapadnak és az így képződött csomókban oxigénhiány alakul ki, ami miatt az ikrában lévő embriók elpusztulnak. Kezdetben a szülőktől lefejt ivartermékekkel elvégezték a megtermékenyítést, majd a megtermékenyített ikrát különböző aljzatokra helyezték ki és védett körülmények közt keltették. Ennél az átmeneti módszernél az egymáshoz sűrűn kihelyezett és összetapadt ikrák közt a vízi penészgombák (*Saprolegnia*) okoztak nagy károkat (Horváth et al., 2000).

3.5.3. Indukált halszaporítás

A szaporítás fejlesztésének következő lépcsőfoka a hipofizálás módszere volt. Hipofizáláson azt a hormonális indukciót értjük, amelynek az aktív hatóanyaga a gonadotrop hormon (GtH). A módszert Rodolfo von Ihering brazil kutató dolgozta ki az 1930-as évek első felében (Sevignani 2020). A hipofizálás az 1940-es években terjedt el a gyakorlatban. A hipofízis kivonata azonnal vagy tartósítást követően is felhasználható (Horváth et al. 2000). A

hipofizálás célja az ívás kiváltásának stimulálása más halak agyalapi mirigyéből kinyert hipofizis kivonattal. A hormonális kezelés hatására a kezelt halak az ívási környezet hiányában is leadták ivartermékeiket. A keltetőházi szaporításban óriási áttörést jelentett, mikor Woynárovich Elek 1961-63 között az ikra ragadosságának megszüntetésére sikeresen alkalmazott karbamidos-konyhasós oldatot (Horváth et al. 2000). Ezt a termékenyítő vagy más néven Woynárovich-oldatot úgy készítjük, hogy 10 liter vízben 40 gramm konyhasót és 30 gramm karbamidot oldunk fel (Bokor et al. 2020). A hipofizálás és az ikrák ragadosságának megszüntetése megteremtették a keltetőházi szaporítás biológiai és technológiai feltételeit. A módszert az évek során tökéletesítették, így napjainkra a ponty tenyésztés szinte kizárólagos módszerévé vált, illetve fajokként eltérő módosításokkal a népesítő anyag előállítási módszer alapját képezi (Horváth et al. 2000). A halak reprodukcióját szabályozó kulcsfontosságú hormon a GnRH (gonadotropin felszabadító hormon), ezért a mesterségesen előállított hormonkészítmények is alkalmasak indukált halszaporításhoz. A GnRH serkenti a gonadotropin hormonok (GTH) szintézisét és felszabadulását az elülső agyalapi mirigyből, így elősegíti az oogenezist és a spermatogenezist a gonádokban a nemihormonok termelésének serkentésével (Honji et al. 2019). Az árusított hormonkészítmények közül, ideértve a ponty agyalapi kivonatot (CPE), az hCG-t, a GTH-t, a GnRH-t, a GnRH α -t, az Ovatidet, az Ovaryprimot, az Ovaprimet, az Ovopelt, az Ovupin-L-t, az Ovulint és az Aquaspawnt, a legelterjedtebbek. Fontos, hogy ezek segítségével folyamatosan, fenntarthatóan lehet biztosítani a népesítőanyag ellátást (Sahadan 2022). Vizsgálatok azt bizonyítják, hogy 1-1,5 Ovopel golyó testtömegkilogrammonként elegendő ahhoz, hogy 100%-os teljes ovulációt érjenek el. Az Ovopel az általuk vizsgált pontyfajok többségénél 100%-os teljes beérést váltott ki, az oltástól számított válaszüdő, 4 óra 50 perctől 9 óráig terjedt (Das 2004)

3.5.4. Előnevelés

Az indukált szaporítás során előállított ivadékokat a táplálkozás megkezdése után előnevelő tavakba helyezik ki. Az erre a célra kialakított és szakszerűen előkészített tavak nagyban befolyásolják az ivadékok fejlődését, megmaradását. Nem minden tó alkalmas előnevelés céljára. Teljes mértékben csak a kifejezetten erre a célra épített tavak alkalmasak, hisz sok szempontnak meg kell megfelelniük. Fontos, hogy ne legyenek túl nagyok (néhány ezer m²), kiváló vízellátással kell rendelkezniük a gyors vízcsere érdekében. A medernek a lecsapoló műtárgyhoz kell lejtjenie a maradéktalan vízleengedés és a sikeres lehalászás érdekében. Az

árasztó és lecsapoló műtárgyak jó állapotúak kell, hogy legyenek. Könnyen megközelíthető helyen kell elhelyezkedniük a gyors beavatkozást lehetővé téve.

Az előnevelés folyamatának részletes ismertetése előtt érdemes egy kicsit bővebb beszélni a halastavak termelésre való felkészítéséről. A tavi haltenyésztés éves munkálataiban fontos szerepet játszik a szakszerű tóelőkészítés. Ebbe a témába beletartozik a tavak technikai és természetbiológiai felkészítése a következő szezon termelésére, továbbá a víz alkalmassá tétele a kihelyezni kívánt halállományok fogadására. A tóelőkészítést két fázisra bontható, őszi és téli munkálatokra. Az ősszel lehalászott tavakat lehetőség szerint télire, egészen tavaszig szárazon tartják a természetes tápláléktermő képesség, valamint a tófenék regenerálódása céljából. A szárazon állás idején a partvédelmet javítani kell. Ha egy tó éveken keresztül víz alatt áll észrevehetően csökken a termelőképesége, gyakoribbá válnak a halbetegségek, biológiai egyensúlya könnyen felborulhat, valamint a halágy és a lecsapoló műtárgy környéke eliszapolódik, ezzel nehezítve a halászatot. Az évek alatt felhalmozódó vastag iszaprétegből mérgező gázok szabadulhatnak fel, például kén-hidrogén vagy ammónia. Ezek hirtelen sok hal elhullásához vezethetnek. Ez szárazon tartott időszak növeli a tó élettartamát, fokozzák a termőképeségét, elősegítik a megújulását és növelik a termelés biztonságát. Az elburjánzott növényzetet télen célszerű levágni, majd kihordani, amikor a tófenék fagyott állapotban van. Az ilyenkor kitermelt növényzetet a hőerőművek felvásárolják, ezzel profitra tehetünk szert. A töltésen növő fákat, bokrokat is ki kell irtani, mivel rongálják a töltést. Ilyenkor kell elvégezni továbbá a belső halágyak kotrását, valamint a műtárgyak karbantartását. Esetleges járatokat a partoldalban be kell tömni. A lehalászás után maradt kopolyákban vadhalállományok telelhetnek át, amennyiben nem fagy be teljesen vagy nem hordják el a madarak. Ezért fontos feladat eltávolítani belőlük a halakat. Amennyiben tehetjük érdemes tárcsázni a tófenéket, ezzel is elősegítve az oxidációs folyamatok lejárását, káros szervezetek elpusztulását. A tavaszi munkálatok során a vizenyős területeken vegyszeres kezelést kell végezni. Ezt tehetjük nagyadagú klórmésszel, oltott vagy égetett mésszel, az a fontos, hogy hatásos kezelést végezzünk az esetlegesen életben maradt gyomhalak, káros szervezetek ellen. Ezek a szerek hamar elvesztik hatásukat és a termelés szempontjából értékes vegyületekké alakulnak. A mészvegyületek növelik a víz pufferkapacitását (Horváth, et. al., 2022 144). A tóelőkészítés folyamán nemcsak a tómedret kell előkészítenünk, hanem a tóvizet is alkalmassá kell tennünk a termelésre. Ezért tavasszal, a frissen feltöltött tavakban a halak telepítése előtt el kell végezni az tápanyag pótlását, ami nagy mennyiségű szerves trágya, valamint nitrogén- és foszfor műtrágyák egyenletes szétosztásából áll. A száraz tómederre költséghatékonyabb szerves trágyát teríteni mint, a felárasztott tóban széthordani. A száraz tófenékre kihordott trágya

hatóanyaga (N- tartalom) viszont abban az esetben csökkenhet, ezért érdemes közvetlenül árasztás előtt trágyázni. A műtrágyákat érdemes közvetlenül az árasztóvízbe oldani, mert így hasznosul a leggyorsabban. A szuperfoszfát rosszul oldódik, ezért csónakból, egyenletesen célszerű kijuttatni a tó egész területén. A szárazon álláskor beadott mészs egy része beoldódik, ezzel is fokozza a biológiai termelőképességét a tónak. Ha nincs lehetőségünk meszezni a tófenecket, akkor az árasztóvízbe kell beadagolni. Az első, tavaszi nagy adagú trágyázást előkészítő trágyázásnak nevezzük. A szezon további, kisebb trágyaadag kijuttatását fenntartó trágyázásnak nevezzük. A trágyázással teremthetjük meg a tóban élő alacsonyabb rendű növényi és állati szervezeteknek azt a környezetet, amelyben azok gyorsan szaporodhatnak. Ezzel lehet a tóban nevelt halak számára a természetes táplálékot, a legolcsóbb fehérjeforrást biztosítani. A szerves trágyázáshoz a legtöbb helyen a nagy mennyiségben termelődő és olcsó sertés trágyát alkalmazzák. A tápanyag pótlására legalkalmas a szarvasmarhatrágya. A szezon közbeni fenntartó trágyázás leghatékonyabb módja a hígtrágya alkalmazása, mivel gyorsan hasznosul. A fito-és zooplankton a halak folyamatosan fogyasztják. Ezek a táplálékszervezetek gyorsan felélik a rendelkezésükre álló tápanyagot, ezért érdemes a lehető leggyakrabban végezni a trágyázást. Jó termelési eredményeket csak nagy mennyiségű és hosszú ideig meglévő zooplankton és zoobentoszszint mellett érhetünk el. A gyakori szerves trágyaadagolásnak további kedvező hatásai is vannak. A trágyázás hatásai gyorsan jelentkeznek. A trágyában lévő apró részecskéket az alsóbbrendű rákok és a rovarlárvák egy része képes kiszűrni és azokból értékes fehérjét állítanak elő (Horváth, et al., 2000).

