ADRIAN JECHEI

EFECTUL MUZICII ASUPRA CREŞTERII ŞI DEZVOLTĂRII ÎN CAZUL SPECIEI *OREOCHROMIS NILOTICUS*

ISBN 978-606-92028-9-0

BIOFLUX
CLUJ-NAPOCA, 2009

Autor: **Adrian Jechei**

Referenți științifici:

Asist. drd. ing. Anca Mihaela Boaru
CS II Dr. Ioan Valentin Petrescu-Mag

Director editură: **Ioan Valentin Petrescu-Mag**
Consilier editorial: **Ruxandra Mălina Petrescu-Mag**

Editura: **Bioflux, Cluj-Napoca**

ISBN 978-606-92028-9-0

Cuprins

Partea I

CAPITOLUL I. SISTEMELE RECIRCULANTE DIN ACVACULTURĂ

I.1. Noţiuni introductive 4

I.2. Principii de funcţionare a sistemelor recirculante 9

I.2.1. Controlul reziduurilor organice din sistem 9

I.2.2. Filtrarea biologică 12

I.2.3. Dezinfecţia apei de cultură 17

I.2.4. Controlul gazelor dizolvate 21

I.3. Parametrii de calitate ai apei ca mediu de cultură 24

CAPITOLUL II. TILAPIA. CARACTERIZAREA SPECIEI *OREOCHROMIS NILOTICUS* (Linnaeus 1758)

II.1. Scurt istoric. Răspândire geografică. 28

II.2. Încadrarea taxonomică a speciei *Oreochromis niloticus* 30

II.3. Biologia speciei *Oreochromis niloticus* 31

II.3.1. Particularităţi biomorfologice 31

II.3.2. Nutriţia peştilor tilapia 32

II.3.3. Particularităţi de reproducţie 36

II.3.4. Cerinţele speciei cu privire la parametrii de calitate ai apei 39

II.4. Importanţa economică a peştilor tilapia 41

CAPITOLUL III. SUNETUL ÎN VIAŢA PEŞTILOR

III.1. Introducere 43

III.2. Efectele sunetului asupra peştilor 45

Partea a II-a

CAPITOLUL IV. CONTRIBUŢII PERSONALE. PREZENTAREA EXPERIMENTULUI REALIZAT

IV.1. Obiectivul şi descrierea experimentului 49

IV.2. Asigurarea infrastructurii necesare 51

IV.2.1. Alegerea locaţiei 51

IV.2.2. Construcţia sistemelor recirculante 52

IV.2.2.1. Construcţia suportului metalic şi montarea poliţelor din lemn 53

IV.2.2.2. Pregătirea bazinelor şi instalarea conductelor de apă 56

IV.2.2.3. Asigurarea filtrării mecanice. Tipuri de filtre utilizate şi montarea lor. 59

IV.2.2.4. Asigurarea filtrării biologice. Filtrul biologic. 64

IV.2.2.5. Aerarea, oxigenarea şi încălzirea apei de cultură 66

IV.2.2.6. Pompele utilizate pentru recircularea apei din sisteme 69

IV.2.3. Principiul de funcţionare al sistemului recirculant 71

IV.2.4. Construcţia dispozitivului de difuzare a muzicii în apa de cultură 72

IV.2.5. Echipamentele auxiliare utilizate în cadrul experimentului 75

IV.3. Derularea experimentului 76

IV.3.1. Procurarea materialului biologic. Popularea bazinelor de creştere. 76

IV.3.2. Alimentaţia peştilor. Stabilirea programului de audiţie muzicală în concordanţă cu programul de hrănire. 78

IV.3.3. Monitorizarea calităţii apei 81

IV.3.4. Efectuarea măsurătorilor corporale. Centralizarea datelor obţinute. 83

IV.4. Interpretarea rezultatelor obţinute 98

IV.5. Concluzii şi recomandări 101

Bibliografie 104

Partea I

CAPITOLUL I.

SISTEMELE RECIRCULANTE DIN ACVACULTURĂ

I.1. Definiţie. Noţiuni introductive.

Creşterea accelerată înregistrată la nivel global în ultimele două decenii, a numărului de unităţi de producţie din acvacultură, a atras după sine o inevitabilă dezvoltare a cercetării ştiinţifice din acest domeniu. S-a impus dezvoltarea şi implementarea unui nou sistem de creştere, independent faţă de influenţele mediului extern, în care parametrii mediului de cultură, ca şi factori decisivi în determinarea cantităţii şi a calităţii organismelor acvatice crescute, să poată fi uşor monitorizaţi şi corectaţi spre valori optime specifice speciilor crescute, capabil să reducă la minim consumul de apă necesar procesului tehnologic deci prin urmare să maximizeze randamentul de producţie al unităţilor acvacole raportat la unitatea de volum sau de suprafaţă.

Astfel au început să se contureze sistemele recirculante (fig. 1), drept o idee îndrăzneaţă la început dar care s-a dovedit în timp a fi o alternativă importantă la acvacultura tradiţională, de heleşteu.

Fig. 1. Unitate piscicolă în sistem recirculant

Acvacultura tradiţională sau creşterea peştilor în iazuri şi heleşteie, necesită pentru o bună desfăşurare a întreg procesului tehnologic, o cantitate foarte mare de apă. Spre exemplu, pentru inundarea unui heleşteu cu o suprafaţă de un hectar şi cu o adâncime medie de 1,5 metri, este necesară o cantitate de apă egală cu 15 000 de m^3 la care se mai adaugă un volum echivalent de apă ce formează pierderile inevitabile prin evaporaţie şi infiltraţii. Rezultă astfel că pentru a obţine o producţie unitară medie de 3000 kg peşte la hectar sunt necesari 10 m^3 de apă/kg peşte (*Victor Cristea, Iulia Grecu, Cornel Ceapă*, 2002). Acest lucru conduce practic la o limitare substanţială a zonelor geografice în care aceste sisteme de acvacultură să poată fi aplicate, fiind propice doar zonele cu resurse bogate în apă şi terenuri adecvate construirii heleşteielor.

Sistemele recirculante din acvacultură însă (engl. *Aquaculture Recirculating Systems*, prescurtat *RAS*) înfăţişează o nouă tehnologie de creştere bazată pe ideea reutilizării apei de cultură readusă la parametrii optimi în urma tratării ei la nivel fizic, chimic şi biologic. Acest lucru face ca apa folosită în unităţile de creştere să fie în cantităţi mult mai mici comparativ cu sistemele clasice pentru obţinerea unei cantităţi identice de peşte. De asemenea, datorită faptului că în cadrul sistemelor recirculante se utilizează bazine din material plastic, fibră de sticlă sau alte materiale, populate la densităţi foarte mari pe unitatea de suprafaţă sau volum (fig. 2.), pentru obţinerea produsului de cultură, cerinţa de spaţiu este mult redusă comparativ cu suprafeţele necesare amplasării heleşteielor de pământ.

Fig. 2. Bazin de creştere populat la o densitate mare de peşte
(preluare *Summerfelt, S. T. 2002*)

Succesul acestor sisteme noi de creştere din acvacultură a fost puternic influenţat de numeroasele avantaje pe care acestea le oferă crescătorilor:

- permit un control total cât şi o monitorizare facilă a tuturor parametrilor fizici şi chimici ai mediului de cultură. În cadrul unui sistem recirculant, controlul deplin a unor factori precum temperatura apei, cantitatea de oxigen dizolvat în apă, timpul de expunere a culturii la lumină/întuneric cât şi gradul de încărcare a apei de cultură cu substanţe organice, favorizează obţinerea unor producţii net superioare într-un timp mai scurt crescând astfel randamentul de producţie al unităţii şi implicit rentabilitatea fermei prin scăderea substanţială a costurilor de producţie.
- permit economisirea resurselor de apă. Comparativ cu sistemele *flow-through*, unde pentru un kilogram de peşte sunt necesari câţiva m^3 de apă, într-un sistem recirculant pentru obţinerea aceleiaşi cantităţi de peşte sunt necesari sub 100 de litri de apă.
- prezintă un impact negativ redus asupra mediului înconjurător. Acest lucru este datorat echipamentelor moderne de filtrare a apei care reuşesc să îndepărteze resturile de furaj neconsumate cât şi materiile fecale rezultate în urma procesului de digestie a peştilor înainte ca acestea să înceapă să se descompună în interiorul sistemului, astfel încât apa înlocuită periodic din sistem, zilnic sau săptămânal, va întrunii toate cerinţele de puritate prevăzute prin lege, înregistrându-se astfel un efect negativ minim asupra mediului înconjurător.
- asigură o izolare totală a organismelor cultivate faţă de mediul exterior. Este rezolvată astfel una dintre marile probleme din acvacultură. Exemplarele evadate dintr-un sistem clasic de creştere pot influenţa negativ genofondul populaţiilor sălbatice de aceeaşi specie din zonele adiacente fermei, prin introducerea unor gene care să nu asigure un nivel optim de supravieţuire a indivizilor acelei specii. Prin adoptarea sistemului recirculant de creştere este posibilă creşterea unor specii noi, nespecifice locului dar cu valoare economică ridicată, fără riscul de a deveni specii invazive prin evadarea unor exemplare capabile de a se reproduce în mediul natural în care acestea au scăpat.
- asigură trasabilitatea şi biosecuritatea produselor. Creşterea într-un spaţiu închis, controlat, specifică sistemelor recirculante, dă posibilitatea obţinerii unei calităţi superioare a produselor printr-o monitorizare atentă a inputurilor din sistem.
- oferă posibilitatea de amplasare a unităţilor de producţie în apropierea pieţelor de desfacere. Deoarece sistemele recirculante nu necesită cantităţi mari de apă iar reziduurile organice rezultate în urma procesului de producţie sunt într-o formă concentrată, ce permite colectarea şi neutralizarea uşoară a acestora, amplasarea fermelor

acvacole nu necesită locaţii îndepărtate de oraşe. Astfel se reduc costurile suplimentare datorate transportului mărfii de la producător înspre punctele de desfacere a acesteia şi se asigură o prospeţime ridicată a produselor acvacole, atât de căutată de către consumatori.

- permit integrarea activităţii de creştere a organismelor acvatice cu alte activităţi agricole productive. Astfel, ceea ce în mod normal se pierdea într-un sistem clasic de creştere, acum se poate valorifica. Materia organică rezultată în urma creşterii peştilor poate servi ca îngrăşământ veritabil în cultura plantelor la fel şi apa înlocuită periodic din sistem datorită concentraţiei ridicate de azotaţi dizolvaţi. Pe baza acestor principii a luat naştere un nou sistem de creştere ce reuşeşte să îmbine acvacultura sau creşterea organismelor acvatice cu tehnologia culturilor hidroponice din horticultură : aquaponics (fig.3.).

Fig. 3. Un exemplu de sistem integrat pentru creşterea peştilor şi a plantelor

Ca orice altă tehnologie de altfel, sistemele recirculante prezintă pe lângă avantajele mai sus evidenţiate şi unele dezavantaje:

- tehnologizarea intensivă a procesului de creştere impune utilizarea unor dispozitive, instalaţii relativ scumpe. Preţul total pentru înfiinţarea unei unităţi de creştere pe un astfel de sistem poate atinge şi chiar depăşi suma de 100 000 de euro lucru ce face ca această tehnologie să fie pentru mulţi crescători deocamdată inaccesibilă.
- necesită un consum relativ mare de energie. Recircularea apei prin instalaţiile de filtrare se face utilizând pompe electrice de mare capacitate. De asemenea, filtrele mecanice precum filtrele cu tambur, filtrele cu discuri, filtrele cu nisip sub presiune, necesită pentru funcţionarea lor energie electrică. La acestea se mai adaugă energia termică sau electrică utilizată pentru încălzirea apei de cultură precum şi energia consumată cu iluminatul încăperilor ce găzduiesc toate aceste sisteme (halele industriale).
- necesită un personal calificat înalt specializat. Complexitatea sistemelor recirculante obligă practic o bună cunoaştere a tuturor proceselor şi fenomenelor ce au loc în cadrul lor, o abordare superficială a oricărui detaliu nefiind acceptată, aceasta atrăgând după sine consecinţe grave în 100 % din cazuri. Nu trebuie uitat faptul că sistemele recirculante sunt sisteme închise ce funcţionează adesea la o capacitate maximă tocmai pentru a justifica costurile mari cu energia şi cu investiţiile în echipamente specializate iar schimbările privind calitatea mediului de cultură pot surveni brusc cu consecinţe nefaste asupra organismelor acvatice crescute. Aici intervine profesionalismul crescătorului, a cărui datorie este să păstreze în permanenţă acest echilibru fragil prin măsurile preventive luate bazate pe o bună cunoaştere şi înţelegere a fenomenelor fizice şi chimice ce au loc în sistem.

I.2. Principii de funcţionare a sistemelor recirculante

Interesul mărit pe care l-a stârnit această nouă tehnologie în rândul celor din domeniul acvaculturii cumulat eforturilor acestora de a perfecţiona încontinuu fluxul procesului tehnologic în scopul obţinerii unor randamente superioare cu un cost cât mai redus şi pe cât posibil cu un efort minim, a făcut practic ca în momentul de faţă, oferta de variante constructive să fie extrem de variată. Din acest motiv, o abordare singulară gen *sistem recirculant* este prea puţin spus, ea nereuşind să surprindă într-un mod real aspectul şi complexitatea ce caracterizează această tehnologie.

Designul acestor sisteme variază de la o fermă la alta, ordinea, numărul şi tipul instalaţiilor utilizate reliefând fidel varianta optimă ce ţine cont de ingeniozitatea şi interesul crescătorului, particularităţile biologice ale speciei crescute, zona de amplasament a unităţii şi nu în ultimul rând de puterea economică a crescătorului. Deşi din punct de vedere constructiv, oferta este deosebită, pentru a funcţiona eficient, sistemele recirculante respectă aceleaşi principii de funcţionare indiferent de soluţia constructivă aleasă:

- îndepărtarea eficientă a materiei organice reziduale din sistem
- asigurarea condiţiilor necesare dezvoltării şi proliferării bacteriilor nitrificatoare în scopul neutralizării amoniacului şi nitriţilor din apa de cultură
- eliminarea agenţilor patogeni din apa de cultură prin metode de dezinfecţie a apei
- controlul gazelor dizolvate precum dioxidul de carbon şi azotul
- asigurarea unei cantităţi optime de oxigen dizolvat în apă prin metode de aerare a apei

I.2.1. Controlul reziduurilor organice din sistem

Totalitatea furajelor neconsumate şi a dejecţiilor rezultate în urma digestiei furajelor ingerate formează reziduurile organice dintr-un sistem recirculant. Prezenţa şi acumularea în cantităţi mari a acestora în mediul de cultură induce o serie de efecte negative asupra calităţii apei scăzând totodată eficienţa dispozitivelor de tratare a apei. Dezavantajele existenţei unui grad ridicat de încărcare a apei cu substanţe organice sunt expuse mai jos (traducere *http://www.usf.uos.de/projects/AquacultureUzbekistan/pdf/RAS.pdf*):

- prin degradarea lor biologică, reziduurile organice sunt mari consumatoare de oxigen, reducându-se astfel cantitatea totală de oxigen disponibil speciei de cultură cu efecte negative asupra calităţii vieţii acesteia.

- prin descompunerea acestora creşte cantitatea totală de azot amoniacal care pe lângă toxicitatea acută a amoniacului asupra peştilor, influenţează negativ şi activitatea bacteriilor nitrificatoare.
- cantităţile mari de substanţe organice în cadrul sistemului favorizează proliferarea bacteriilor heterotrofe reducând numărul bacteriilor nitrificatoare prin concurenţă.
- suportul organic constituie un mediu de dezvoltare excelent pentru diverşi agenţi patogeni.
- particulele solide din apă pot colmata în timp filtrele biologice înrăutăţind capacitatea acestora de a neutraliza amoniacul din apă.
- o cantitate mare de reziduuri în apa de cultură poate cauza încetarea funcţionării corespunzătoare a întreg sistemului prin colmatarea căilor de circulaţie a apei în sistem, a aeratoarelor şi pompelor prin înfundarea gurilor de absorbţie şi de redistribuire a apei în sistem.
- o acumulare în exces de materie organică în cadrul sistemului favorizează apariţia condiţiilor anaerobe ideale pentru dezvoltarea unor bacterii (cianobacterii) responsabile pentru producerea unor compuşi chimici ce imprimă cărnii de peşte miros şi gust neplăcut (2-methylisoborneol şi geosmin).
- particulele de materie organică aflate în suspensie pot provoca leziuni la nivelul epiteliilor branhiale precum şi la nivelul înotătoarelor, zonele iritate fiind susceptibile la infecţii cu diverşi agenţi patogeni. S-a constatat că, peştii crescuţi într-un sistem cu o încărcare în materie organică peste limitele admise, sunt mult mai expuşi apariţiei bolilor decât cei crescuţi într-o apă curată.
- indirect, suspensiile organice din apă conduc la realizarea unor sporuri de creştere modeste prin pierderile mari de furaje înregistrate. O apă tulbure reduce considerabil vizibilitatea hranei în apă.

În funcţie de dimensiunea particulelor şi de comportamentul lor în mediul apos, solidele ce alcătuiesc reziduurile organice din sistem se pot clasifica în patru mari categorii după cum urmează: solide sedimentabile, solide aflate în suspensie, solide flotante şi solide dizolvate (*Victor Cristea, Iulia Grecu, Cornel Ceapă,* 2002).

Solidele sedimentabile (>100 μm) (*Wayne Hutchinson*, *Mathew Jeffrey*, *David O'Sullivan*, *Daniel Casement* şi *Steven Clarke*, ianuarie 2004), reprezintă forma cea mai facilă de îndepărtat din sistemul de cultură. Sunt considerate a fi sedimentabile, solidele ce se depun pe fundul bazinului în mai puţin de o oră, în condiţii de apă liniştită (*Victor Cristea, Iulia Grecu, Cornel Ceapă,* 2002). Modalităţile de înlăturare a acestora din cadrul sistemului sunt multiple, de la

utilizarea unui drenaj corespunzător ca şi amplasament în interiorul bazinelor de creştere, la utilizarea unor echipamente, instalaţii dedicate acestui scop precum decantoarele sau bazinele de sedimentare, filtrele mecanice cu site sau cu materiale granulare şi separatoarele centrifugale sau hidrocicloanele.

Solidele suspendate în masa apei (<100 μm) (*Wayne Hutchinson*, *Mathew Jeffrey*, *David O'Sullivan*, *Daniel Casement* şi *Steven Clarke* în ianuarie 2004), reprezintă acea categorie de reziduuri ce nu se pot îndepărta din apa de cultură prin utilizarea mijloacelor, procedeelor enunţate mai sus. Aceste particule sunt responsabile în mare măsură de crearea disconfortului general în rândul efectivelor crescute, prin provocarea unor iritaţii la nivelul branhiilor (*Victor Cristea, Iulia Grecu, Cornel Ceapă,* 2002). Pentru îndepărtarea acestora din sistemul de cultură adesea se utilizează cu rezultate bune filtrele mecanice cu site fine sau cu mediu filtrant granular (material plastic, nisip).

Solidele flotante sunt acele solide care se aglomerează la suprafaţa apei datorită densităţii lor scăzute. Au dimensiuni în general mari, îndepărtarea acestora reprezentând rar o problemă majoră, recoltându-se pur şi simplu cu o sită de la suprafaţa apei.

Solidele fine, *dizolvate în apă*, sunt solidele suspendate în apa de cultură al căror diametru este mai mic de 30 μm (*Victor Cristea, Iulia Grecu, Cornel Ceapă,* 2002). Solidele fine sporesc cerinţa în oxigen a sistemului de cultură contribuind alături de solidele suspendate de dimensiuni mai mari, la iritarea, lezarea branhiilor peştilor (*Victor Cristea, Iulia Grecu, Cornel Ceapă,* 2002). În ceea ce priveşte reducerea concentraţiei acestor microparticule din apă până la o valoare la care bunăstarea fiziologică a peştilor nu mai este afectată, sunt necesare dispozitive speciale deoarece eficacitatea filtrelor mecanice în captarea, reţinerea şi îndepărtarea acestor microparticule este foarte redusă. În acest scop se utilizează pe scară largă spumătoarele (engl. *skimmers*), cu rezultate foarte bune în îndepărtarea acestora din sistem (*Victor Cristea, Iulia Grecu, Cornel Ceapă,* 2002).

Alegerea soluţiei optime, ca o rezultantă a considerentelor practice şi economice, în ceea ce priveşte atingerea şi menţinerea calităţii apei de cultură, din punct de vedere al materiei organice reziduale totale, va ţine cont de necesităţile biologice ale speciei de cultură şi de scopul pentru care se construieşte un astfel de sistem de creştere (întreţinere reproducători, creştere puiet, creştere peşte de consum). Cunoaşterea tuturor sistemelor de filtrare existente pe piaţă reprezintă o necesitate. Sistemele de filtrare au, de obicei, o specificitate pentru o anumită categorie de reziduuri, deocamdată, din păcate, neexistând un singur sistem cu acţiune largă de îndepărtare a acestora. De aceea, o analiză atentă făcută asupra avantajelor şi dezavantajelor pe care le posedă fiecare sistem de filtrare în parte sub aspect practic şi economic, care să fie corelată cu

necesităţile speciei de cultură, va avea drept rezultat soluţia cea mai avantajoasă pentru investitor, capabilă să satisfacă majoritatea cerinţelor impuse iniţial. Adesea unitatea de tratare a apei de cultură dintr-un sistem recirculant este de fapt un ansamblu complex de sisteme de filtrare cu o specificitate pentru un anumit parametru de calitate a apei.

I.2.2. Filtrarea biologică

Acvacultura modernă, prin adoptarea sistemelor superintensive de creştere, urmăreşte eficientizarea activităţilor implicate, prin optimizarea necesarului de resurse energetice, materiale, financiare şi umane, din cadrul procesului de producţie. Exceptând contribuţia importantă pe care o reprezintă mijloacele tehnice moderne de producţie, un rol imporant în susţinerea şi concretizarea acestui obiectiv îl joacă alimentaţia organismelor acvatice.

Pentru realizarea unor sporuri de creştere însemnate, azi în acvacultură, hrănirea presupune utilizarea unor furaje granulate concentrate, cu o valoarea nutritivă ridicată şi extrem de bine echilibrate din punct de vedere nutriţional (fig. 4.). Acest lucru are însă şi un neajuns: procesul de digestie a proteinelor existente în concentraţii ridicate în furaje duce la acumularea unor produşi de metabolism toxici în mediul de cultură.

Fig. 4. Furaj granulat utilizat în alimentaţia peştilor

Amoniacul (NH_3), este principalul compus chimic pe bază de azot excretat de către peşti, ce rezultă în urma procesului de digestie a proteinelor din furaj. Este cunoscut faptul că între cantitatea de furaj administrată zilnic peştilor şi producţia totală de amoniac există o corelaţie strânsă: se apreciază că producţia totală de amoniac reprezintă 2,89 % din cantitatea totală de furaj administrată peştilor. Cu alte cuvinte, aproximativ 3 % din cantitatea de furaj administrată peştilor se transformă în amoniac (*Victor Cristea, Iulia Grecu, Cornel Ceapă*, 2002).