Visszatérve a tavi előnevelési technológia részletes ismertetéséhez elmondható, hogy az ivadékhalak kihelyezése előtt a tavakból kaszáljuk, majd eltávolítjuk az elszáradt növényzetet, és meszezéssel fertőtleníti a tófenecket. Ezt a tavak feltöltése követi, ennek során fontos a gyomhalak kiszűrése, ezt haltörő ládával végezhetjük. A tavakat az üzemi vízszint 2/3-áig töltjük, a feltöltéssel egy időben trágyázunk szerves, vagy műtrágyákkal. A tápanyagpótlás segíti a baktériumok, csillósok és a különböző algák elszaporodását. Az első napokban az ivadék számára a kerekesszék (Rotatoria) jelentik a legmegfelelőbb táplálékot. A 70'-es években kidolgozott és egész a 2000-es évekig legáltalánosabban alkalmazott technológia szerint ennek elérése érdekében a tavakat a növényvédelemben használatos vegyszerekkel kezeljük (foszforsav-észterek, részletesen ld. később). A kezelés után 24 órával elpusztulnak a kerekesszék szaporodását nehezítő élőlénycsoportok, különböző kistermetű rákok. A vegyszer kihelyezése után legalább egy hetet kell várni a zsenge ivadék kihelyezéséig. Az ivadék kihelyezése előtt a tavakat kerekesszék törzsekkel oltjuk, amelyek gyorsan elszaporodnak a víztestben és a kihelyezés utáni pár napban ellátja az ivadékot táplálékkal. Az

oltást a kihelyezés napján megismételjük közepes plankton szervezetekkel (ágascsapú rákok), majd a harmadik lépcsőként a 10-12. napon nagy testű alsóbbrendű rákokkal népesítünk, így kielégítve az ivadék gyorsan növekvő tápanyag igényét. Az abraktakarmányozást már a kihelyezés napján el lehet kezdeni. Bár az ivadék még nem fogyasztja a takarmányt, a zooplankton szervezetek hasznosítják azt, és a hal is fokozatosan hozzá szokik a kiegészítő takarmányhoz. Kezdetben nem kizárólag gabonaliszttal etetjük az ivadékokat, mivel az számukra még nehezen emészthető, ezért helyette állati eredetű, vagy szójalisztet etetünk és fokozatosan állunk át a gabonákra. Az előnevelés 3.-4. hetén a halak gyors növekedése miatt a tavakban teljesen kimerülnek a természetes táplálékforrások, ilyenkor a halakat haladéktalanul le kell halászni. A halászattal egy időben megkezdjük a tóvízszintjének lassú csökkentését, ami akár több napot is igénybe vehet. Mivel a halak ilyenkor is növekednek, a túl sokáig tartó lehalászás az állomány szétnövéséhez vezethet. (Horváth & Tamás 2011) Ügyelni kell az állomány szétnövésének elkerülésére, mivel a ponty ivadék hajlamos a kannibalizmusra (Weber & Brown 2013). A lehalászott ivadékokat ritkább népesítésben utónevelő tavakba telepítik. Az utónevelő tavakat is fontos szakszerűen előkészíteni. A tavakat kiszárítjuk és meszezzük, így védekezhetünk a nagyméretű, ragadozó rovarlárvák ellen. Feltöltés után trágyázással biztosítjuk a nagy mennyiségű zooplankton biomassza kialakulását. Az utónevelés során már nem kell a plankton méretével számolnunk, mivel az előnevelt, pár centis ivadék az összes zooplankton csoportot képes elfogyasztani. A napi kiegészítő takarmány mennyisége az állomány tömegének 10%-át teszi ki. Az abraktakarmány búza-, árpa-, vagy tritikaledara. Célszerű folyamatosan monitorozni a takarmányfelvételt és ahhoz viszonyítva kell csökkenteni vagy növelni a takarmányadagot. A szezon végére a vízben lévő zooplanktonállomány teljesen kimerül, és a trágyázás hatására sem képes újratermelődni. Ilyenkor szükséges a fehérjét pótolni 10-20% pillangós dara bekeverésével dúsított abraktakarmánnyal vagy teljesértékű komplex takarmányok adagolásával. (Horváth & Tamás, 2011).

3.6. A vízi élettájak bemutatása

Az állóvízű tavak élettájit különböző régiókra bonthatjuk. A nyíltvízi területet pelagiális régióknak nevezzük. Ez a legfontosabb élettáj sok szempontból is. A nyílt vízhez két életközösség is kapcsolódik. A plankton és a nekton, melyek az anyagforgalomban és a biológiai termelésben is fontos szerepet játszik. Planktonnak nevezzük azokat az élőlényeket, amelyek vízben lebegő életmódot folytatnak. Természetesen aktív helyváltoztatásra is képesek a táplálék felkutatása céljából, de szinte elhanyagolható a mozgáskörzetük a víz áramlásához

képest. Ezt a közösséget további három csoportra oszthatjuk életmódjuk és rendszertani kategóriájuk szerint, bakterioplanktonra, fitoplanktonra, zooplanktonra. Nektonnak nevezzük a víztest azon élőlényeit, melyek nagy távolságokat, gyorsan képesek megtenni. A vízfelszíni (Faciális) élettáj a víz és a levegő határán helyezkedik el. A nagy felületi feszültség miatt egyfajta mozgékony felszínként is nevezhetjük. A vízfelszínhez kötődő élőlények speciális élőhelyét képezi. A parti (Litorális vagy Fitális) élettáj a partmenti régiót foglalja magában. A vizek életében nagy szerepet játszik, mivel innen indul a feltöltődés, átalakulás szárazföldre. Gyorsan változó zóna, időnként kiszáradhat, majd elönti a víz. Jellemző erre a régiókra, hogy szerves üledék képződik, tápanyagban gazdag. Elsősorban a mocsári növényvilágnak ad otthont (Horváth et al. 2011).

3.7. A legfontosabb planktonikus élőlény csoportok bemutatása

3.7.1. Rotatoria törzs

A zooplankton egyik talán legfontosabb csoportját a keresférgek törzse (*Rotatoria*) alkotják. A vízi ökoszisztémában nagy szerepet játszanak, mivel első élőlények között jelennek meg egy frissen kialakult víztestben (Apstein 1896). A frissen kikelt, táplálkozni kezdő ivadékoknak számos fajnál ez a csoport jelenti az első élelemforrást apró méretük és enzimtartalmuk miatt (Horváth 1975). A vízben jelenlévő zooplankton-állomány összetétele az ivadék túlélésére való tekintettel kulcsfontosságú, mivel a kisméretű, 5–7 mm nagyságú halivadék mindössze az 50–100 µm nagyságú szervezeteket képes zsákmányolni (Horváth, et al., 2009). A vizekben óriási számban vannak jelen, fajgazdag csoport. Gyors szaporodásuk a rövid életsiklusuknak köszönhetik, például a *Hyaladina senta*, három nap alatt ivaréretté válik, majd petéket rak. Ugyanez a faj 10 nap alatt 22-45 hím petét vagy 5 nap alatt 8-20 nőstény petét rak le, vagy 10 nap alatt 9-17 tartós petét hoz létre. A különböző petéket a szaporodási időszakok más-más időpontjaiban hozza létre. Az év nagy részében a *Rotatoria*-k nem ivaros módon szaporodnak és vékony héjú nőstény petéket hoznak létre. Ugyanakkor nagyon kicsi hím petéket is létrehozhatnak. Bizonyos időszakokban vastag héjú tartós petéket is kialakítanak, amelyek túlélnek a telet, számukra kedvezőtlen időszakokat (Apstein 1896).

3.7.2. Cladocera rend

A *Cladocera* alrend (ágascápú rákok) meghatározó részét képezi a hazai halastavi zooplankton közösségnek. Kulcsfontosságú szerepet játszanak az akvakulturális táplálékláncon belül és hozzájárulnak az vízi ökoszisztémák másodlagos termeléséhez, lévén elsősorban algákkal, bakterioplanktonnal és a szerves törmelékekkel táplálkoznak. A *Cladocera*-k jelentősek a biomonitorozás szempontjából és a csoportot indikátorként illetve tesztorganizmusokként is

használják a növényvédőszer-mérgező hatások és egyéb környezeti szennyezőanyagok meghatározásához. Emellett az ágascsapú rákok az egyik fő természetes táplálékként szolgálnak a halak, különösen az ivadék számára (Karuthapandi 2016) Ennek a csoportnak a szaporodása elsősorban partenogenetikus, ezért a hímek általában rendkívül ritkák a mintákban. A legtöbb határozóbélyeg csak a női ivarúakra vonatkozik. A legtöbb ágascsapú rák család hímjei könnyen azonosíthatóak a megnagyobbodott antennulusaikról (első antennáik) és a másik nemhez képest kisebb méretükről. Az egyetlen nagy szem feltűnő, és néhány fajnak a szem alatt egy kis fekete pont van. Az első antennák a fej hasi oldalán helyezkednek el és meglehetősen kicsik (a *Bosminidae* és a *Macrothricidae* kivételével). A rostrum (azaz csőr) az antennák felett található. A második antennák, a nagyobb úszásra használt végtagok (Lynne 2004).

3.7.3. Copepodák osztálya

A kandicsrákok, vagy evezőlábú rákok (*Copepodák*) fontos szerepet játszanak az édesvízi akvakultúrában. A haltermelőket érintő legnagyobb kihívások között van, hogy kézben tartsák a halnevelés sikerességét befolyásoló abiotikus és biotikus tényezőket. A *Copepoda*-k kulcsfontosságú szerepet játszanak a tavi ökoszisztémákban, a halak táplálékként, valamint más szervezetek mikropredátoraként. Számon tartjuk ezt a csoportot halparazitaként, más halparaziták köztes gazdjaként és humán megbetegedések közvetítőiként. A planktonikus állatok, különösen a kerekesszék, ágascsapú rákok és a *Cyclopoida* rendbe tartozó evezőlábú rákok a legfontosabb táplálékszervezetek az édesvízi akvakultúrában. A *Cyclopoida* rendbe tartozó *Copepoda*-k felnőtt és fejlettebb *Copepodid* stádiumai mikropredátorok, amelyek a ponty félék korai életstádiumaira jelentik a legnagyobb veszélyt. Más evezőlábú fajok az akvakultúrában halparaziták lehetnek. Az édesvízi halak leggyakoribb felnőtt evezőlábú parazitái a *Lernaea cyprinacea* L, *Ergasilus sieboldi* L.. Ezenkívül a *Lernaea* copepodid lárvái zsigerepitélium hiperpláziát okoznak és közvetetten felelősek lehetnek a halpusztulásért. A evezőlábú rákok továbbá közti gazdák lehetnek egyéb halparaziták, például galandféregek és fonálféreg számára (Piasecki 2004). Ebben a csoportban a szaporodás mindig szexuális úton megy végbe. A fejlődésüket 12 szakaszra lehet bontani. Az első 6-ot "*Nauplii*"-nak nevezik, a következő 5-öt "*Copepodid*"-nak, az utolsó életszakasz pedig a kifejlett *Copepoda*. A *Nauplii*-k nagyon kicsik, nagy számban fordulnak elő, és nem hasonlítanak a kifejlett példányokra. A *Copepodid* stádiumokban elkezdnek hasonlítani a felnőtt formára. A felnőtt hím- és nőivarú egyedek megkülönböztethetőek az antennáik alakja, valamint a testméretük alapján (Lynne 2004).