Azotul amoniacal total (engl. *Total Ammonia-Nitrogen*, prescurtat *TAN*), însumând cele două stări ale amoniacului, ionizat (NH_4^+) şi neionizat (NH_3), apare în cadrul unui sistem recirculant pe două căi: în urma procesului de digestie a proteinelor din furajul administrat, drept produs de metabolism excretat de către peşti în apa de cultură prin intermediul branhiilor (în proporţie de 90-95 %, restul prin excreţie renală, în condiţiile unui pH neutru sau uşor alcalin) (*Octavian Negrea*, 2007) şi în urma degradării biologice a furajului şi dejecţiilor peştilor acumulate în cadrul sistemului.

Raportul dintre cele două stări este puternic influenţat de către pH-ul şi temperatura apei. Trecerea ionilor de amoniu netoxici (NH_4^+) în amoniac toxic (NH_3) are loc cu atît mai intens cu cât valorile pH-ului apei şi temperaturii apei sunt mai ridicate (Tabelul 1).

Tabelul 1. Procentul de amoniac toxic din azotul amoniacal total în funcţie de valorile pH-ului şi a temperaturii apei (Michael P. Masser, James Rakocy şi Thomas M. Losordo, martie 1999)

pH	*Temperatura (°C)*								
	16	18	20	22	24	26	28	30	32
7,0	0,30	0,34	0,40	0,46	0,52	0,60	0,70	0,81	0,95
7,2	0,47	0,54	0,63	0,72	0,82	0,95	1,10	1,27	1,50
7,4	0,74	0,86	0,99	1,14	1,30	1,50	1,73	2,00	2,36
7,6	1,17	1,35	1,56	1,79	2,05	2,35	2,72	3,13	3,69
7,8	1,84	2,12	2,45	2,80	3,21	3,68	4,24	4,88	5,72
8,0	2,88	3,32	3,83	4,37	4,99	5,71	6,55	7,52	8,77
8,2	4,49	5,16	5,94	6,76	7,68	8,75	10,00	11,41	13,22
8,4	6,93	7,94	9,09	10,30	11,65	13,20	14,98	16,96	19,46
8,6	10,56	12,03	13,68	15,40	17,28	19,42	21,83	24,45	27,68
8,8	15,76	17,82	20,08	22,38	24,88	27,64	30,68	33,90	37,76
9,0	22,87	25,57	28,47	31,37	34,42	37,71	41,23	44,84	49,02
9,2	31,97	35,25	38,69	42,01	45,41	48,96	52,65	56,30	60,38
9,4	42,68	46,32	50,00	53,45	56,86	60,33	63,79	67,12	70,72
9,6	54,14	57,77	61,31	64,54	67,63	70,67	73,63	76,39	79,29
9,8	65,17	68,43	71,53	74,25	76,81	79,25	81,57	83,68	85,85
10,0	74,78	77,46	79,92	82,05	84,00	85,82	87,52	89,05	90,58
10,2	82,45	84,48	86,32	87,87	89,27	90,56	91,75	92,80	93,84

Acumularea amoniacului în apa de cultură în concentraţii mai mari de 0,05 mg NH_3/litru pentru ciprinide sau 0,0125 mg NH_3/litru pentru salmonide, induce intoxicaţii grave datorită creşterii concentraţiei de amoniac din sângele peştilor (*Octavian Negrea*, 2007). Acest lucru se manifestă prin agitaţie, accelerarea ritmului respirator şi cardiac, contracţii spasmotice musculare, înot la suprafaţă, zone hemoragice şi necrotice la nivel branhial culminând cu moartea exemplarelor expuse (*Octavian Negrea*, 2007). Efectul subletal al amoniacului asupra

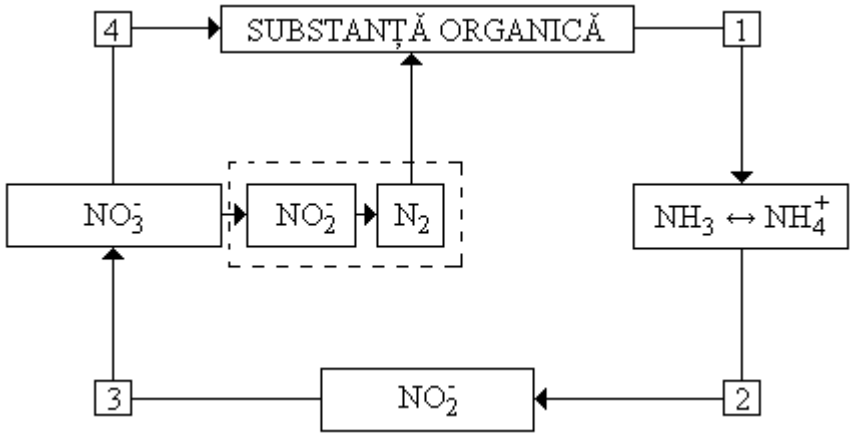
peştilor se traduce prin înregistrarea unor sporuri de creştere inferioare datorită lipsei poftei de mâncare.

Pentru evitarea acestor neajunsuri s-a impus elaborarea unei metode de înlăturare a amoniacului din apa de cultură, soluţia cel mai des utilizată fiind filtrarea biologică sau procesul de convertire a amoniacului toxic în nitriţi şi mai apoi în nitraţi prin intermediul unor bacterii nitrificatoare (fig. 5.).

Fig. 5. Ciclul azotului în natură (după Victor Cristea, Iulia Grecu, Cornel Ceapă, 2002)

1 - bacterii heterotrofe; 2 - Nitrosomonas sp; 3 - Nitrobacter sp.; 4 - plante

▭ → proces de nitrificare (aerob); ⊏ - - - - ⊐ → proces de denitrificare (anaerob)



Conform procesului de transformare a amoniacului, reprezentat schematic mai sus, procesul de nitrificare se desfăşoară pe parcursul a două etape distincte:

- în prima etapă, amoniacul rezultat în urma descompunerii de către bacteriile heterotrofe aerobe a substanţei organice prezente în sistem şi în urma digestiei furajului administrat ingerat, este oxidat de către bacteriile din genul *Nitrosomonas* rezultând nitriţii (NO_2^-).
- a doua etapă, prin intermediul bacteriilor din genul *Nitrobacter*, nitriţii sunt oxidaţi rezultând nitraţii (NO_3^-).

Nitriţii şi nitraţii sunt substanţe azotate solubile în apă însă spre deosebire de nitraţi, nitriţii au un caracter toxic pentru peşti. Odată pătrunşi în sânge aceştia reacţionează cu hemoglobina formând methemoglobina (*Augusta Lujerdean,* 2006). Methemoglobina este incapabilă să transporte oxigenul vital din mediul acvatic spre celulele organismului, lucru ce provoacă o serie de reacţii de răspuns din partea acestora: stare de apatie, pierderea capacităţii de orientare, o respiraţie accelerată şi chiar moarte în cazul unor intoxicaţii grave (*Octavian Negrea*, 2007). Prezenţa methemoglobinei în sânge îi conferă acestuia o culoare brun-ciocolatie, de unde vine şi denumirea de boala sângelui brun (*Augusta Lujerdean,* 2006).

În condiţiile în care concentraţia de methemoglobină din sânge nu depăşeşte 50 %, peştii pot supravieţui datorită prezenţei în sânge a methemoglobin reductazei, o enzimă responsabilă pentru convertirea methemoglobinei la oxihemoglobină (*Octavian Negrea*, 2007). Cele mai expuse categorii de vârstă la intoxicaţiile cu nitriţi sunt formele tinere (larve, alevini, puiet) la care echipamentul enzimatic este insuficient de dezvoltat.

Toxicitatea nitriţilor este specifică fiecărei specii însă pentru a se evita apariţia unor intoxicaţii cu nitriţi este recomandată menţinerea unei concentraţii maxime de 0,2 mg la litru (*Octavian Negrea*, 2007). De asemenea în scopul reducerii toxicităţii ionilor nitrit, se recomandă utilizarea clorurilor. Clorurile intră în competiţie cu nitriţii la accesul prin branhii în circuitul sanguin al peştilor, adaosul de sare (NaCl) în apa de cultură reprezentând o măsură ieftină de neutralizare a toxicităţii acestora (*Augusta Lujerdean,* 2006).

Nitraţii nu prezintă toxicitate pentru peşti decât la atingerea unor concentraţii mari (>300 mg/l) în apa de cultură. În cadrul unui sistem recirculant, rareori sunt atinse asemenea concentraţii în principal datorită existenţei procentului de primenire a apei din sistem (< 10 %/zi) dar şi reducerii acestora prin intermediul procesului de denitrificare în urma căruia rezultă azot atmosferic (*Michael P. Masser, James Rakocy, Thomas M. Losordo*, martie 1999).

Denitrificarea (fig. 5.) este un proces anaerob mai rar întâlnit în cadrul sistemelor recirculante. Condiţiile anaerobe pot să apară însă la nivelul acumulărilor de materie organică din sistem (bazine de sedimentare) mai ales dacă înlăturarea acestor sedimente are loc la un interval mai lung de timp.

În cadrul sistemelor recirculante, controlul concentraţiilor de amoniac şi nitriţi din apa de cultură se face prin încurajarea şi crearea condiţiilor necesare proliferării bacteriilor din genurile *Nitrosomonas* şi *Nitrobacter*, ce mediază reacţiile de nitrificare. În mod uzual se utilizează medii suport precum nisipul, pietrişul, inele din plastic, bile din plastic, caracterizate printr-o suprafaţă specifică mare, de peste 100 m^2/m^3 până la 1000 m^2/m^3, drept suport fizic pentru ataşarea coloniilor de bacterii aparţinând genurilor mai sus menţionate. Cu cât suprafaţa specifică a suportului este mai mare, cu atât capacitatea de neutralizare a amoniacului şi în cele din urmă a nitriţilor va creşte.

Derularea în condiţii optime a procesului de nitrificare presupune respectarea unor reguli generale ce asigură eficienţa proiectată a unităţilor de filtrare biologică:

- evitarea creşterii bruşte a temperaturii apei din sistem. Deşi bacteriile nitrificatoare sunt euriterme, o creştere sau o scădere bruscă a temperaturii în sistem poate cauza moartea acestora având drept consecinţă creşterea concentraţiei de amoniac din apă.

Recolonizarea mediului suport cu bacterii nitrificatoare este un proces de durată fiind necesare 2-4 săptămâni.