3.8. A planktonszelekció

3.8.1. Vízkezelőszerek

A biztonságos, megfelelő termelés érdekében olykor vegyszeres beavatkozásokat kell végezni a halastavakban. Mindez történhet egy fertőzés vagy a nyár végén rendszeresen bekövetkező hajnali oxigénhiányok elkerülése érdekében. Például a darakórt okozó parazita (*Ichthyophthirius multifiliis*) elleni kezelésre évtizedekig használták a malachitzöld-oxalát oldatot, amíg az EU be nem tiltotta étkezésre szánt halak kezelését ezzel a vegyülettel (Internet 2). Bebizonyosodott, hogy a malachit rákkeltő hatású lehet, mivel képes beépülni a DNS adeninben és timinben gazdag régióiba, ezáltal létrehoz egy aromás aminhoz hasonló vegyületet (Culp 1996) Ezt a szert széles körben használták az akvakultúrában paraziták elleni védekezésre, valamint az élelmiszer-, gyógyszer, és textiliparban. A halak és más vízi szervezetek széles körében a gombás megbetegedések, a protozoás fertőzések, és élősködők által okozott betegségek kezelésére. A festékanyagának toxicitása az expozíciós idővel, a hőmérséklettel és a koncentrációjával nő (Srivastava 2004). A *Saprolegnia* és *Achlya* fajok nagy problémát jelentenek a keltetőházakban és tenyésztelepeken egyaránt. (Eszterbauer et al. 2018). A korábban rendelkezésre álló terápiás szerek rezet, malachitzöldet vagy metilénkéket tartalmaztak, és mivel nem csak a célszervezetekre hatnak mérgezően, emiatt több országban betiltották ezeknek a vegyi anyagok használatát az akvakultúrában. A terápiás szerekkel szembeni rezisztencia fokozódó kialakulása, valamint az állatjóléti és a környezetvédelmi előírások, az új, alternatív kezelési megoldásokat és az immunstimulánsok kutatását ösztönözték. A hidrogén-peroxid és a perecetsav olyan lehetséges "zöld" terápiás szerek, amelyek nem bocsátanak káros maradványokat a környezetbe. Az olyan természetes takarmánykiegészítők, mint a pre- és probiotikumok növelhetik az állatok ellenálló képességét, és megelőzhetik a stresszt és a fertőzéseket. A huminanyagok szintén természetes immunstimulánsok, amelyek ígéretesnek bizonyulnak (Lieke 2020).

A termelőtavakat érintő fertőzések nagy része megelőzhető megfelelő tókarbantartási lépések betartásával. A télire szárazra állított tavak esetében érdemes a visszamaradó kopolyákat, tocsogókat, vagy visszamaradó vízfelületeket égetett mésszel kifertőtleníteni. A kijuttatandó mennyiség 2-3 tonna/hektár. Ez az eljárás elpusztítja a kórokozókat, megöli az esetlegesen ott maradt nem kívánatos vadhalakat (Molnár 2003). A nyári meszezés egyrészt trágyázóanyagként, másrészt pedig fertőtlenítőszerként hasznosul. Különösen az alacsony pH-val rendelkező halasvizek termelőképességére van jótékony hatással. Általában 0,2-0,3 t/ha a

javasolt mennyiség égetett mészporban számítva (Horváth et al. 2000) A meszezés különböző kalcium- vagy kalcium- és magnéziumvegyületek alkalmazását jelenti. A mészformák hatással vannak a víz pH értékére. A víz pH-értékét a talaj ásványianyag tartalma és a tóvíz közötti kölcsönhatások határozzák meg. A tavakat gyakran savas kémhatású agyagtalajokra építik, ezáltal a vízük pH-ja is alacsonyabb lesz. Amikor a teljes alkalinitás és a keménység 20 mg/l (CaCO_3 -ban számítva) alatt van, a pH és ezáltal a termelékenység is csökken. A 20 mg/l alatti alkalinitási koncentrációk gyakran nagy napi pH-ingadozásokhoz vezetnek, amelyek tartós stresszt okoznak a halaknak és a vízi szervezeteknek. A meszezés segít megelőzni a pH széles tartományon való ingadozását, valamint növeli a víz kalcium és magnézium tartalmát, amelyek fontos ásványianyagok az állati szervezetek számára. A pH értékek napközben széles tartományban ingadozhatnak, akár 6-tól egészen 10-ig. A pH-ingadozásokért elsősorban a fotoszintézis és a légzés napi körforgása felel. Éjszakai légzés során nő a víz CO_2 koncentrációja, aminek következtében szénssavvá alakul, ezáltal a pH csökken. Napközben a fitoplankton felhasználja a CO_2 -t a fotoszintézishez, ami a pH emelkedését eredményezi. A nagy pH-változások stresszt okozhatnak a halaknak. Az összkeménységet adó ionok mennyiségének emelése a vizek pufferkapacitását növeli, és ezáltal csökkenti a pH-ingadozásokat (Wurts 2004). A puffer hatások közül fontos kiemelni a kalcium-karbonát (CaCO_3), valamint a kalcium-hidrogén-karbonát ($\text{Ca}(\text{HCO}_3)$) rendszerét: a vízinövények a fotoszintézisükhöz felhasználják a vízben oldott szén-dioxidot, ezzel növelve a víz pH-ját. Az oldott CO_2 elfogyását követően képesek a hidrogén-karbonát ionból (HCO_3^-) kinyerni a szervetlen szenet, ezáltal kicsapódik a kalcium-karbonát, ami nem növeli tovább a pH-t. Éjszaka a légzés során a keletkező CO_2 ismét oldatba viszi a kicsapódott kalcium-karbonátot ezzel továbbra is stabilan tartva a pH-t (Horváth et al. 2000). Ha egy tónak nem megfelelő a mész ellátottsága, akkor a trágyázásra nem fog pozitívan reagálni. Azokban a tavakban, amelyek savanyú talajokon épültek, és alacsony ásványianyag tartalmú árasztóvízzel töltöttek fel, a trágyázás során beadagolt foszfor nagy része megkötődik a tavak üledékében, így felvehetetlen formába kerül a fitoplankton számára. A megfelelő meszezés elősegíti a foszfor felszabadulását, emeli felvehetőségét, ezáltal növeli a tó termelékenységét. Különböző anyagokat, mint például mészkőpor, oltott mész, égetett mész és mésztej, alkalmasak a tavak meszezésére. Míg ezen a vegyületek mindegyike növeli a pH-t, néhány gyakorlati alkalmazása hatékonyabb a többinél. Sokszor nem javasolt az égett mész (CaO) vagy az oltott mész ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) használata. Drágábbak és gyorsan emelhetik a pH-szintet olyan magas szintre, amely már káros lehet az élővilágra. A mésztej ($\text{Ca}(\text{OH}$ vizes oldata)) népszerű néhány gazdálkodó körében. Az apró kolloid részecskék gyorsabban reagálnak az üledékkel és a vízzel, ezáltal alkalmas gyors

beavatkozások lebonyolítására. Azonban ennek a keveréknek a felét víz adja, kétszer annyi mésztejet kell beadagolni, mint a mezőgazdasági mészkőből ugyanazon eredmények eléréséhez, ráadásul ez növeli a költségeket. Az apró szemcséjű mezőgazdasági mészkő általában a legmegfelelőbb a meszezésre. Költséghatékony és könnyen elérhető. Mind a tavak alkalinitása, mind a keménysége növelhető a CaCO_3 (kalcit) vagy a $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ (dolomit) mészkő hozzáadásával. Nehéz túlادagolni, 8,3 vagy annál magasabb értékeknél a kalcium karbonáttal reagál, és mész formájában csapódik ki. Ahhoz, hogy hatékony legyen az eljárás, a meszezőanyagokat egyenletesen kell elosztani a tó alján. A legjobb és legkézenfekvőbb időpont a tó meszezéséhez a téli szárazra állítás időszaka. Ha a tó már fel van töltve, a meszet egyenletesen kell szétoszlatni az egész tó felületén. Ebben az esetben költségesebb az eljárás. A beadagolt mészkő lassan oldódik fel, kitolódik a hatása (Wurts 2004).

3.8.2. Vegyszeres planktonszelekció

A szerves foszforsav-észtereket 1965-ben hozták forgalomba az Egyesült Államokban. Ez a szer egy széles hatásspektrummal bíró erős rovarölő szer. 2020-ban betiltásra került az alkalmazásuk. (internet3). A klórpirifosz, egy széles körben használt rovarölő szer, amelynek maradványai sok mezőgazdasági termékben kimutathatóak. Egy tanulmány kimutatta, hogy a tenyésztett halakban nagyobb arányban fordulnak elő ehhez a szerhez kötődő szermaradványok, mint a vadon élő halakban. A tenyésztett pontyokon végzett vizsgálat megerősítette a klórpirifosz táplálékkal történő felhalmozódását (Sun 2008). A klórpirifosz planktonszelekciós hatását vizsgáló tanulmány szerint a szer 1ppm-es koncentrációja már a *Cladocera*-k és a *Copepoda*-k elhullásához vezet, ellenben a *Rotatoria*-ra nincs hatással ekkora koncentrációban. Gyorsan bomló szer, de akár 42 napig is kifejtheti a hatását a planktonközösségek összetételét tekintve (Daam 2008). Ezeket a foszforsav-észter hatóanyagú szereket évtizedekig használták az akvakultúrában. Vizi rovarok lárvái, halparaziták ellen is hatásos hatóanyag. A szerves foszforsav-észter kezelések során nagyon pontos adagolás szükséges a vegyszer gyors lebomlása ellenére is a mérgezés elkerülése érdekében. A vegyszer felhasználása során figyelembe kell venni, hogy a zooplankton is nagymértékben károsodik, tehát a halastóban nem, hanem telelőben, ivadéknevelő tavakban vagy erre a célra létesített medencében kezelhetünk (Mucsi 2013). Régebben a szerves foszforsav-észtereket széles körben alkalmazták, mivel alacsony koncentrációban (1ppm) is elpusztította a vízben élő rovarok lárváit, *Cladocera*, valamint *Copepoda* fajok nagy részét. A *Rotatoria*-ra nem jelentett veszélyt, csak 100ppm koncentráció felett. Népszerűségét annak is köszönhette, hogy a hallárvákra nem jelentett veszélyt (Horváth 1979). A Flibol E és Ditrifon vegyszerek szerves-

foszforsavésztert tartalmaznak, ezek inszekticid hatását használták planktonszelekcióra (Horváth és Tamás 1976) Miután felismerték a szerhez kapcsolódó veszélyeket, új alternatív kezelések kifejlesztésén kezdtek el dolgozni. A piretrinek jó alternatívának tűntek.

A természetes piretrinek, a *Chrysanthemum cinerar* és *Chrysanthemum cocineum* virágainak természetes kivonatai. A piretroidok, a piretrinek ezen vegyületek szintetikus analógjai és származékai, ezek is erős rovarölő szerek. Széles körben használják őket a háztartásokban és a háziállatok vagy a haszonállatok parazitáirtására, valamint a mezőgazdaságban, az erdészetben és a közegészségügyben (Macan 2006). Egy nemrégiben kifejlesztett növényi eredetű piretrin hatóanyag tartalmú készítmény már 1ppm koncentrációban történő kezelés során is képes a *Copepoda*-k 86%-ának elpusztítására, 0,5ppm koncentrációban pedig csökkenti azok táplálkozási aktivitását (Boltizár 2015). A piretroidok esetében azonban több probléma is felmerül. Hatásuk drasztikus és hosszantartó, akár a két hetet is meghaladhatja és különösen veszélyesek a halakra is (Farag et al. 2021). Ezért a magyar haltenyésztés hatékony, plankton szelekcióra alkalmas vegyület nélkül maradt, így az előnevelés sikeressége sok esetben kétséges.

3.9. A klórmész

A klórmész egy vízben oldódó kémiai vegyület, amit fertőtlenítőszerként és fehérítőszerként használnak. A kalcium-hipokloritot a klór reakciójával állítják elő kalcium-hidroxiddal (Tully 1914). Gyakran használják vízfertőtlenítésre, ebben az esetben az oldat koncentrációja a víz szennyezettségétől, szervesanyag terheltségétől függ (Roy 2014). A regisztrált készítmények 65% vagy 68% hatóanyagot tartalmaznak. Szemcsés, por, illetve préselt tabletták formájában forgalmazzák. Stabil vegyület, lassan bomlik, de nem érdemes sokáig tárolni, mivel veszít a hatékonyságából. Képlete $\text{Ca}(\text{ClO})_2$, molekulatömege 142.976 g/mol (Mishra, 2018). Alacsony pH-értékeken mérgező klórgáz keletkezik, ezért az oldat pH-ja soha ne essen 5 alá. A 7,5 feletti pH-értékeken hipoklorit-ion (OCl^-) képződik, ami csökkenti a fertőtlenítés hatékonyságát. Az oldat pH-értékét 6,5 és 7,5 között kell tartani a hipoklórsav (HOCl) képződéséhez (McGlynn, 2004). Magas pH-értéknél a klór reagál a szerves, nitrogéntartalmú anyagokkal és enyhén mérgező klóraminokat képez. A nátrium- és kalcium-hipokloritok rendkívül korrozívak és súlyos károsodást okozhatnak szembe, vagy bőrfelületre kerülve, ezért a legmagasabb mértékű toxicitási kategóriába, azaz a 1-es számú Toxicitási Kategóriába sorolták az akut hatásokra vonatkozóan. Azonban nincsenek szükség szubkrónikus vagy krónikus tanulmányokra a kalcium-hipoklorit esetében, mivel egyszerű a kémiai

szerkezete (3. ábra). Oxigén jelenlétében ezek a vegyületek könnyen reagálnak a szerves anyaggal. Majdnem egy évszázada széles körben használják a vízellátási rendszerek fertőtlenítésére, és bebizonyosodott, hogy biztonságos és praktikus a használatuk. Aggodalomra adhat azonban okot, hogy a speciális körülmények között a kalcium-hipokloritok trihalometánok képződését eredményezhetik az ivóvízben, amelyeket potenciális karcinogéneknek tekintenek (Richardson et al. 2007).



3. ábra a klórmész szerkezeti képlete (Internet 5)

3.10. Kísérleti szervezetek

3.10.1. *Daphnia magna*

A *Daphnia* nemzetségbe tartozó *Cladocera*-k fontos pelágikus szereplők az édesvízi ökológiában. Emellett népszerű modell szervezetekké váltak különböző biológiai területeken, a vízi ökológiától az orvostudományig. Ezeknek az organizmusoknak az a fontos jellemzője, hogy ciklikus partenogenetikus életciklusaik vannak, könnyen tenyésztethetők és kezelhetők. Ezeknek a jellemzőknek köszönhetően gyorsan nő a *Daphnia*-val foglalkozó kutatások, publikációk száma (Seda 2011). A *Daphnia magna* az egyik leggyakrabban használt modell szervezet a széles körben alkalmazott gyógyszerek, például antibiotikumok, daganatellenes szerek, antidepresszánsok, gyulladáscsökkentő szerek vizsgálatában. Nagyfokú az érzékenysége a különböző vegyszerekkel szemben. Magas reprodukciós rátával rendelkeznek. Jelenleg a *Daphnia* toxicitási tesztek, amelyeket OECD által szabványosítottak, az akut immobilizációs teszt és a szaporodásteszt, kerülnek főként használatra a toxikológiai tanulmányokban. A *Daphnia*-k viselkedését, élettant jól ismerjük, régóta használják modellszervezetként, ezért teszi lehetővé az úszási, viselkedési, valamint élettani folyamatok vizsgálatát, mint például az úszási sebesség, megtett út, ugrási gyakoriság, szívverés, fogyasztási arány, táplálkozási arány, oxigénfogyasztás, mellkas lábmozgatás aktivitása, amelyek hasznosak lehetnek a toxicitás értékelésében (Tkaczyk et al. 2021).

3.10.2 Zebradánió

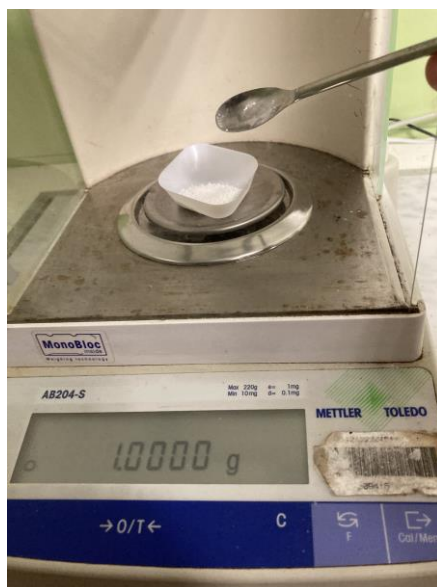
A halak közül a zebradánió (*Danio rerio*) az egyik legszélesebb körben használt modell szervezet a fejlődésbiológia, a rákkutatás, toxikológia, gyógyszerkutatás és molekuláris genetika tanulmányozásához. Ezenkívül a zebradániót egyre gyakrabban használják genetikai modellként is az akvakultúrában tenyésztett fajokhoz és a toxigenomikához, valamint alkalmas a betegségek modellezésére, gyógyszerek fejlesztésére is. Ez a faj sokféle kutatási területen használható mivel könnyű tartása, tenyésztése a korai fejlődés során átlátszó teste miatt (Khan 2018). Népszerű modell a biomedicinális kutatásokban és az ökotoxikológiában is. Különösen az embriók használata kap egyre növekvő figyelmet, mivel alternatív módszerként tekintenek rájuk az állatkísérletek helyettesítésére, mivel a hatályos EU irányelv értelmében (2010/63/EU irányelv az állatok tudományos célokra történő felhasználásának védelméről) a legkorábbi életstádiumok nem minősülnek védettnek, és ezért nem tartoznak az állatkísérletekkel foglalkozó szabályozási keretek alá (az önálló táplálkozás kezdetétől viszont a szabályozások alá esnek) (Strähle 2012). A zebradánió embriók lehetővé teszik számos megfigyelés elemzését,

ami a súlyos és fejlődési károsodások meghatározásától kezdve a komplex funkcionális genetikai és élettani elemzésig terjed. Különösen az összetett vizsgálatokhoz a frissen kikelt, még nem táplálkozó lárvaszakaszban lévő (eleutheroembrió) lárvastádium szükséges (Ivánovics 2023)

4. Anyagok és módszerek

4.1. törzsoldat készítése

Az 1000ppm, tehát 1g/liter koncentrációjú klórmész törzsoldatot minden esetben úgy készítettem el, hogy 1000 ml desztillált vízben feloldottam 1 gramm klórmeszet (Klorid Vegyi és Műanyagipari Zrt, 0,5 kg/os kiszerelés). Először kimértem 1000 ml desztillált vizet egyliteres főzőpohárba, majd mérlegen bemérőcsónak segítségével 1 gramm klórmeszet mértem ki (4. ábra). Ezt követően mozsárban kevés víz hozzáadásával összekevertem, majd bemostam a főzőpohárba (5. ábra). Azokat az oldatokat, amelyek 24, 48 óra, valamint a 13, 9, 7, 3 nap múlva kerültek felhasználásra elszívószelekre, helyeztem a felhasználásig. A tárolás szobahőmérsékleten, lefedés nélkül történt



4. ábra a klórmész pontos kimérése (készítette: Petényi Róbert)



5. ábra oldás dörzsmozsárban (forrás: Petényi Róbert)

4.2. Kísérletek bemutatása

4.2.1. Első kísérlet

A kísérletsorozat legelső lépése az volt, hogy megkeressük a legalacsonyabb koncentrációt, amely 100%-os mortalitást ér el egy gyakran alkalmazott modellszervezetnél, a *Daphnia magna*-nál. Ennek helyszíne a MATE Akvakultúra és Környezetbiztonsági intézet toxikológiai laboratórium volt. A kísérletet OECD 202 szabvány szerint végeztük, miszerint négy ismétlésben/ koncentrációval, 5-5 darab, 24 óránál nem idősebb állatokat helyeztünk a vizsgálni kívánt oldatba. Az állatokat 50 ml, szabvány szerint összeállított, *Daphnia*-nak speciális paraméterekkel rendelkező nevelő oldatba helyeztük (1 liter desztillált vízben feloldott, 11,76 g kalcium-kloridból ($\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), 4,93 g magnézium-szulfátból ($\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$), 2,59 g nátrium-hidrogén-karbonátból (NaHCO_3), 0,23 g kálium-kloridból (KCl) álló törzsoldatból 100 ml-t adagolunk 1 liter desztillált vízhez) majd ehhez adtuk a szükséges klórmész törzsoldatot. A koncentrációkat kontroll (0ppm) 0,1-1-5-15-30 ppm-ben határoztuk meg. A hőmérséklet 22°C volt a kísérlet teljes ideje alatt, az oldott oxigénszint 8,7 mg/liter volt, a tesztedények pH-ja a vegyszer koncentrációja növekedésével együtt nőtt, kontroll 6,5, 30ppm 9,58 volt. A szer hozzáadását követően 24 óra múlva vizsgáltuk meg az állatokat először, majd ismételt 24 óra múlva pedig még egyszer. Feljegyeztük az immobil állatok számát. Immobil állatnak tekintettük azt az állatot, amely 15 másodpercen belül nem végez úszó mozdulatot, de képes az antennáját mozgatni. Az ebben a kísérletben kapott eredmény iránymutatást adott a további, tavi plankton mintákkal tervezett kísérletek elvégzésére. Ezt tekintettük kiindulási alapnak az első vegyes planktonnal való kísérlethez.