- menţinerea valorilor pH-ului apei în cadrul intervalului 6-9. Pentru valori ale pH-ului apei mai mari de 6 şi mai mici de 9, procesul de nitrificare se desfăşoară într-un ritm normal, valori mai mici de 6 şi mai mari de 9 inhibând desfăşurarea procesului. Valoarea optimă a pH-ului pentru procesul de nitrificare se consideră a fi între 7 şi 8 (*Michael P. Masser, James Rakocy* şi *Thomas M. Losordo*, martie 1999).
- izolarea biofiltrului de restul sistemului în momentul aplicării unor tratamente chimice. Acest lucru este de dorit deoarece substanţele chimice folosite pentru dezinfecţia bazinelor de creştere sau pentru efectuarea unor băi profilactice pot avea efecte toxice asupra coloniilor de bacterii.
- menţinerea alcalinităţii apei la valori de 50-100 ppm $CaCO_3$ (*Michael P. Masser, James Rakocy* şi *Thomas M. Losordo*, martie 1999). Scăderea alcalinităţii apei dată de carbonaţii şi bicarbonaţii din apă are efecte negative asupra procesului de nitrificare ştiut fiind faptul că nitrificarea este un proces consumator de alcalinitate.
- asigurarea unei concentraţii minime de 2 mg/litru oxigen dizolvat în apa de intrare în biofiltru. Procesul de nitrificare este un proces aerob deci cu consum de oxigen. Pentru valori ale oxigenului dizolvat în apă mai mici de 2 mg/litru, nitrificarea este încetinită până la la o rată ce nu mai prezintă siguranţă pentru funcţionarea sistemului (*Michael P. Masser, James Rakocy* şi *Thomas M. Losordo*, martie 1999).
- evitarea acumulării în exces a resturilor organice în cadrul unităţii de biofiltrare. Particulele de natură organică de dimensiuni mai mari decât porozitatea mediului filtrant produc în timp colmatarea biofiltrului. Evitarea acestui fenomen nedorit se poate face în primul rând prin alegerea unui mediu filtrant cu o porozitate mare şi în al doilea rând prin efectuarea unor spălări periodice a acestuia, asigurându-se astfel suprafaţa specifică pentru suportul peliculei biologice.

În cadrul unităţilor piscicole bazate pe sistemul superintensiv de creştere, procesul de nitrificare este susţinut şi încurajat prin utilizarea unor sisteme, dispozitive concepute special în acest scop. Din punct de vedere constructiv, unităţile de filtrare biologică sau biofiltrele asigură o gamă largă de modele, diferenţiate între ele prin configuraţia şi modul de funcţionare a acestora, printre care amintim filtrele submersate, trickling, filtrele cu tambur, filtrele cu discuri, cu pat fluidizat şi filtrele cu bile din plastic. Indiferent de forma lor constructivă, biofiltrele îndeplinesc acelaşi scop de anihilare a toxicităţii amoniacului prin susţinerea şi promovarea procesului de nitrificare.

I.2.3. Dezinfecţia apei de cultură

Un grad ridicat de intensivizare a procesului de producţie atrage după sine în mod inevitabil o creştere a riscului de apariţie a îmbolnăvirilor cauzate de apariţia unor factori de stres.

Stresul reprezintă o stare patologică ce constă în supraîncordarea unui organism viu, când asupra lui acţionează factori negativi puternici (*http://dexonline.ro/search.php*).

În acvacultură, un management de succes al sistemelor recirculante necesită în mod obligatoriu inventarierea tuturor factorilor posibili ce pot duce la apariţia stării de stres, monitorizarea lor atentă şi controlul lor prin mijloace capabile să prevină efectele acestuia în rândul peştilor. Factori precum temperatura apei de cultură, calitatea apei în general, manipulările repetate şi inutile, eventualele deficienţe nutriţionale chiar şi sunetele puternice sau lumina puternică declanşate brusc, sunt responsabili pentru creşterea nivelului de stres la peşti predispunându-i la îmbolnăviri prin şubrezirea barierei de protecţie a peştilor împotriva acţiunii diverşilor agenţi patogeni.

Respectarea cerinţelor de calitate prevăzute de tehnologia de creştere adoptată precum şi implementarea unor tehnici de reducere a numărului de potenţiali agenţi patogeni din cadrul sistemului de creştere, asigură în mare măsură buna funcţionare a întreg mecanismului, tradusă printr-o stare generală de sănătate a peştilor impecabilă.

Stările de boală, într-un sistem recirculant, pot fi cauzate de bacterii, fungi, virusuri, protozare, crustacei inferiori sau viermi. Majoritatea lor pot fi evitate prin aplicarea măsurilor de igienă specifice fermelor piscicole:

- restricţionarea accesului persoanelor străine în incinta fermei
- utilizarea pe cât posibil de echipamente de pescuit, transport, separat pentru fiecare lot/bazin de peşti
- dezinfectarea echipamentelor după fiecare utilizare prin folosirea unor soluţii ce conţin clor activ şi depozitarea lor în spaţii curate
- menţinerea materialului biologic provenit din afara fermei sub carantină pentru o perioadă de timp de cel puţin 2 săptămâni, timp în care eventualele boli prezente se pot identifica cu uşurinţă
- efectuarea periodică a unor băi profilactice cu acţiune largă de combatere
- îndepărtarea rapidă şi eficientă a tuturor deşeurilor organice din sistem, acestea reprezentând în general cauza principală de izbucnire a bolilor prin crearea condiţiilor necesare dezvoltării microorganismelor patogene.

În acvacultura superintensivă, pentru menţinerea sub control a numărului total de agenţi patogeni din sistemul de creştere, sunt utilizate cu succes razele ultraviolete şi ozonul, drept inhibitori ai proliferării acestora. În acelaşi scop se pot folosi substanţe chimice cu efect dezinfectant precum clorul, sau procedee de încălzire a apei însă datorită neajunsurilor pe care aceste metode le prezintă (formarea cloraminelor toxice în urma utilizării clorului ca şi agent dezinfectant sau costurile mari cu energia electrică, în cazul încălzirii apei), răspândirea lor este mai restrânsă.

Ultravioletele sunt produse în principal de lămpi cu vapori de mercur (fig. 6.) ce emit radiaţii cu lungime de undă între 100 şi 400 nm, specifice spectrului albastru-violet, plus radiaţii X. Potrivit afirmaţiilor lui *Lawson* 1995, citat de *Wayne Hutchinson*, *Mathew Jeffrey*, *David O'Sullivan*, *Daniel Casement* şi *Steven Clarke* în ianuarie 2004, radiaţia UV cu o lungime de undă de 260 nm prezintă un potenţial germicid maxim datorită interacţiunilor acesteia cu componente ale acidului dezoxiribonucleic.

Fig. 6. Filtru cu ultraviolete utilizat pentru sterilizarea apei în sistemele recirculante

Lămpile cu ultraviolete funcţionează optim la o temperatură de 40 ˚C fiind de obicei incapsulate într-un tub din cuarţ ce păstrază factorul de difuzie a luminii în apă şi măreşte timpul de funcţionare a acesteia prin păstrarea temperaturii optime de funcţionare datorită lipsei contactului fizic dintre lampă şi apă.

Eficacitatea anihilării microorganismelor patogene din sistem este puternic influenţată de gradul de încărcare a apei cu particule solide aflate în suspensie. Aceste particule obturează practic câmpul luminos creând zone "ascunse" în care microorganismele nu sunt expuse. Menţinerea unui randament maxim al filtrelor cu radiaţii ultraviolete impune ca montarea lor în circuit să se facă după unitatea de filtrare mecanică, unde o mare parte din particulele organice din apa de cultură au fost eliminate.

Randamentul de distrugere a germenilor patogeni creşte direct proporţional cu cantitatea de radiaţie UV emisă de lampă, măsurată în microwaţi secundă pe centimetru pătrat ($\mu Ws/cm^2$). Doza necesară distrugerii patogenilor dintr-un sistem recirculant variază de la 35 000 $\mu Ws/cm^2$ până la 1 000 000 $\mu Ws/cm^2$ (*Lawson* 1995, citat de *Wayne Hutchinson*, *Mathew Jeffrey*, *David O'Sullivan*, *Daniel Casement* şi *Steven Clarke* în ianuarie 2004) în funcţie de dimensiunile organismelor patogene ce necesită a fi distruse, debitul apei de cultură prin filtrul UV şi distanţa dintre sursa de radiaţii UV şi patogeni.

În cazul filtrării cu ajutorul lămpilor UV, este bine de ştiut că aceste dispozitive necesită o întreţinere periodică fără de care randamentul acestora ar avea de suferit. Majoritatea lămpilor utilizate îşi păstrează intensitatea radiaţiei luminoase timp de 7000-8000 de ore, ceea ce corespunde unei perioade de aproximativ 12 luni, în timp ce producătorii sugerează înlocuirea lor o dată la 6 luni (*Wayne Hutchinson*, *Mathew Jeffrey*, *David O'Sullivan*, *Daniel Casement* şi *Steven Clarke*, ianuarie 2004). Având în vedere pierderile economice însemnate pe care o eventuală boală le-ar putea produce, înlocuirea lămpilor după o anumită perioadă de funcţionare este recomandată, asigurându-se astfel o siguranţă sporită a stării de sănătate în rândul peştilor. De asemenea este bine ca din când în când, lămpile să fie curăţate de eventualele depuneri cu efect negativ asupra procesului de sterilizare.

O altă modalitate de purificare a apei din punct de vedere al încărcării acesteia cu organisme patogene, în cadrul sistemelor recirculante, este utilizarea ozonului.

Ozonul (O_3) este un gaz compus din trei atomi de oxigen, de culoare albăstruie şi miros puternic, cu o putere mare de oxidare a substanţei organice. Acesta se formează în momentul în care moleculele de oxigen ajung într-o stare de excitabilitate maximă, ceea ce declanşează descompunerea acestora în oxigen atomic care prin ciocniri repetate formează ozonul (*Victor Cristea, Iulia Grecu, Cornel Ceapă,* 2002).

Uzual, în acvacultură se folosesc generatoare de ozon (fig. 7.) ce produc ozonul în urma trecerii unui flux continuu de aer sau oxigen pur printre doi electrozi conectaţi la o sursă de tensiune înaltă. Ozonul este instabil având tendinţa de a disocia în molecule de oxigen după circa 10-20 de minute (*Thomas M. Losordo, Michael P. Masser* şi *James E. Rakocy*, aprilie 1999).

Dezinfecţia apei se realizează datorită efectului toxic pe care ozonul îl prezintă pentru majoritatea organismelor acvatice. Gradul de toxicitate este dat de nivelul dozei administrate şi de durata de expunere. Pentru sistemele recirculante, doza tipică se situează între 0,01-0,10 mg/litru cu o expunere de 0,5-20 minute (*Langlais* şi colaboratorii, 1990, citat de *Summerfelt* şi *Hochheimer*, 1997, citaţi de *Wayne Hutchinson*, *Mathew Jeffrey*, *David O'Sullivan*, *Daniel Casement* şi *Steven Clarke* în ianuarie 2004).

Ozonul rezidual se îndepărtează apoi din apa de cultură prin utilizarea unor filtre cu cărbune activ sau a unor aeratoare, înainte ca apa tratată să fie reintrodusă în sistem (*Roy P.E. Yanong*, 2003).

Avantajul utilizării ozonului în acvacultură este că, pe lângă anihilarea rapidă a bacteriilor, ciupercilor parazite şi a virusurilor, se obţin şi alte beneficii cum ar fi anihilarea nitriţilor prin oxidarea lor la nitraţi, controlul substanţelor ce imprimă un gust şi miros neplăcut cărnii de peşte şi limpezirea apei prin reducerea materiei organice dizolvate, facilitând astfel procesul de filtrare mecanică.

Dezavantajul utilizării ozonului constă tocmai în gradul ridicat de toxicitate manifestat şi în cazul peştilor crescuţi, din acest motiv, complementar sistemului de producere şi omogenizare a ozonului în apa de cultură, utilizându-se dispozitive de captare a ozonului rezidual din apa astfel tratată. Pe deasupra, ozonul este toxic pentru om dar şi coroziv, acest lucru impunând utilizarea de conducte, robineţi, din materiale rezistente la coroziune cum sunt oţelul inoxidabil sau diverse materiale precum Viton®, Teflon®, Hypalon® (*Summerfelt and Hochheimer*, 1997, citaţi de *Wayne Hutchinson*, *Mathew Jeffrey*, *David O'Sullivan*, *Daniel Casement* şi *Steven Clarke* în ianuarie 2004) sau Kynar® (*Wayne Hutchinson*, *Mathew Jeffrey*, *David O'Sullivan*, *Daniel Casement* şi *Steven Clarke*, ianuarie 2004).