4.2.2. Második kísérlet

A második kísérlet vegyes, tavi planktonnal történt, amihez a mintát az Aranyponty Zrt. gödöllői telephelyéről gyűjtöttem (6. ábra). 100 liter tóvizet, 100 μm szembőségű hálóval átszűrve 10 l nagy plankton sűrűségű oldatot állítottam elő. A későbbiekben ebből, további manipuláció nélkül népesítettem a kísérleti petricsészéket. Gyűjtést követően ügyeltem a megfelelő oxigénszint megtartására, ezért porlasztókövekkel láttam el a begyűjtött mintát a kísérlet megkezdésig. Mivel célunk volt meghatározni azt, hogy mennyi idő alatt bomlik le a gyógyszer, ezért a kísérlet megkezdése előtt 24 és 48 órával készítettem 1000ppm-es törzsoldatot. Ennél a kísérletnél kontroll (0ppm) 2-3,5-5 ppm-ben határoztuk meg a vizsgálni kívánt koncentrációkat, 0-24-48 órás törzsoldatokat vizsgáltunk. Ehhez a kísérlethez felhasznált eszközök a következők voltak: 3 db 1000 ml-es főzőpohár, 40 db 10 ml-es Petri-csésze, 1db 150 mikroliteres automata pipetta (7. ábra). Ezt a kísérletet a MATE Akvakultúra és Környezetbiztonsági Intézet pontyos toxikológiai laboratóriumában végeztem. A levegő hőmérsékletét klímával szabályoztam, a kísérlet idejére a konténerben folyamatos 18 °C volt. Erre azért volt szükség, mert erős hidegfront érkezett, ez a külső környezeti tényező befolyásolta volna a kimenetelét, így ezt a változót kiküszöböltem. A víz hőfoka ezáltal nem változott, a kísérlet ideje alatt 17,6 °C-t tartotta. A beállítást követően 24 és 48 óra múltán tüneteltünk: sztereo mikroszkóppal megvizsgáltuk a plankton összetételét, kifejezett figyelmet fordítva a kerekeshérgerekre, ágascsapú és evezőlábú fajokra. Célunk annak megállapítása volt, hogy az adott taxonban mely koncentrációnál lesz immobil.



6. ábra Vegyes plankton minta állománya (forrás: saját fénykép)



7. ábra A vegyes plankton kísérlet beállítása kísérlet beállítása (forrás: Dr. Csorbai Balázs)

4.2.3. Harmadik kísérlet

Mivel a vegyes zooplankton esetében a *Daphnia* kísérletekkel ellentétes eredmények születtek, ezért megismételtük a *Daphnia* kísérletet szűrt tóvízben. Tehát az elkészített klórmész törzsoldatot nem a speciális, OECD szabvány szerinti oldatban, hanem a tóvízbe adagoltuk. A szűrt tóvíz előállításához 15 μ m porozitású szűrőpapírt használtunk, ezzel távolítva el az egyéb élőlényeket, szerves törmeléket, majd ebbe adagoltam a korábban ismertetett módon a 24 óránál nem idősebb *Daphnia*-kat 10 ml-es Petri-csészébe 10ml szűrt tóvizet mértem majd 5-5 darab *Daphnia*-t helyeztem ki és hasonlóan az első vegyes planktonos kísérlethez, kontroll (0ppm) 2, 3,5,5 ppm koncentrációjú csoportokat alakítottam 4 ismétlésben.

4.2.4. Negyedik kísérlet

A 3., újra vegyes, tavi planktonnal végzett kísérletben már magasabb koncentráció tartományt állítottunk be. A minta szintén az Aranypony Kft. gödöllői telephelyéről származott, a planktonösszetételét tekintve nem volt változás. A mintavétel napos, meleg időben történt. 100 liter tóvizet vödörrel mértem ki. Mintavételezés után hasonlóképpen porlaszókövekkel biztosítottam a megfelelő oxigénszintet. Ebben a kísérletben kontroll (0ppm) 5, 7,5, 9, 10,5, 12 ppm koncentrációjú csoportokat alakítottam ki 4 ismétlésben, de ebben az esetben a csak friss törzsoldatot használtam. Ehhez 24 edényre volt szükségem. A törzsoldat elkészítése után 10 ml-

es Petri-csészébe 10 ml mintát mértem, majd automata pipetta segítségével bemértem a megfelelő térfogatokat. A konténer hőmérséklete, ezáltal a víz hőmérséklete éjszaka sem esett 17 C° alá. Az oldott oxigén mennyisége 8,6 mg/liter, A pH a legmagasabb koncentrációban 8,8 volt (8. ábra).



8. ábra Petri-csészék feliratozva (forrás: saját fénykép)

4.2.5. Ötödik kísérlet

A 4. szintén vegyesplanktonnal való kísérlethez a mintát Varsádon, a Czikkhalas Kft. halastavaiban gyűjtöttünk (a gödöllői mintákból ekkor már hiányoztak a kerekessérgek, így új forrást kellett keresnünk) (8. ábra). A gyűjtés idejére vonatkozó környezeti paraméterek a következők voltak: vízhőmérséklet 21,6 C°, oldott oxigén mennyisége 6,21 mg/l volt. A mintavétel meleg napos időben történt. A mintát korábban ismertetett módon vettem. A gyűjtést követően csőfóliába tettem a mintát, majd oxigénnel töltöttem fel a zsákot a biztonságos szállítás érdekében. A zsák felbontását követően azonnal porlaszóköveket helyeztem bele, és a vízhőmérséklet állandó értéken való tartása érdekében fűtőbetétet is tettem bele, amit 21 C°-ra állítottam. Ebben az esteben is friss, 24, valamint 48 órás klórmész törzsoldatot használtunk. 10 ml planktonmintát helyeztem ki a petricsészébe (10. ábra), majd automata pipettával állítottam be a hatónayag koncentrációkat (9. ábra).

A koncentrációk következőképpen alakultak: kontroll (0ppm) 5, 7,5, 9, 10,5, 12 ppm. 4 ismételtsben hajtottuk végre a kísérletet, ehhez 64 db 10 ml-s Petri-csészére volt szükségem.



9. ábra mintavételezés (forrás: Benedek Boldizsár)



10. ábra 10 ml minta kimérése fecskendő segítségével (forrás: Petényi Róbert)

4.2.6. Hatodik kísérlet

Ezt a kísérletet a MATE Akvakultúra és Környezetbiztonsági Intézet zebradániós laboratóriumában hajtottam végre és a szükséges halembriókat is ez a laboratórium biztosította. Mivel a vegyes zooplanktonnal végzett kísérletek esetében 12ppm-mel sikerült elérni a kívánt eredményt, ezért ezzel a koncentrációval dolgoztam a halembrió toxikológiai kísérlet során. Ebben a kísérletünkben meg kellett határozni, hogy a megfelelő vegyszerkoncentráció alkalmazása után mennyi időt kell várni az ivadékok kihelyezésével, hogy biztonságos legyen a népesítés. Ezért a lebomlási időre vonatkozó kísérletet állítottuk be úgy, hogy a kísérlet előtt 11, 9, 5, 3 nappal állítottuk össze a törzsoldatokat. Ezt megfelelő mennyiségben adagoltuk 10 ml-es Petri-csészébe, melyben OECD szabványoknak megfelelő nevelő víz volt ($25.5\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$, pH 7.0 ± 0.2 , vezetőképesség $550\pm 50\text{ }\mu\text{S}$). 5 csoportot alakítottam ki (kontroll (0ppm), 13, 9, 7, 3 napos oldatokkal), 5 ismétléssel, csoportonként 10-10 frissen kelt halembrióval. A protokoll szerint 24 és 48 óra elmúltával ellen ellenőriztem, hogy a halembriók életben vannak-e.

5. Eredmények és értékelésük

5.1. Első kísérlet eredménye

A legelső kísérletem eredményeként meghatározhattuk azt a koncentrációt, amely potenciálisan elpusztítja a vízben élő szervezeteket. Az ehhez a kísérlethez használt *Daphnia magna* faj már 1ppm koncentrációnál is magasfokú érzékenységet mutatott a szerrel szemben. A hígítási sorban következő 5ppm, és annál magasabb koncentrációk felett az összes állat immobilizálódott (1. táblázat). Jó kiindulási alapot adott a következő kísérlet megtervezésére, mérgezési koncentráció becslésére.

1. táblázat *Daphnia magna* immobilizációjának vizsgálata

Tesztedény jele	Kezelt állatok száma	Immobil állatok száma 24h	Immobil állatok száma 48h
K-A	5	0	0
K-B	5	0	0
K-C	5	0	0
K-D	5	0	1
0,1-A	5	0	0
0,1-B	5	0	0
0,1-C	5	0	0
0,1-D	5	0	0
1-A	5	2	3
1-B	5	0	0
1-C	5	0	1
1-D	5	3	4
5-A	5	5	5
5-B	5	5	5
5-C	5	5	5
5-D	5	5	5

5.2. Második kísérlet eredménye

A második kísérlet eredményeként, azt a következtetést vonhattuk le, hogy a vegyes planktonállományal és szerves anyaggal rendelkező tóvízben a szer hatására nem keletkezik drasztikus változás a planktonállomány összetételében. Megállapítottuk, hogy a 2, és 5 ppm közötti koncentrációk közé eső tartományban semmilyen változás nem történik a szer hatására, viszont 5ppm felett súlyos károsodást szenvednek el a kerekesszervek törzsébe tartozó egyedek. Az ágascsapú rákok rendjében, és az evezőlábú rákok osztályában nem okozott károkat a magasabb koncentráció sem (2. táblázat). Ez a kísérlet felvetette azt a kérdést bennünk, hogy a tóvíz összetétele, vagy a planktoncsoportok különböző fokú érzékenysége a szerrel szemben

okozott-e ilyen nagymértékű eltéréseket az első és második kísérlet között. Ez előkészítette a harmadik kísérletet, amely során a kérdéseinkre választ is kaptunk.

2. táblázat vegyes planktonmintában bekövetkezett változások

	Kerekesférgek				Ágascápú rákok				Evezőlábú rákok			
24 óra	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
Kontroll	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő
2-F	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő
2-24	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő
2-48	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő
3,5-F	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő
3,5-24	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő
3,5-48	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő
5-F	nem volt élő	nem volt élő	nem volt élő	nem volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő
5-24	nem volt élő	nem volt élő	nem volt élő	nem volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő
5-48	nem volt élő	nem volt élő	nem volt élő	nem volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő
48 óra												
Kontroll	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő
2-F	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő
2-24	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő
2-48	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő
3,5-F	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő
3,5-24	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő
3,5-48	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő
5-F	nem volt élő	nem volt élő	nem volt élő	nem volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő
5-24	nem volt élő	nem volt élő	nem volt élő	nem volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő
5-48	nem volt élő	nem volt élő	nem volt élő	nem volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő

5.3. Harmadik kísérlet eredménye

A harmadik kísérlet során fény derült arra, hogy a különböző planktoncsoportok eltérő érzékenységet mutatnak a szerrel szemben. A kezelt *Daphnia magna* egyedek szűrt tóvízben is nagyfokú érzékenységet mutattak a klórmésszel szemben. Már 2ppm koncentrációnál is immobilizálódtak (3. táblázat), tehát biztosra vehettük, hogy magasabb koncentrációt kell alkalmazni a következő kísérletek során. Valamint megállapítottuk, hogy a *Daphnia magna* túl érzékeny faj az ilyen drasztikus szerekkel szemben, tehát nem célszerű a hasonló szerek teszteléséhez.