.

Fig. 7. Generator de ozon de mare capacitate

Alegerea uneia sau alteia dintre metodele de control al organismelor patogene dintr-un sistem recirculant se reduce practic la o analiză privind eficacitatea sistemelor raportată la costurile de achiziţie şi mai ales de întreţinere şi funcţionare a acestora. Randamentul ozonizatoarelor este redus, datorită consumului mare de energie electrică necesară producerii ozonului, în schimb eficacitatea ozonului nu este influenţată de existenţa suspensiilor solide în

apa de cultură, precum se întâmplă în cazul filtrelor cu raze UV. De asemenea, filtrele UV nu sunt eficiente decât dacă distanţa dintre sursa de radiaţii UV şi agentul patogen este mică iar apa nu circulă cu viteze mari prin acestea, pe lângă faptul că necesită o îngrijire permanentă a lămpilor. În cele din urmă, soluţia optimă o reprezintă întotdeauna aceea care reuşeşte să satisfacă cât mai bine cerinţele impuse, la un cost cât mai redus, lucru ce diferă în funcţie de scopul urmărit.

I.2.4. Controlul gazelor dizolvate

În cadrul sistemelor recirculante, managementul gazelor dizolvate reprezintă un aspect important ce condiţionează buna desfăşurare a procesului de creştere.

Controlul gazelor dizolvate se referă în special la asigurarea oxigenului vital proceselor biologice din cadrul sistemului, îndepărtarea excesului de dioxid de carbon rezultat în principal în urma respiraţiei peştilor dar şi în urma activităţii bacteriene şi prevenirea acumulărilor de azot atmosferic sub presiune în apa de cultură.

Oxigenul (O_2), reprezintă unul dintre factorii limitativi în stabilirea capacităţii portante a sistemului. Matematic, necesarul de oxigen dintr-un sistem recirculant însumează de fapt cantităţile de oxigen consumate în procesul de respiraţie a peştilor, în procesul de degradare bacteriană aerobă a resturilor organice din sistem şi în procesul de nitrificare din cadrul biofiltrelor. Ideal, oxigenul se va reintroduce în sistem într-un ritm egal cu consumul acestuia, acest lucru împiedicând apariţia stării de stres cauzată de insuficienţa oxigenului dizolvat în apa de cultură (*Thomas M. Losordo, Michael P. Masser* şi *James Rakocy*, septembrie 1998).

Echilibrul concentraţiei oxigenului din mediul de cultură este fragil şi totodată destul de greu de menţinut. Acesta are un caracter dinamic datorat numeroşilor factori de influenţă, printre care:

- altitudinea locaţiei unde este amplasată unitatea piscicolă. Concentraţia oxigenului dizolvat în apă este dictată de presiunea acestuia în aer. La o altitudine scăzută, unde presiunea atmosferică este mai mare, capacitatea de difuzie a oxigenului în apă este mai mare şi viceversa (*Augusta Lujerdean,* 2006).
- temperatura apei de cultură. Cu cât temperatura apei este mai ridicată cu atât concentraţia de saturaţie a oxigenului în apă scade (*Augusta Lujerdean,* 2006).
- densitatea peştilor din bazinele de creştere. O cantitate mare de peşte presupune un consum intens de oxigen. Astfel, necesarul de oxigen va creşte pe măsură ce peştii de cultură vor creşte în greutate.

- specia cultivată. Cerinţa în oxigen dizolvat variază odată cu specia. Spre exemplu, salmonidele necesită un conţinut optim de oxigen de 8-10 mg/litru, în timp ce pentru ciprinide conţinutul optim de oxigen din apă se situează între 6-8 mg/litru (*Octavian Negrea*, 2007).
- salinitatea apei de cultură. Solubilitatea oxigenului în apă scade pe măsură ce creşte salinitatea acesteia (*Augusta Lujerdean,* 2006).
- încărcarea sistemului cu substanţe organice reziduale. Pentru descompunerea acestora, bacteriile heterotrofe consumă cantităţi însemnate de oxigen.
- configuraţia filtrului biologic. În cazul utilizării unor filtre cu medii submersate, oxigenul necesar supravieţuirii bacteriilor nitrificatoare este preluat în întregime din apa de cultură. Concentraţia minimă de oxigen din apă la intrarea sa în biofiltru este de 2 mg/litru, sub această valoare, nitrificarea fiind ineficientă (*Michael P. Masser*, *James Rakocy* şi *Thomas M. Losordo*, martie 1999).

Deficitul de oxigen solvit în apă, provoacă peştilor starea de sufocare manifestată clinic printr-o respiraţie greoaie, înot la suprafaţa apei, aglomerări de peşti în zonele de alimentare, lipsă de reactivitate, dezinteres pentru hrană şi moarte în final (*Octavian Negrea*, 2007).

Probabilitatea apariţiei deficitului de oxigen în apa de cultură este destul de mare ţinând cont de intensitatea ridicată de desfăşurare a proceselor metabolice şi biochimice din sistem, favorizată de gradul ridicat de intensivizare a procesului de creştere. În aceste condiţii, moartea efectivului de peşti poate surveni cu atât mai rapid cu cât densitatea de populare a acestora în bazinele de creştere este mai mare. Din acest motiv, pentru evitarea efectelor negative amintite, în acvacultura superintensivă se merge pe ideea atingerii şi menţinerii în permanenţă a unei saturaţii de 100 % a oxigenului dizolvat în apa de cultură. Un procent mai mare de saturaţie nu face altceva decât să sporească pierderile de oxigen din apă prin eliberarea sa în atmosferă (*Parker* şi colaboratorii, 2002, citat de *Wayne Hutchinson*, *Mathew Jeffrey*, *David O'Sullivan*, *Daniel Casement* şi *Steven Clarke*, ianuarie 2004).

Din punct de vedere al sursei de oxigen utilizată, sistemele recirculante pot fi împărţite în două clase de intensivizare (*Wayne Hutchinson*, *Mathew Jeffrey*, *David O'Sullivan*, *Daniel Casement* şi *Steven Clarke*, ianuarie 2004):

- sisteme cu capacităţi portante scăzute. Sunt considerate sisteme cu capacităţi portante scăzute, acele sisteme ce funcţionează la o densitate de peşte la metrul cub mai mică sau egală cu 60 kg/m^3. În cazul acestora, sursa de oxigen o constituie oxigenul prezent în aerul atmosferic. Oxigenarea apei de cultură se face datorită procesului de aerare prin

utilizarea unor contactori apă-aer precum aeratoarele gravitaţionale, coloanele de aerare cu umplutură, aeratoarele de adâncime sau de suprafaţă.

- sisteme cu capacităţi portante crescute. Sunt considerate sisteme cu capacităţi portante crescute, acele sisteme ce funcţionează la o densitate de peşte pe metrul cub mai mare de 60 kg/m^3. Aici, gradul ridicat de intensivizare face ca sistemele clasice de oxigenare a apei (cele amintite mai sus) să nu facă faţă cererii sporite de oxigen din sistem. În acest scop, se utilizează oxigenul pur, stocat în stare lichidă în incinta fermei fie produs in situ cu ajutorul generatoarelor de oxigen.

Dioxidul de carbon (CO_2), este un produs al respiraţiei peştilor şi a bacteriilor prezente în sistem. Cantitatea de dioxid de carbon produsă este puternic corelată de cantitatea de oxigen consumată, astfel că, pentru un gram de oxigen consumat vor rezulta 1,27 grame de dioxid de carbon (*Wayne Hutchinson*, *Mathew Jeffrey*, *David O'Sullivan*, *Daniel Casement* şi *Steven Clarke*, ianuarie 2004).

Toxicitatea dioxidului de carbon liber dizolvat în apă se datorează inhibării procesului de eliminare a dioxidului de carbon pe la nivelul branhiilor, producând dezechilibre acido-bazice grave în sânge, defavorizând astfel capacitatea de transport a oxigenului de către hemoglobină. La o concentraţie de 25 mg/litru de dioxid de carbon în sânge, abilitatea hemoglobinei de a se cupla cu oxigenul scade la jumătate (*Augusta Lujerdean*, 2006). În salmonicultură, concentraţiile mari de dioxid de carbon liber în apă duc la apariţia nefrocalcinozei, un proces degenerativ caracterizat prin depunerea de carbonaţi şi bicarbonaţi la nivel renal, cu efecte negative asupra procesului de excreţie urinară (*Octavian Negrea*, 2007).

Prezenţa dioxidului de carbon în concentraţii mai mari de 20 mg/litru în apă (*Summerfelt* 2000 citat de *Wayne Hutchinson*, *Mathew Jeffrey*, *David O'Sullivan*, *Daniel Casement* şi *Steven Clarke*, ianuarie 2004; *Thomas M. Losordo*, *Michael P. Masser* şi *James Rakocy*, septembrie 1998), provoacă ca şi reacţii de răspuns din partea peştilor, o respiraţie accelerată cu acumularea acestora în zona de admisie a apei în bazine, stări letargice, tulburări de echilibru, lipsa poftei de mâncare şi o valorificare redusă a hranei administrate.

În sistemele recirculante, unde pentru susţinerea unor densităţi mari de peşte pe unitatea de volum, este necesară menţinerea unui procent de 100 % a saturaţiei apei de cultură în oxigen, atingerea şi depăşirea pragului maxim de 20 mg/litru CO_2 dizolvat în apă reprezintă un lucru cert. Frecvent, în scopul reducerii concentraţiei de dioxid de carbon din apă până la valori sub 15 mg/litru, ce nu provoacă stres respirator în condiţiile unei oxigenări corespunzătoare (*Augusta Lujerdean*, 2006), sunt utilizate dispozitive de degazare a apei amplasate imediat înainte de reintrarea apei în bazinele de creştere.

Pe lângă aspectele privind oxigenul şi dioxidul de carbon din apă, problema gazelor dizolvate din sistemele recirculante cuprinde şi efectele azotului atmosferic acumulat în exces în apa de cultură. Acest fenomen poate să apară în cadrul sistemelor ce utilizează pentru aerare şi oxigenare, dispozitive cu aer sub presiune. Suprasaturarea apei în azot gazos favorizează apariţia emfizemelor cutanate (formarea de bule de gaz sub tegument) sau a emboliilor gazoase (obturarea vaselor de sânge prin formarea unor bule de gaz în sânge), ambele fenomene având consecinţe negative grave asupra peştilor (*Octavian Negrea*, 2007).

Deoarece aceste neajunsuri sunt datorate unor factori de natură tehnologică, revizuirea şi eventual îmbunătăţirea fluxului tehnologic de tratare a apei uzate oferă posibilitatea de a elimina efectele nedorite ale suprasaturării în azot gazos a mediului de cultură.

I.3. Parametrii de calitate ai apei ca mediu de cultură

Sistemul superintensiv de creştere, prin definiţie, presupune o cunoaştere amănunţită a tuturor elementelor de influenţă precum şi o înţelegere avansată a mecanismelor de acţiune a acestora asupra biomasei de cultură.

Apa, ca mediu de cultură, reprezintă principalul factor de influenţă asupra bunăstării dar şi calităţii organismelor acvatice crescute. Calitatea apei determină de fapt măsura în care aceasta este sau nu capabilă să susţină viaţa în condiţii optime specifice fiecărei specii, care să asigure o bună desfăşurare a întreg procesului de creştere.