3. táblázat *Daphnia magna* reakciója a kezelésre szűrt tóvízben

24 óra	A	B	C	D
K	4	5	5	5
2-F	0	0	0	0
3,5-F	0	0	0	0
5-F	0	0	0	0
48 óra				
K	4	5	5	4
2-F	0	0	0	0
3,5-F	0	0	0	0
5-F	0	0	0	0

5.4. Negyedik kísérlet eredménye

Az negyedik kísérlet lényege leginkább az volt, hogy meghatározzuk, hogy mely koncentráció lesz a hatékony, ami képes teljes planktonállományt immobilizálni vagy elpusztítani. Ezért ebben az esetben csak friss oldatot törzsoldatot alkalmaztunk, 24 és 48 órás oldatokat nem. Megfigyeltük, hogy mely csoportok, hogyan reagálnak a kezelésre, mely koncentráció hozza a kívánt eredményt. További megerősítést nyert az a feltételezés, hogy a szer nem egyforma reakciót vált ki a különböző taxonokból. A 24 órával a kezelést követően tüneteltünk. Már akkor megállapítottuk azt a tényt, hogy a 12ppm koncentrációjú oldatban nem maradt élő szervezet (4. táblázat). Rávilágított a kísérlet arra, hogy a *Copepoda* fajok jobban tolerálták klórmészet, mint a többi zooplankton szervezet. Ezért a következő kísérletben ezeket a koncentrációkat vizsgáltam részletesebben.

4. táblázat a vegyes planktonmintával, friss törzsoldattal (F) és 5-7,5-9-10,5-12 ppm koncentrációkkal végzett vizsgálatok eredménye

24 óra	Kerekesférgek				Ágascápú rákok				Evezőlábú rákok			
	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
Kontroll	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő
5-F	nem volt élő	nem volt élő	nem volt élő	nem volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő
7,5-F	nem volt élő	nem volt élő	nem volt élő	nem volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő
9-F	nem volt élő	nem volt élő	nem volt élő	nem volt élő	nem volt élő	nem volt élő	volt élő	nem volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő
10,5-F	nem volt élő	nem volt élő	nem volt élő	nem volt élő	nem volt élő	nem volt élő	nem volt élő	nem volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő
12-F	nem volt élő	nem volt élő	nem volt élő	nem volt élő	nem volt élő	nem volt élő	nem volt élő	nem volt élő	nem volt élő	nem volt élő	nem volt élő	nem volt élő
48 óra												
Kontroll	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő
5-F	nem volt élő	nem volt élő	nem volt élő	nem volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő
7,5-F	nem volt élő	nem volt élő	nem volt élő	nem volt élő	nem volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő
9-F	nem volt élő	nem volt élő	nem volt élő	nem volt élő	nem volt élő	volt élő	volt élő	nem volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő
10,5-F	nem volt élő	nem volt élő	nem volt élő	nem volt élő	nem volt élő	nem volt élő	nem volt élő	volt élő	volt élő	nem volt élő	nem volt élő	volt élő
12-F	nem volt élő	nem volt élő	nem volt élő	nem volt élő	nem volt élő	nem volt élő	nem volt élő	nem volt élő	nem volt élő	nem volt élő	nem volt élő	nem volt élő

4.5. Ötödik kísérlet eredménye

Ennek a kísérletnek az eredményei kiemelt fontossággal bírnak, mivel pontos képet alkothattunk a szer hatásáról. A *Cladocera* fajok érzékenyebbek a szerre, mint a *Copepoda*-k, viszont nagyobb toleranciát mutatnak, mint a kerekesszék. Az evezőlábú rákok egyes esetekben csak immobilizálódtak és ismételten mobil, aktívan mozgó egyedekké váltak 48 óra után. Ugyanez a jelenség az ágascsapú rákoknál is megfigyelhető volt. A szer nem vesztette el 24 és 48 óra után sem a fertőtlenítő, mérgező hatását, hatékonyságát megőrizte (5. táblázat). Bár kifejezett figyelmet nem fordítottunk a kagylórakok (*Ostracoda*) osztályára, de megfigyeltük, hogy 12 ppm-nél ugyanolyan aktivitást mutatnak, mint a kezetlen csoportokban. Kijelenthető tehát, hogy ezekre az élőlénycsoportokra kis mértékben van csak hatással a szer.

5. táblázata vegyes planktonmintával, friss törzssal (F), 24 órás (24) és 48 órás (48) és 5-7,5-9-10,5-12 ppm koncentrációkkal végzett vizsgálatok eredménye

	Kerekesszék				Ágascsapú rákok				Evezőlábú rákok			
24 óra	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
Kontroll	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő
5-F	nem volt élő	nem volt élő	nem volt élő	nem volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	nem volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő
5-24	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő
5-48	nem volt élő	nem volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő
7,5-F	nem volt élő	nem volt élő	nem volt élő	nem volt élő	volt élő	nem volt élő	nem volt élő	nem volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	nem volt élő
7,5-24	nem volt élő	nem volt élő	nem volt élő	nem volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő
7,5-48	nem volt élő	nem volt élő	nem volt élő	nem volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	nem volt élő	nem volt élő	volt élő	volt élő	nem volt élő
9-F	nem volt élő	nem volt élő	nem volt élő	nem volt élő	volt élő	nem volt élő	nem volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő
9-24	nem volt élő	nem volt élő	nem volt élő	nem volt élő	volt élő	nem volt élő	volt élő	nem volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő
9-48	nem volt élő	nem volt élő	nem volt élő	nem volt élő	volt élő	volt élő	nem volt élő	nem volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő
10,5-F	nem volt élő	nem volt élő	nem volt élő	nem volt élő	nem volt élő	nem volt élő	nem volt élő	nem volt élő	nem volt élő	volt élő	volt élő	volt élő
10,5-24	nem volt élő	nem volt élő	nem volt élő	nem volt élő	nem volt élő	nem volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő
10,5-48	nem volt élő	nem volt élő	nem volt élő	nem volt élő	volt élő	nem volt élő	nem volt élő	nem volt élő	volt élő	nem volt élő	nem volt élő	volt élő
12-F	nem volt élő	nem volt élő	nem volt élő	nem volt élő	nem volt élő	nem volt élő	nem volt élő	nem volt élő	nem volt élő	nem volt élő	nem volt élő	volt élő
12-24	nem volt élő	nem volt élő	nem volt élő	nem volt élő	nem volt élő	nem volt élő	nem volt élő	nem volt élő	volt élő	nem volt élő	volt élő	volt élő
12-48	nem volt élő	nem volt élő	nem volt élő	nem volt élő	nem volt élő	nem volt élő	nem volt élő	nem volt élő	volt élő	nem volt élő	nem volt élő	nem volt élő
48 óra												
Kontroll	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő
5-F	nem volt élő	nem volt élő	nem volt élő	nem volt élő	nem volt élő	nem volt élő	nem volt élő	nem volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő
5-24	nem volt élő	volt élő	nem volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő
5-48	nem volt élő	nem volt élő	nem volt élő	nem volt élő	volt élő	nem volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő
7,5-F	nem volt élő	nem volt élő	nem volt élő	nem volt élő	volt élő	nem volt élő	nem volt élő	nem volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	nem volt élő
7,5-24	nem volt élő	nem volt élő	nem volt élő	nem volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő
7,5-48	nem volt élő	nem volt élő	nem volt élő	nem volt élő	nem volt élő	volt élő	nem volt élő	nem volt élő	nem volt élő	volt élő	volt élő	nem volt élő
9-F	nem volt élő	nem volt élő	nem volt élő	nem volt élő	nem volt élő	nem volt élő	nem volt élő	volt élő	volt élő	nem volt élő	volt élő	volt élő
9-24	nem volt élő	nem volt élő	nem volt élő	nem volt élő	nem volt élő	nem volt élő	nem volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő
9-48	nem volt élő	nem volt élő	nem volt élő	nem volt élő	volt élő	nem volt élő	nem volt élő	nem volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő
10,5-F	nem volt élő	nem volt élő	nem volt élő	nem volt élő	nem volt élő	nem volt élő	nem volt élő	nem volt élő	nem volt élő	volt élő	volt élő	volt élő
10,5-24	nem volt élő	nem volt élő	nem volt élő	nem volt élő	nem volt élő	volt élő	nem volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő	volt élő
10,5-48	nem volt élő	nem volt élő	nem volt élő	nem volt élő	volt élő	nem volt élő	nem volt élő	nem volt élő	volt élő	volt élő	nem volt élő	nem volt élő
12-F	nem volt élő	nem volt élő	nem volt élő	nem volt élő	nem volt élő	nem volt élő	nem volt élő	volt élő	nem volt élő	volt élő	nem volt élő	volt élő
12-24	nem volt élő	nem volt élő	nem volt élő	nem volt élő	nem volt élő	nem volt élő	nem volt élő	nem volt élő	volt élő	nem volt élő	nem volt élő	nem volt élő
12-48	nem volt élő	nem volt élő	nem volt élő	nem volt élő	nem volt élő	nem volt élő	nem volt élő	nem volt élő	nem volt élő	nem volt élő	nem volt élő	nem volt élő

5.6 Hatodik kísérlet eredménye

Az embriológiai kísérlet nem vár eredménnyel zárult. Az embriók az összes oldatban (közte a a közel két hetes oldatban is) 24 órán belül elpusztultak. Érdekes megfigyelés, hogy a kísérletben véletlenül ikrahéjban maradt embrió viszont életben maradt (6. táblázat).

6. táblázat a különböző korú törzsolatokból készült, 12 ppm-es klórmész oldatokban életben maradt zebradánió embriók száma 24 óra inkubáció után

Törzsoldat kora	A	B	C	D
Kontroll	10	10	10	10
13	0	0	0	0
9	0	0	0	0
7	0	0	0	0
3	0	0	0	0

5.7. Következtetések és javaslatok

A bevezetésben foglalt kritériumokat végig véve az alábbi megállapítások tehetők

1. *legyen gyorsan lebomló, hogy a későbbi plankton „lépcsők” kialakulását ne gátolja*

A lebomlás nem minden esetben gyors, a toxikusság bizonyos körülmények között akár két hétig is fennállhat.

2. *legyen drasztikus hatású a planktonikus rákokra, különösen a Copepoda-kra*

A klórmész drasztikus hatása szelektív. A kerekesszék és egyes ágascsapú rákok érzékenyek rá, de az evezőlábú rákok egyes csoportjai jól tolerálják akár a magasabb dózisokat is

3. *legyen olyan széleskörben használt hatóanyag, melynek betiltása vélhetően sohasem fog bekövetkezni*

Ezt a feltételt valószínűleg teljesíti a készítmény.

4. *legyen olcsó: egy szezonban többször is és nagyobb tófelületekre is gazdaságosan alkalmazható*

A hatékonynak bizonyuló dózis esetében az interneten fellelhető ár (800-1000 Ft/kg, internet 4) hektáronként közel 100 e FT, ez önmagában jelentős összeg, bár amennyiben nem áll rendelkezésre más, hatékony anyag, valószínűleg kigazdálkodható.

5. *a kezelést követően ne keletkezzenek káros, a vízi környezetben felhalmozódni képes szermaradvány*

Szer felhalmozódás nem várható, de bizonyos körülmények között a toxikusság lényegesen hosszabb ideig fennállhat, mint az korábban gondoltuk

6. *a kezelő személyzetre, az egyszerű munkavédelmi előírások betartása mellett ne legyen veszélyes*

Ez valószínűleg biztosítható.

A kísérleteim eredményei alapján tehát arra a következtetésre jutottunk, hogy a klórmész csak igen korlátozottan alkalmas planktonszelekciós célú felhasználásra. Így nem olyan hatékony, mint a korábban használt vegyületek (Horváth és Tamás 1975, Horváth 1976; Horváth és Tamás 1979, Boltizár et al 2015). A *Copepoda*-kra irányuló hatását csak igen magas koncentráció mellett éri el, és így, az egy tóra felhasználandó klórmész mennyiségének költségét figyelembe véve valószínűleg nem gazdaságos a szer használata. A laboratóriumi kísérletek alapján valószínűsíthető, hogy a bomlási idő is magasabb, mint vártuk, illetve nehezen prognosztizálható, hogy mely környezeti paraméterek befolyásolják a toxikusságát, illetve annak időbeni változását.

A kísérleteket laboratóriumban végeztem, véleményem szerint érdemes lenne megvizsgálni tavi körülmények között a szer hatását, mivel egy tóban magasabb a szervesanyag tartalom. A szervesanyag jelenléte mellett gyorsabban bomlana el, tehát nem akadályozná az ún. planktonlépcsők kialakulását, és az ivadékokat sem veszélyeztetné. Továbbá megfigyeltük, hogy egyes plankoncsoportokra kifejezetten drasztikus hatással van a szer már egészen alacsony koncentrációnál is. Kísérletem kiemelt eredménye, hogy felhívja a figyelmet arra, hogy a tógazdaságokban napi rutin szerint alkalmazott vegyület alkalmazása során olyan paraméterek befolyásolhatják a kezelés eredményét, melyekről nem rendelkezünk kellő mélységű információval. Éppen ezért lehet, hogy a beavatkozás sok esetben inkább ártalmas a víztest ökoszisztémájára, mintsem jótékony hatást gyakorolna rá. Ezért javaslom ennek a témának felülvizsgálatát, részletesebb megismerését. Továbbá az alkalmazott klórmészadagok mennyiségének pontosítására, és okszerűségére is érdemes lenne további kutatásokat végezni. A szer kijuttatási formája általában por formájában történik gazdasági körülmények között. Véleményem szerint érdemes lenne megvizsgálni, hogy tiszta (kút vagy csapvízzel készült) oldat formájú kijuttatása mennyiben befolyásolná a szer hatékonyságát.

6. Összefoglalás

A folyamatosan növekvő keresletet a halak iránt csak úgy lehet kielégíteni, ha elegendő mennyiségű szaporítóanyagot tudunk előállítani. A halszaporítás keltetőházi lépések tökéletesítése során mindez lehetővé vált. A keltető berendezések segítségével nagyon magas kelési százalékot lehet elérni. Viszont amikor kihelyezzük a zsenge lárvákat az előnevelő tavainkba, megszűnik ez a mesterséges környezet, az ivadék a természetes folyamatokra van bízva. A lárvák érzékeny szervezetek, akár kisebb hatások is nagyban befolyásolhatják az életben maradási mutatókat. Egy hirtelen lehűlés, toxikus anyag bekerülése a vízbe, ragadozó rovarlárvák, ragadozó halak, madarak jelenlét, sőt planktonikus szervezetek, azon belül Copepoda (evezőlábú rákok osztálya) fajok predációja és *Cladocera* (ágascápú rákok fajok áttételes táplálék konkurenciája is károsítja az ivadékot. Munkám során az utóbbi biotikus tényező ellen kerestem hatékony megoldást. A kutatásom célja egy olyan szer megtalálása volt, amely drasztikusan hat a *Copepoda* és *Cladocera* fajokra, nem képez veszélyes szermaradványokat, fenntarthatóan, gazdaságosan alkalmazható és gyors bomlási idővel rendelkezik. Az általam vizsgált vegyszer a klórmész ($\text{Ca}(\text{ClO})_2$) volt. Ez a szer alkalmasnak ígérkezett, mivel sok szempontot teljes mértékben kielégítette az előzetesen támasztott várakozásokat.

A kísérletsorozatomban végén megállapíthattuk azt a tényt, hogy a klórmész csak igen korlátozottan alkalmas planktonszelekciós célú felhasználásra. Az előzetes irodalmi adatokkal ellentétben, csak néhány szempontot teljesített a laboratóriumi vizsgálatok során. Nem gyakorolt drasztikus hatást az evezőlábú rákokra, csak magas (12ppm) koncentrációnál mutatkoztak náluk a mérgezés tünetei. A kerekesszékűekre (*Rotatoria*) viszont már alacsonyabb (5ppm) koncentráció is végzetes hatást gyakorolt, pedig ezeknek a szervezeteknek a nagy számú jelenléte nagyon fontos az ivadéknevelés első szakaszában. Ugyan a szer bomlástermékei nem jelentenek veszélyt az ökoszisztémára, és fenntartható lenne a használata, viszont a bomlási ideje (szerves anyagoktól mentes) vízben nagyon lassú. Még 13 nap után is megőrizte fertőtlenítő, biocid hatását, a tesztelt zebrafish (*Danio rerio*) embrióit is nagymértékben károsította. Az eredményeket tömören összefoglalva elmondható, hogy elpusztította azokat szervezeteket, amelyekre nagy szükség lenne az ivadéknevelés során, ellenben életben hagyta azokat, amelyek ellen használni kívántuk. Mindezekon felül valószínűsíthető, hogy a szer potenciálisan veszélyt jelenthet a már táplálkozó ivadékokra is.

Ennek ellenére érdemes lenne véleményem szerint megvizsgálni a szert tavi körülmények között is, mivel a klórmész a szervesanyaggal, különösen az kísérletünkben nem vizsgált

iszappal reagál, így előfordulhat, hogy teljesen más dinamikát figyelhetünk meg a szer bomlása, illetve hatásmechanizmusa során. A munkám eredményeként, és a megfigyelések során, viszont reálisan felmerült annak a potenciális veszélye, hogy a klórmész használata a halastavi termelésben sok esetben okszerűtlen, eltúlzott mennyiségű lehet. Valószínű, hogy előfordulnak olyan esetek, hogy inkább károkat okozunk a használatával, mivel teljesen felborítja a biológiai egyensúlyt a víztestekben és ellenkező, vagy teljesen más irányú hatást érünk el a kezelés során, mint azt várjuk. Éppen ezért szorgalmaztuk ennek a részletesebb megvizsgálását, valamint további kutatások végzését a témában

7. Köszönetnyilvánítás

Ezúton szeretnék köszönetet mondani konzulenseimnek Dr. Horváth László Professzor Úrnak, Dr. Csorbai Balázsnak a hatalmas szakmai segítségükért, a rám áldozott idejükért, türelmükért és a dolgozatom elkészítésében való segítségükért.

Köszönettel tartozom Dr. Csenki-Bakos Zsolt Imre tudományos főmunkatársnak a kísérletemben felhasznált zebradánió embriók biztosításáért és szakmai segítségnyújtásáért, valamint, hogy helyszínt biztosított a toxikológiai kísérletem lebonyolításához.

Köszönöm Dr. Tóth Gergely tudományos munkatársnak, hogy a kísérleteimben felhasznált Daphniákat a rendelkezésemre bocsátotta, és a legelső kísérletemhez is helyszínt biztosított.

Köszönöm Dr. Müller Tamás tudományos főmunkatársnak, hogy mindig számíthattam szakértelmére, jó tanácsaira, valamint biztosította számomra a mintavételekhez szükséges eszközöket.

Köszönettel tartozom Bartucz Tamásnak, Csókás Endrének, hogy példát mutattak és tanácsokkal halmoztak el, Petényi Róbertnek, Benedek Boldizsárnak, Volner Cintiának, valamint a MATE AKI Halgazdálkodási Tanszék munkatársainak, akik segítettek a munkám elkészítése során.

Köszönetem szeretném nyilvánítani a Magyar Agrár-és Élettudományi Egyetem Akvakultúra és Környezetbiztonsági Intézet vezetésének, hogy helyszínt és infrastruktúrát adtak a kutatásom megvalósításához.

Továbbá köszönöm a Czikkhalas Halastavai Kft.-nek és az Aranyponty Zrt.-nek, hogy lehetőséget adtak a kísérleteimhez szükséges mintavételezésekre.

Végezetül szeretném megköszönni az Új Nemzeti Kiválósági Program munkámhoz nyújtotta támogatását (azonosító ÚNKP-2023-1-I-MATE-16).

8. Irodalom jegyzék

- Antón-Pardo, M. & Adámek, Z. (2015).: The role of zooplankton as food in carp pond farming: A review. *Journal of Applied Ichthyology*. 31. pp 7-14.
- Bíró, Gy. (2008).: A táplálkozás jelentősége a szív-és érrendszeri betegségek megelőzésében és kialakulásában–irodalmi áttekintés. *Élelmiszervizsgálati Közlemények*, 54(2). pp. 73-92.
- Bokor, Z. (2020).: Édesvízi haltenyésztés. in Bank Cs. (szerk). *Halászat, Haltenyésztés*. Herman Ottó Intézet Nonprofit Kft. Budapest. pp. 47-55, 75-120.
- Boltizár, O., Müller, T., Csorbai, B., Csenki, Zs., Hegyi, Á., & Horváth, L. (2015).: Analysis of natural piretrin agent on predator copepods and cyprinids larvae. *Magyar Állatorvosok Lapja*, 137(11) pp 663-669.
- Boltizár, O., Müller, T., Urbányi, B., Csenki, Zs., Bakos, K., Staszny, Á., Hegyi, Á., Kucska, B., Kucharczyk, D., Horváth, L. (2017).: Predatory effect of Copepods on the larvae of some freshwater fish. *Fundamental and Applied Limnology / Archiv für Hydrobiologie*. pp. 349-356.
- Cahn, A. (1929).: The Effect of Carp on a Small Lake: Carp as a Dominant. *Ecology*, pp. 271-274.
- Calixto, E. S., Santos, D. F. B., Lange, D., Galdiano, M. S., Rahman, I. U. (2020).: Aquaculture in Brazil and worldwide: overview and perspectives. *Journal of Environmental Analysis and Progress*, 5(1). pp.98–107.
- Carl, A. (1896).: *Das Süßwasserplankton Methode und Resultate der quantitativen Untersuchung* Kiel, Zool. Institut. pp.156-186.
- Culp, S. J., Beland, F. A. (1996).: Malachite green: a toxicological review. *Journal of the American College of Toxicology*, 15(3). pp. 219-238.
- Daam, M. A., Van den Brink, P. J., & Nogueira, A. J. (2008).: Impact of single and repeated applications of the insecticide chlorpyrifos on tropical freshwater plankton communities. *Ecotoxicology*, 17. pp. 756-771.
- Das, S. K. (2004).: Evaluation of a new spawning agent, Ovopel in induced breeding of Indian carps. *Asian Fisheries Science*, 17(4). pp. 313-322.
- EJ, T. (1914).: *American Journal of Public Health*, A Study of Calcium Hypochlorite as a Disinfectant of Water. pp. 424-425.