Calitatea apei în acvacultura superintensivă se determină prin utilizarea unor indicatori de calitate fizici, chimici şi biologici, monitorizaţi prin intermediul unor procedee specifice:

- indicatori fizici: temperatura apei şi turbiditatea ei
- indicatori chimici: alcalinitatea apei, pH-ul apei, clorurile din apă, amoniacul, nitriţii şi nitraţii din apă, oxigenul dizolvat şi dioxidul de carbon dizolvat în apă
- indicatori biologici: gradul de încărcare a apei cu organisme biologice potenţial patogene

Temperatura semnifică gradul de încălzire a unui corp sau a unui mediu. Peştii sunt organisme poichiloterme sau organisme a căror temperatură corporală este variabilă în funcţie de temperatura mediului în care acestea trăiesc. Acest lucru face ca întrega lor activitate biologică să fie determinată de valoarea temperaturii mediului. Temperatura dictează practic perioada de reproducere, apetitul şi ritmul de creştere al peştilor, aspecte ce au dus la diferenţierea acestora în funcţie de preferinţele lor pentru o apă mai rece sau o apă mai caldă, în peşti de apă rece, precum salmonidele şi peşti de apă caldă cum sunt de pildă ciprinidele.

Menţinerea unei temperaturi optime, specifice fiecărei specii de peşte în parte asigură o creştere rapidă printr-o bună asimilaţie a furajului administrat cât şi o rezistenţă sporită la boli a acestora.

De asemenea, valoarea temperaturii este corelată negativ cu cantitatea de oxigen dizolvat în apă, în sensul scăderii acesteia odată cu creşterea temperaturii şi pozitiv cu gradul de toxicitate a amoniacului din apă respectiv creşterea toxicităţii amoniacului odată cu creşterea temperaturii apei.

Turbiditatea reprezintă concentraţia de particule solide aflate în suspensie într-un mediu lichid. Turbiditatea apei dintr-un sistem recirculant este alcătuită din particulele solide în suspensie provenite în urma degradării reziduurilor organice din cadrul sistemului. Impactul negativ al acestora se manifestă prin opacizarea apei, îngreunarea detecţiei hranei, iritarea epiteliului branhial, colmatarea în timp a biofiltrului, creşterea necesarului de oxigen al sistemului cât şi predispunerea peştilor la boli prin promovarea dezvoltării masive a bacteriilor descompunătoare cu potenţial patogen (ex. *Aeromonas sp.*).

Alcalinitatea apei este dată de substanţele cu caracter bazic prezente în apă, în special carbonaţii şi bicarbonaţii de calciu, cu efect de neutralizare a acizilor. Rolul alcalinităţii în sistem este de a atenua emisia continuă de acizi rezultaţi în special în urma procesului de nitrificare (rol de tamponare), menţinând astfel un alt indicator al calităţii apei, pH-ul, la o valoare relativ constantă.

De asemenea, alcalinitatea apei asigură creşterea masei bacteriene din cadrul biofiltrelor. Menţinerea unei alcalinităţi totale la o valoare între 50-100 ppm $CaCO_3$ (*Michael P. Masser, James Rakocy* şi *Thomas M. Losordo*, martie 1999), asigură o bună capacitate de tamponare a apei şi susţine procesul de nitrificare. Acest lucru se poate face prin adăugarea în apă a unor substanţe cu caracter alcalin precum sunt laptele de var ($Ca(OH)_2$), varul nestins (CaO) şi bicarbonatul de sodiu ($NaHCO_3$). O metodă empirică de păstrare a valorii alcalinităţii la nivelul optim ar fi adăugarea a circa 250 g de bicarbonat de sodiu la fiecare 1 kg de furaj administrat peştilor (*Wheaton şi colaboratorii*, 2002, citat de *Wayne Hutchinson*, *Mathew Jeffrey*, *David O'Sullivan*, *Daniel Casement* şi *Steven Clarke*, ianuarie 2004).

Reacţia apei sau pH-ul apei este o măsură a acidităţii sau alcalinităţii unei soluţii. Practic acest lucru se traduce prin nivelul de concentraţie a ionilor de hidrogen din soluţia respectivă, o concentraţie mare indicând o soluţie acidă, o concentraţie mică a acestora indicând o soluţie bazică.

Scara pH-ului cuprinde valori de la 0 la 14, valori între 0 şi 7 având soluţiile acide, valoarea 7 indicând o soluţie neutră iar valorile între 7 şi 14 arătând soluţii alcaline sau bazice.

Influenţa pH-ului asupra peştilor se răsfrânge atât direct, prin faptul că unele specii preferă un pH scăzut sau dimpotrivă mai ridicat, cât şi indirect prin potenţarea efectului toxic al amoniacului.

În cadrul sistemelor recirculante, valoarea pH-ului tinde să scadă datorită eliberării de acizi în apă în urma nitrificării şi acumulării dioxidului de carbon, rezultat în urma respiraţiei peştilor şi a bacteriilor aerobe. Acidul carbonic alături de acizii rezultaţi în urma procesului de nitrificare, reacţionează cu bicarbonaţii şi carbonaţii ce formează alcalinitatea totală a apei. La început valoarea pH-ului nu se schimbă datorită efectului de tamponare dat de alcalinitatea apei, însă pe măsură ce alcalinitatea este consumată, concentraţia ionilor de hidrogen din apă va creşte ducând la o scădere a valorii pH-ului.

Măsurile de contracarare a acestui fenomen constau în principal în introducerea în sistem a unor substanţe cu caracter bazic (hidroxid de sodiu, oxid de calciu, hidroxid de calciu, carbonat de calciu, bicarbonat de sodiu etc.). Cele mai utilizate substanţe sunt carbonatul de calciu ($CaCO_3$) şi bicarbonatul de sodiu ($NaHCO_3$).

Clorurile din apă, reprezentate în principal de clorura de sodiu (NaCl), prezintă efecte pozitive atunci când concentraţia acestora se încadrează în anumite limite de toleranţă. Adaosul de sare de bucătărie în apa de cultură, determină împiedicarea apariţiei stresului osmotic datorat pierderii ionilor de Cl^- şi Na^+ pe la nivel branhial, precum şi anularea toxicităţii nitriţilor din apă prin faptul că ionii de Cl^- intră în competiţie cu nitriţii la absorbţia acestora în sângele peştilor (*Augusta Lujerdean*, 2006; *Michael P. Masser*, *James Rakocy* şi *Thomas M. Losordo*, martie 1999). Astfel este recomandată menţinerea unei concentraţii de 0,02-0,2 % NaCl în apa de cultură (*Michael P. Masser*, *James Rakocy* şi *Thomas M. Losordo*, martie 1999).

Un alt rol important este efectul dezinfectant al sării prin prevenirea apariţiei unor microorganisme patogene cu o toleranţă scăzută pentru sare.

O atenţie sporită însă trebuie acordată modului de administrare a sării în apă. Acest lucru nu se va face niciodată brusc, în doze mari, ci treptat pe parcursul a mai multor zile chiar săptămâni şi în doze mici, permiţând astfel peştilor şi bacteriilor nitrificatoare să se acomodeze cu noile proprietăţi ale mediului de cultură.

Amoniacul, *nitriţii şi nitraţii* sunt compuşi chimici pe bază de azot prezenţi în apa de cultură în urma degradării biologice a proteinelor din hrana administrată. Toxicitatea amoniacului este puternic influenţată de valorile pH-ului şi a temperaturii apei, crescând pe măsură ce apa devine mai alcalină şi temperatura apei mai ridicată (vezi aspectele privind filtrarea biologică).

Neutralizarea toxicităţii acestora se face prin procesul de nitrificare în urma căruia vor rezulta nitraţii. Un alt mod de asigurare a protecţiei împotriva nitriţilor ar fi asigurarea unui

raport de 6-10:1 în favoarea clorurii (NaCl) din apă (*Augusta Lujerdean*, 2006; *Michael P. Masser*, *James Rakocy* şi *Thomas M. Losordo*, martie 1999).

Nitraţii sunt mai puţin toxici pentru organismele acvatice rareori constituind o problemă în cadrul unor sisteme recirculante bine proiectate. Procentul zilnic de schimbare a apei din sistemul de creştere asigură menţinerea acestora în concentraţii suficient de mici pentru a nu cauza efecte negative.

Oxigenul şi dioxidul de carbon dizolvat în apă joacă un rol extrem de important în determinarea capacităţii de producţie a unui sistem recirculant. Gradul ridicat de intensivizare a procesului de producţie presupune menţinerea unor concentraţii ridicate de oxigen în apă ceea ce la rândul său provoacă o creştere accelerată a dioxidului de carbon din apă drept rezultat al respiraţiei aerobe a peştilor şi bacteriilor din sistem. Menţinerea unor concentraţii optime prestabilite ale oxigenului şi dioxidului de carbon din apă în funcţie de specia de cultură, garantează calitatea vieţii acestora şi deci obţinerea rezultatelor tehnologice aşteptate.

Încărcarea apei cu agenţi patogeni reflectă deficienţe de ordin tehnic, tehnologic şi managerial, cu consecinţe grave asupra biomasei cultivate şi implicit asupra întregii activităţi susţinute. Toate măsurile luate în cadrul unităţii pentru menţinerea calităţii mediului de creştere au menirea de a evita apariţia stărilor de stres şi a entităţilor biologice patogene deopotrivă, asigurându-se astfel obţinerea unui produs de calitate superioară.

Prezenţa factorilor biologici cauzatori de boli nu este permisă în cadrul sistemelor recirculante, controlul acestora făcându-se prin respectarea măsurilor de igienă obligatorii alături de o monitorizare atentă a mediului de cultură.

Garantarea succesului în acvacultura superintensivă începe în primul rând cu aplicarea cerinţelor tehnologice privind calitatea mediului de cultură. Acest lucru combină în egală măsură arta cu ştiinţa de a "lua pulsul" sistemului prin interpretarea corectă a semnelor ce trădează starea generală de sănătate a acestuia. În acest caz, seriozitatea, profesionalismul şi devotamentul crescătorului se dovedesc a fi calităţile câştigătoare.

CAPITOLUL II.

TILAPIA. CARACTERIZAREA SPECIEI *OREOCHROMIS NILOTICUS* (Linnaeus, 1758)

II.1. Scurt istoric. Răspândire geografică

Tilapia este un termen generic atribuit unui grup de peşti cu valoare economică importantă aparţinând familiei Cichlidae. Cuvântul îşi are originile în vorbirea popoarelor indigene africane, *thiape* însemnând în limba lor *peşte*.

Peştii tilapia sunt originari din Africa şi Orientul Mijlociu, creşterea lor fiind atestată încă de acum 4000 de ani în Egiptul Antic, prin descoperirile arheologice făcute în mormintele egiptene (fig. 8).

Fig. 8. Obiect descoperit într-un mormânt egiptean, reprezentând un peşte tilapia

Cultura propriu-zisă a peştilor tilapia a început în anul 1924 în Kenya, de unde s-a extins rapid şi în restul Africii. Începând cu anul 1940, tilapia au fost introduşi în Asia de Est unde au intrat rapid în rândul speciilor de interes în acvacultură, azi China reprezentând cel mai mare producător de peşti tilapia, cu o producţie ce a depăşit în fiecare an 50 % din producţia globală de tilapia începând cu anul 1992 până în anul 2003 (*FAO*, *Fisheries and Aquaculture Department, http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Oreochromis_niloticus/en*).

În anul 1971, tilapia au fost introduşi în Brazilia de unde trei ani mai târziu au fost importaţi şi în Statele Unite ale Americii.