- Eszterbauer, E., Hoitsy, M. Gy., Rigler, E., Sipos, D., Nagy, B., Bertyné Hardy, T., Zsigmond, G., Szabó R., Hoitsy, Gy. (2018).: *Saprolegnia* fajok okozta ikrapenészedés kezelési lehetőségei a gyakorlatban, *Halászat-Tudomány*, 4. évfolyam, 1.szám. pp. 10-11.
- FAO (2000).: *The State of World Fisheries and Aquaculture*, FAO Fisheries Department, Rome, Italy. pp. 3-6.
- FAO (2011).: *FAO Fisheries and Aquaculture Department, Global Aquaculture Statistics for the Year*. pp.1-3.
- FAO 2022: *The State of fisheries and Aquaculture 2022, towards Blue Transformation*, Rome, Italy, 5-83.pp
- Farag, M.R., Alagawany, M., Bilal, R.M., Gewida, A.G.A., Dhama, K., Abdel-Latif, H.M.R., Amer, M.S., Rivero-Perez, N., Zaragoza-Bastida, A., Binnaser, Y.S., Batiha, G.E., Naiel, M.A.E. (2021).: *An Overview on the Potential Hazards of Pyrethroid Insecticides in Fish, with Special Emphasis on Cypermethrin Toxicity*. *Animals* ,Basel. pp.1-2.
- Hancz, Cs. (2007).: *Haltenyésztés*. pp. 1-52, 74-142, 170.
- Harka, Á., Sallai, Z., (2004).: *Magyarország halfaunája*. Nimfea Természetvédelmi Egyesület: Szarvas, pp 124-125;
- Honji, R.M., Caneppele, D., Pandolfi, M., Nostro, F.L.L., Moreira, R.G. (2019).: *Characterization of the gonadotropin-releasing hormone system in the Neotropical teleost, Steindachneridion parahybae during the annual reproductive cycle in captivity. General and Comparative Endocrinology*. 273.pp.73-85
- Horváth, L. & Tamás, G., 2011. *Halivadék-nevelés*. 2. kiadás, Gödöllő, Vármédia-Print Kft , pp. 48-64.
- Horváth, L. (1979).: *World Symp. on Fish Nutrition and Fishfeed Technology*. The rearing of warmwater fish larvae, pp.355-366.
- Horváth, L. (ed.) (2000).: *Halbiológia és haltenyésztés, egyetemi tankönyv*, Mezőgazda Kiadó, Budapest, pp. 250-252
- Horváth, L. és mtsai., (2000).: *Halbiológia és haltenyésztés*. Budapest: Mezőgazda kiadó, pp. 168; 206; 214 ; 220 ; 233; 264-266.
- Horváth, L., Csorbai, B., Urbányi, B., Tamás, G. (2009).: *Néhány halfaj ivadékanak táplálkozási adaptációja a zooplankton-kínálathoz*. *Állattani Közlemények*. 94. pp.131–145.
- Horváth, L., Tamás, G. (1976).: *Pontyfélék, Pontyfélék előnevelése optimális zooplankton viszonyok között*, *Hidrológia közlöny*. p. 35.

- Horváth, L., Tamás, G., & Coche, A. G. (1985).: Common Carp: Mass production of advanced fry and fingerlings in ponds. Food & Agriculture. pp. 1-50.
- Horváth, L., Tamás, G., Coche, A., Mohagheghi, Hedayatifard, M. (2012).: Common carp. Part. 2. Mass production of advanced fry and fingerlings in ponds pp 1-50
- Horváth, L., Tamas, G., Seagrave, C. (2007).: Carp and pond fish culture: Second edition. pp 58-61.
- Horváth, L., Tamás, G., Wondrak, P., (1975).: Der Fischwirt, Die chemische Regulierung des Zooplanktonbestandes, Jahrgang 25, Nummer 10. pp. 63-65.
- Ivánovics, B., (2023).: Az aflatoxin B1 embrionális fejlődésre és veleszületett immunrendszerre gyakorolt hatásainak vizsgálata zebradánió (Danio rerio). PhD disszertáció. Magyar Agrár- és Élettudomány Egyetem, Gödöllő. pp. 33-65.
- Karuthapandi, M., Rao, D.V. (2016).: Cladoceran Diversity, Distribution and Ecological Significance. In: Chakravarthy, A., Sridhara, S. (eds) Arthropod Diversity and Conservation in the Tropics and Sub-tropics. Springer, Singapore. pp. 1-11.
- Khan, F. R., Alhewairini, S. S. (2018).: Zebrafish (Danio rerio) as a model organism. Current trends in cancer management, 27. pp. 3-18.
- Kiss G. (2023).: Lehalászás jelentés AKI Budapest XXVIII évf. 1. szám pp. 2-34.
- Lammens, E., Hoogenboezem, W. (1991).: Diets and Feeding Behavior. in I Winfield, J Nelson, eds. Cyprinid Fishes. London: Chapman and Hall. Pp. 353-376
- Lieke, T., Meinelt, T., Hoseinifar, S. H., Pan, B., Straus, D. L., Steinberg, C. E. (2020).: Sustainable aquaculture requires environmental-friendly treatment strategies for fish diseases. Reviews in Aquaculture, 12(2). pp. 943-965.
- Lynne M. Witty, (2004).: Practical Guide to Identifying Freshwater Crustacean Zooplankton, Cooperative Freshwater Ecology Unit, Department of Biology, Laurentian University 935 Ramsey Lake Road, Sudbury, Ontario, Canada., pp. 17-37.
- Macan, J., Varnai, V. M., Turk, R. (2006).: Health Effects of Pyretrins and Pyrethroids. Arhiv za higijenu rada i toksikologiju, 57(2). pp. 237-243.
- McCrimmon, H. (1968).: Carp in Canada. Fisheries Research Board of Canada. pp. 1-37.
- McGlynn, W. (2004).: Food Technology Fact Sheet: Guidelines for the Use of Chlorine Bleach as a Sanitizer in Food Processing Operations. Oklahoma State University. p. 116.
- Metian, M., Troell, M., Christensen, V., Steenbeek, J. Pouil, S. (2019): Mapping diversity of species in global aquaculture, Reviews in aquaculture. pp. 1090-1100.

- Mishra, V., Abrol, G. S., & Dubey, N. (2018).: Sodium and Calcium Hypochlorite as Postharvest Disinfectants for Fruits and Vegetables. *Postharvest Disinfection of Fruits and Vegetables*. pp. 253–272.
- Molnár, K. (2003).: Fertőtlenítés, in (szerk) Fűrész, Gy., *Halbetegségek*. MOHOSZ. pp.54-55.
- Mucsi, I., Lódi, Gy., Sztanó, J. (2013).: *Halbetegségek*.1-34.pp.
- Piasecki, W., Goodwin, A. E., Eiras, J. C., Nowak, B. F. (2004).: Importance of Copepoda in freshwater aquaculture. *Zoological studies*, 43(2). pp. 193-205.
- Pintér, K. (2015).: *Magyarország Halai*. Mezőgazda Kiadó, Budapest, pp.166-169.
- Richardson, S.D., Plewab, M.J., et al. (2007).: Occurrence, genotoxicity, and carcinogenicity of regulated and emerging disinfection by-products in drinking water: a review and roadmap for research. *Rev. Mutat. Res.* 636. pp. 178–242.
- Roy, P. E., Erlacher-Reid, C (2012).: Biosecurity in Aquaculture, Part 1: An Overview, Southern regional aquaculture center. p. 13.
- Sahadan, F. N., Christianus, A., Ina-Salwany, M. Y., Ismail, F. S., Othman, R., Zulperi, Z. (2022).: Gonadotropin-Releasing Hormone (GnRH)-Its Approaches to Improve Reproduction in Fish. *Sains Malaysiana*, 51(11). pp.3539-3549.
- Sandor, Z., Papp, Z., Csengeri, I., Jeney, Zs. (2011).: Fish meat quality and safety. *Scientific Journal "Meat Technology"*, 52(1). pp. 97-105.
- Seda, J., Petrusek, A. (2011).: Daphnia as a model organism in limnology and aquatic biology: introductory remarks. *Journal of Limnology*, 70(2). pp. 337-344.
- Sevignani, D., Buzzacaro, E., Fortuna, N. B. (2020).: Monitoramento da hora-grau necessária para extrusão de ovócitos de reprodutoras de colossoma macropomum Monitoring the time-grade required for extrusion of oocytes reproductive from colossoma macropomum.
- Srivastava, S., Sinha, R., Roy, D. (2004).: Toxicological effects of malachite green. *Aquatic toxicology*, 66(3). pp. 319-329.
- Sun, F., Chen, H. S. (2008).: Monitoring of pesticide chlorpyrifos residue in farmed fish: Investigation of possible sources. *Chemosphere*, 71(10). pp. 1866-1869.
- Tamas, G., Horvath, L. (1975).: Die chemische Regulierung des Zooplankton bestandes von Brutstreckteichen. *Der Fischwirt*25(10). pp. 6–7.
- Tamas, G., Horvath, L.(1976).: Growth of Cyprinids under optimal zooplankton conditions. *Bamidgeh Bull for Fish Culture*28(3). pp. 50–56.

Tkaczyk, A., Bownik, A., Dudka, J., Kowal, K., Ślaska, B. (2021).: *Daphnia magna* model in the toxicity assessment of pharmaceuticals: A review. *Science of the Total Environment*. pp1-3

Weber, M. J., Brown, M. L. (2013).: Density Dependence and Environmental Conditions Regulate Recruitment and First-Year Growth of Common Carp in Shallow Lakes *Transactions of the American Fisheries Society*. pp.421-482.

Wurts, W. A., Masser, M. P. (2004).: Liming ponds for aquaculture. Southern Regional Aquaculture Center. pp.1-6.

Internetes források:

Internet 1: https://oceans-and-fisheries.ec.europa.eu/facts-and-figures/facts-and-figures-common-fisheries-policy/consumption_en (hozzáférés dátuma: 2023.10.17)

Internet 2: http://oko2000.hu/vkszh/download/VKSZH_12-1-2013-0078_kiadvany_hun_2018.pdf (hozzáférés dátuma: 2023.10.10)

Internet 3: <https://portal.nebih.gov.hu/-/visszavonta-az-europai-bizottsag-a-klorpirifosz-es-a-klorpirifosz-metil-hatoanyagok-engedelyet> (hozzáférés dátuma: 2023.10.10)

Internet 4: <https://farm24.hu/KLORMESZ-25-KG> (hozzáférés dátuma: 2023.10.25)

Internet5: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Calcium-hypochlorite#section=Structures> (hozzáférés dátuma 2023.10.10)