Răspândirea pe scară largă a peştilor tilapia s-a datorat calităţilor acestor peşti ce-i recomandă în utilizarea lor în acvacultură:

- nu necesită condiţii speciale privind calitatea apei de cultură
- valorifică bine atât hrana de origine vegetală cât şi pe cea de origine animală
- au un ritm de creştere accelerat
- suportă densităţi mari în bazinele de creştere

- sunt rezistenţi la boli
- se reproduc repede în condiţii favorabile
- sunt foarte uşor de domesticit

Singurele dezavantaje ale acestora sunt în primul rând că necesită temperaturi ale apei de cultură relativ ridicate, ei provenind din zone calde, şi în al doilea rând se reproduc precoce comparativ cu alte specii, cu o frecvenţă ridicată, acest lucru punând probleme în cazul creşterii acestora în heleşteie.

În momentul actual, cultura peştilor tilapia este adoptată preponderent în zonele ce dispun de surse naturale de apă caldă, principalele ţări producătoare fiind reprezentate în figura 9:

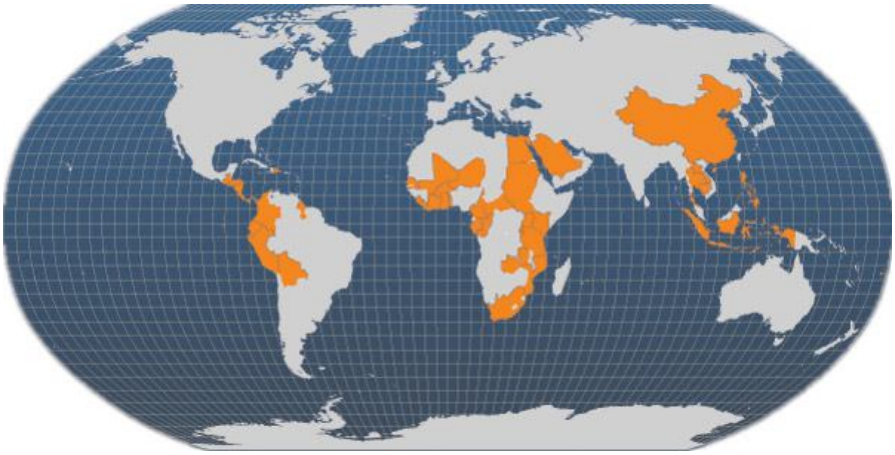


Fig. 9. Principalele ţări producătoare de peşti tilapia la nivel global
(după FAO Fishery Statistics, 2006)
(http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Oreochromis_niloticus/en)

II.2. Încadrarea taxonomică a speciei *Oreochromis niloticus*

Din punct de vedere taxonomic, tilapia de Nil (*Oreochromis niloticus*) (fig. 10), aparţine Încrengăturii *Vertebrata*, Subîncrengătura *Gnatostomata*, Supraclasa *Pisces*, Clasa *Osteichthyes*, Supraordinul *Teleostei*, Ordinul *Perciformes*, Familia *Cichlidae*, Genul *Oreochromis*, specia *niloticus* (*Constantin Bogoescu*, *Alexandru Dabija*, *Emil Sanielevici*, *Atlas Zoologic* ediţia 2003, editura *Didactică şi Pedagogică* Bucureşti).

Fig. 10. Tilapia de Nil (Oreochromis niloticus)

Peştii tilapia reunesc practic specii aparţinătoare genurilor *Sarotherodon*, *Oreochromis* şi *Tilapia*. Diferenţele constau în principal în comportamentul reproductiv diferit pe care acestea îl au, astfel că, în cazul speciilor aparţinătoare genurilor *Sarotherodon* şi *Oreochromis*, părinţii vor lua icrele fecundate în gură unde vor fi ţinute până în momentul eclozării lor, cu menţiunea că, în cazul speciilor din genul *Oreochromis* doar femelele participă la incubarea icrelor, în timp ce speciile din genul *Tilapia* construiesc cuiburi în substratul bazinului pentru depunerea icrelor.

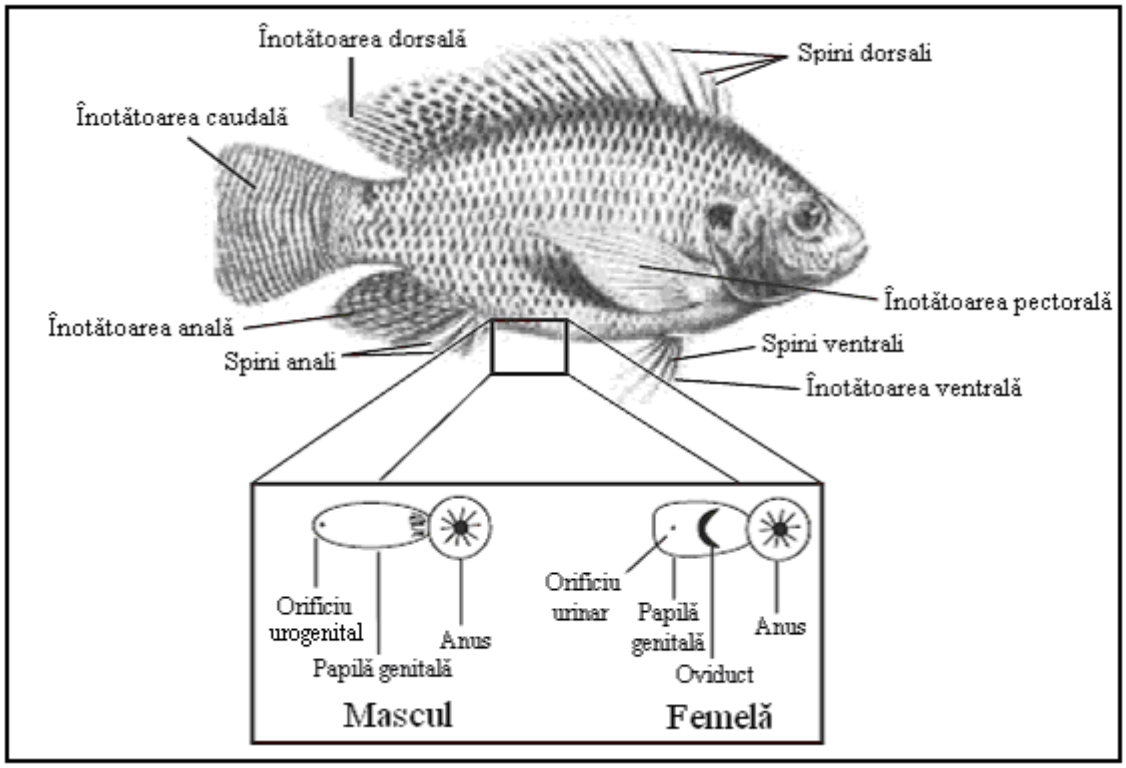
În acvacultură, speciile genului *Oreochromis* sunt cele mai răspândite, trei dintre ele prezentând un interes sporit: Tilapia de Mozambic (*Oreochromis mossambicus*), Tilapia albastru (*Oreochromis aurea*) şi cea mai des cultivată specie datorită adaptabilităţii sale la diverse condiţii de mediu, Tilapia de Nil (*Oreochromis niloticus*).

II.3. Biologia speciei *Oreochromis niloticus*

II.3.1. Particularităţi biomorfologice

Peştii tilapia în general şi tilapia de Nil în special, se caracterizează printr-un corp robust, musculos, comprimat medio-lateral (fig. 10).

Fig. 11. Caracterizarea biomorfologică a speciei Oreochromis niloticus (adaptare după *Thomas Popma* şi *Michael Masser*, martie 1999)



Înotătoarele sunt bine dezvoltate, în special cea dorsală ce se prelungeşte mult spre partea posterioară. Înotătoarele pectorale, dorsală şi anală prezintă spini osoşi. Solzii sunt cicloizi iar linia laterală este discontinuă, aspect caracteristic ciclidelor. Gura este terminală, cu dinţi mărunţi şi buze bine conturate.

Coloritul diferă în funcţie de starea în care se află peştii, întunecat spre negru când sunt iritaţi ori îşi apără teritoriul sau deschis spre roz când sunt calmi. În perioada de reproducere, masculii se înroşesc pe partea ventrală a capului lucru ce facilitează sexarea acestora. Partea ventrală este de obicei albicioasă iar părţile laterale gri închise cu irizaţii verzi-albastre.

Partea posterioară a înotătoarei dorsale prezintă dungi negre. Acestea sunt prezente şi pe înotătoarea caudală, reprezentând principala formă de distincţie a acestei specii faţă de celelalte. Pe corp se pot distinge 6-9 linii verticale închise la culoare. Uneori marginile înotătoarelor

dorsală şi anală pot avea o coloraţie roşiatică spre portocaliu extrem de plăcută în contrast cu coloraţia închisă, măslinie a corpului. Înotătoarele pectorale sunt transparente.

Caracteristic peştilor tilapia este numărul de orificii prezente la masculi şi la femele (fig. 11). Astfel masculii prezintă doar două, cel anal şi cel urogenital spre deosebire de femele care au trei orificii, cel anal, orificiul genital şi orificiul urinar. Acestă diferenţă morfologică constiuie principalul criteriu de sexare a peştilor tilapia.

II.3.2. Nutriţia peştilor tilapia

Direcţiile de dezvoltare în acvacultura modernă presupun optimizarea raportului input → output, un parametru definitor al performanţei managementului de producţie. Ideal, acest indicator va avea valori subunitare sau cel mult egale cu unitatea.

Ameliorarea performanţei de producţie a unei unităţi acvacole implică în primul rând o analiză obiectivă privind factorii de influenţă cu impact major asupra acesteia. Calitatea materialului biologic sub aspect genetic, calitatea mediului de cultură, organizarea procesului de reproducţie precum şi alimentaţia organismelor crescute, reprezintă principalele variabile cu efect determinant în definirea randamentului procesului de creştere.

Studiile efectuate cu privire la comportamentul alimentar al peştilor tilapia, au scos în evidenţă faptul că aceştia sunt peşti omnivori (*Kariman A. Sh. Shalloof* şi *Nehad Khalifa*, 2009). În mediul natural, tilapia consumă o mare varietate de organisme vii incluzând bacterii, alge, plante macrofite, nevertebrate planctonice şi bentonice, peşti mărunţi, detritus şi materie organică aflată în descompunere.

Tilapia valorifică atât de bine aceste componente naturale încât în condiţiile creşterii în heleşteie de pământ supuse fertilizării se pot obţine producţii de 3000 kg la hectar fără o furajare suplimentară (*Thomas Popma* şi *Michael Masser*, martie 1999).

Uneori, tilapia este considerat a fi un peşte filtrator datorită prezenţei spinilor mărunţi de la nivelul arcurilor branhiale (fig. 12). Deşi nu intră în categoria peştilor filtratori precum sângerul (*Hypophthalmichthys molitrix*), branhiile acestuia pot servi în acest scop prin secreţia unui mucus ce reţine planctonul din apă (*Thomas Popma* şi *Michael Masser*, martie 1999).

Digestia şi asimilaţia materiei vegetale are loc în interiorul intestinului, ce poate depăşi în lungime de şase ori lungimea totală a peştelui.

Două mecanisme importante fac ca tilapia să extragă 30 până la 60 % din proteina vegetală conţinută în hrana ingerată: mărunţirea materiei vegetale înainte ca aceasta să fie înghiţită, cu

ajutorul plăcilor osoase faringiene şi a dinţilor maxilarelor plus un pH acid, sub 2 a stomacului, ce favorizează scindarea pereţilor celulari (*Thomas Popma* şi *Michael Masser*, martie 1999).

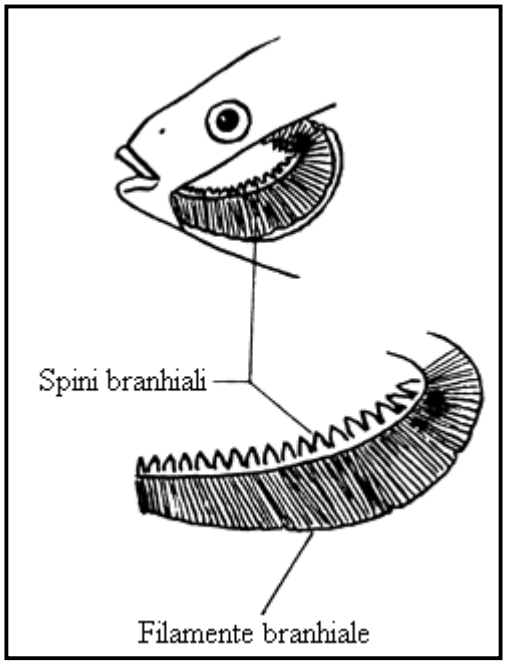


Fig. 12. Aspectul lamei branhiale

În general, peştii tilapia digeră bine hrana de origine animală însă înregistrează o eficienţă sporită în valorificarea proteinei vegetale, în special a materiei fibroase (*Thomas Popma* şi *Michael Masser*, martie 1999). Studiile au arătat faptul că, proteina din soia ar putea înlocui proteina animală din nutreţ, datorită procentului ridicat de digestibilitate (*Adeparusi Eunice O.* şi *Komolafe Abiola*, 2006). Îmbunătăţirea suplimentară a digestibilităţii acesteia se poate realiza prin hidratarea boabelor de soia înainte de tratarea lor termică, lucru ce anihilează gustul amar şi inactivează inhibitorii tripsinei (*Lot G.* 1995 citat de *Adeparusi Eunice O.* şi *Komolafe Abiola*, 2006).

În ceea ce priveşte necesarul de aminoacizi esenţiali şi vitamine, tilapia prezintă cerinţe asemănătoare cu ale celorlalţi peşti de apă caldă. Procentul de proteină brută din nutreţ, aferent unei creşteri corespunzătoare, se modifică în funcţie de calitatea proteinei, vârsta peştilor, parametrii mediali, şi sistemul de cultură practicat. Cercetările indică faptul că peştii crescuţi în apă salmastră sau sărată, ar putea prezenta cerinţe mai scăzute privind procentul de proteină din furaj comparativ cu cei crescuţi în apă dulce (*Abdel-Fattah M. El-Sayed*, 2006).

Astfel, proteina brută poate atinge o concentraţie de 50 % în furajul administrat larvelor (*Thomas Popma* şi *Michael Masser*, martie 1999; Marty *Riche* şi *Donald Garling*, august 2003), aceasta scăzând la 26-30 % pentru categoriile mai mari de vârstă, în cazul peştilor crescuţi în bazine de pământ, în timp ce pentru peştii crescuţi într-un sistem recirculant, unde disponibilitatea hranei naturale este redusă, se recomandă utilizarea unui furaj conţinând 32-36 % proteină brută la peştii sub 40 g respectiv 28-32 % proteină brută pentru cei ce depăşesc 40 g masă corporală (*Marty Riche* şi *Donald Garling*, august 2003).

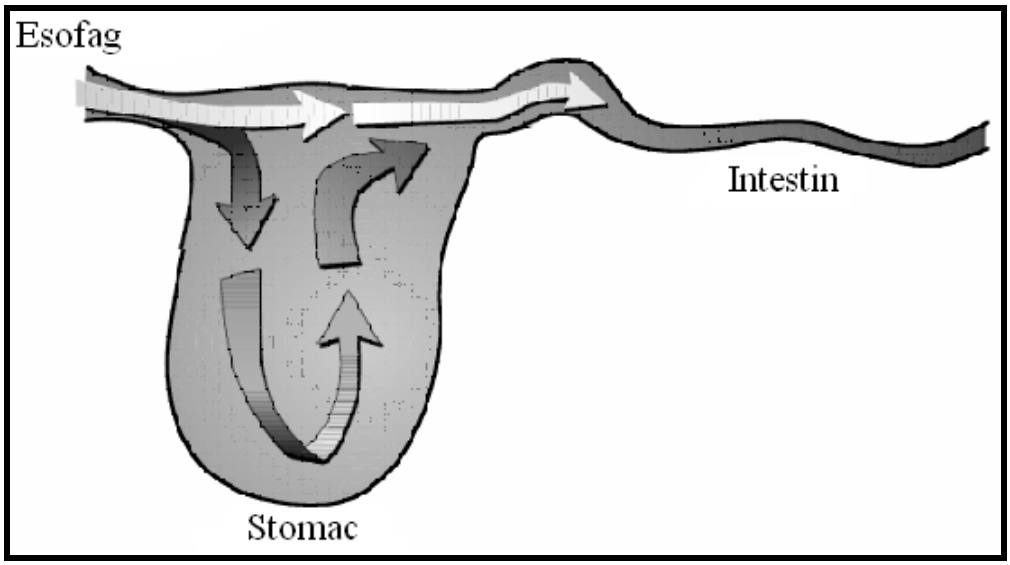
Procentajul de grăsimi din furaj se situează între 4 şi 8 %, un procent mai mare fiind atribuit categoriilor mici de vârstă, acesta scăzând pe măsură ce peştii cresc în greutate (*Marty Riche* şi *Donald Garling*, august 2003).

Un aspect important în hrănirea peştilor în general şi a peştilor tilapia în particular este alegerea granulaţiei corespunzătoare dimensiunilor acestora. O regulă generală ar fi "peşte mic, granulaţie mică, peşte mare, granulaţie mare", însă acest lucru nu este întotdeauna valabil.

Potrivit afirmaţiilor făcute de *Solomon* şi *Bradfield* în 1972, citaţi de *Adeparusi Eunice O.* şi *Komolafe Abiola* în 2006, rata de absorbţie a hranei ingerate scade pe măsură ce dimensiunea acesteia creşte. De obicei, tilapia preferă un furaj granulat de dimensiuni mici (*Marty Riche* şi *Donald Garling*, august 2003).

Reducerea costurilor dintr-o unitate piscicolă presupune minimizarea pierderilor înregistrate în fiecare fază a ciclului de producţie. Minimalizarea pierderilor de furaje datorate consumului incomplet al acestora, se face prin optimizarea consumului de furaje ajustându-l la cerinţele fiziologice ale speciei. În cazul peştilor tilapia, acest lucru este puternic corelat cu particularităţile tubului digestiv (fig. 13).

Fig. 13. Configuraţia tubului digestiv la peştii tilapia (adaptare după *Marty Riche* şi *Donald Garling*, august 2003)



Viteza digestiei conţinutului stomacal este influenţată de temperatura apei, dimensiunea peştilor, granulaţia hranei administrate, compoziţia hranei şi nu în ultimul rând de frecvenţa hrănirilor. Temperatura ridicată favorizează digestia hranei.

La prima hrănire, când stomacul peştilor este gol, cantitatea de hrană ingerată va corespunde cu capacitatea cavităţii stomacale. Dacă masa următoare va fi administrată înaintea golirii complete sau cel puţin parţiale a stomacului, hrana proaspăt ingerată nu va intra în stomac ci va trece de acesta direct în intestin, nefiind valorificată eficient (vezi fig. 13), constituindu-se în pierderi.

Pentru tilapia, literaratura de specialitate recomandă respectarea unui interval de 4-5 ore între hrăniri, acest lucru asigurând o valorificare superioară a hranei în cazul peştilor adulţi, în timp ce pentru stadiile tinere, o frecvenţă a hrănirilor de 8-10 ori pe zi la alevini sau cel puţin de 4 ori pe zi la puiet, compensează dimensiunile mici ale stomacului (*Marty Riche* şi *Donald Garling*, august 2003). În general, prezenţa unui apetit ridicat indică momentul optim de administrare a hranei suplimentare.

Tendinţa actuală în acvacultură este înlocuirea făinii de peşte din alimentaţia peştilor. Deşi valoarea nutritivă a făinii de peşte este superioară, problema substituirii acesteia vine pe fondul diminuării rezervelor de peşte oceanic ce contituie materia primă din care aceasta rezultă. Reorientarea spre surse alternative de proteine valoroase în special din surse vegetale care să susţină performanţele impuse, reprezintă o soluţie viabilă ce sprijină refacerea şi conservarea ecosistemelor naturale afectate.

Diverse studii au fost efectuate privind identificarea unor posibile ingrediente alternative în alimentaţia peştilor tilapia. *Ayinla* şi colaboratorii săi în 1991, citaţi de *O.A. Ayinla* şi *Bekibele D.O.* în noiembrie 1992, au descoperit că utilizarea plantei *Azolla sp.* sub formă uscată în alimentaţia speciei *Oreochromis niloticus* poate avea consecinţe favorabile prin aportul proteic al acesteia, în timp ce *Appler* şi *Jauncey* 1983, citaţi de *O.A. Ayinla* şi *Bekibele D.O.* în noiembrie 1992, sugerează posibilitatea înlocuirii parţiale a făinii de peşte din hrana acestora cu făină obţinută din diverse specii de alge. Potrivit autoarei *Tracy L. Borgeson*, februarie 2005, făina de peşte ar putea fi înlocuită total prin utilizarea în alimentaţia peştilor tilapia a unor amestecuri de făinuri vegetale obţinute din soia, mazăre, in şi altele.

O altă modalitate de suplinire a făinii de peşte din hrana peştilor tilapia ar fi utilizarea făinii din viermi de muscă de casă. Studiile realizate în acest sens au demonstrat faptul că făina din viermi de muscă poate susţine o creştere corespunzătoare a acestora (*Johnny Ogunji*, *Rahat-Ul-Ain Summan Toor*, *Carsten Schulz*, *Werner Kloas*, martie 2008; *Johnny Ogunji*, *Werner Kloas*, *Manfred Wirth*, *Carsten Schulz*, *Bernhard Rennert*, octombrie 2006) fără a induce stări de stres alimentar.

Problema care se ridică în utilizarea componentelor nutritive alternative în alimentaţia peştilor în general, este asigurarea acestora în cantităţile necesare susţinerii unui proces tehnologic de mare amploare. Succesul soluţiilor propuse, expuse sumar în rândurile de mai sus, va depinde în mare măsură de costurile implicate în producerea lor pe scară largă.

II.3.3. Particularităţi de reproducţie

Din punct de vedere reproductiv, peştii tilapia prezintă un comportament aparte, deosebit de interesant. Odată atinsă maturitatea sexuală, masculii încep să construiască prin escavaţie cuiburi circulare în substratul bazinului (20-60 cm în diametru în funcţie de mărimea masculului), pe care le vor apăra cu strășnicie (fig. 14).

Fig. 14. Un mascul tilapia în aşteptarea unei femele

Agresivitatea masculilor manifestată în perioada de reproducere, poate duce la rănirea femelelor, motiv pentru care uneori în crescătoriile de peşti tilapia se practică îndepărtarea maxilarului superior cu ajutorul unei foarfeci.

Interesant este comportamentul masculilor faţă de alţi masculi. De obicei dimensiunea îşi spune cuvântul înainte ca aceştia să ajungă să se confrunte fizic însă în momentul în care se întâlnesc doi masculi la fel de puternici, aceştia încep un dans de intimidare a adversarului, deschizându-şi larg înotătoarele pentru a părea mai mari iar dacă acesta nu are efect, va începe confruntarea directă prin unirea gurilor larg deschise în încercarea fiecăruia de a-l împinge pe celălalt. Masculul cu o forţă de împingere mai mare va câştiga lupta.

Pentru atragerea femelelor, masculii situaţi deasupra cuibului construit, vor executa un dans specific constând în onduirea corpului în jurul femelei, etalându-şi totodată şi frumuseţea lor prin accentuarea pigmenţilor tegumentari şi expunerea înotătoarelor (fig. 15).

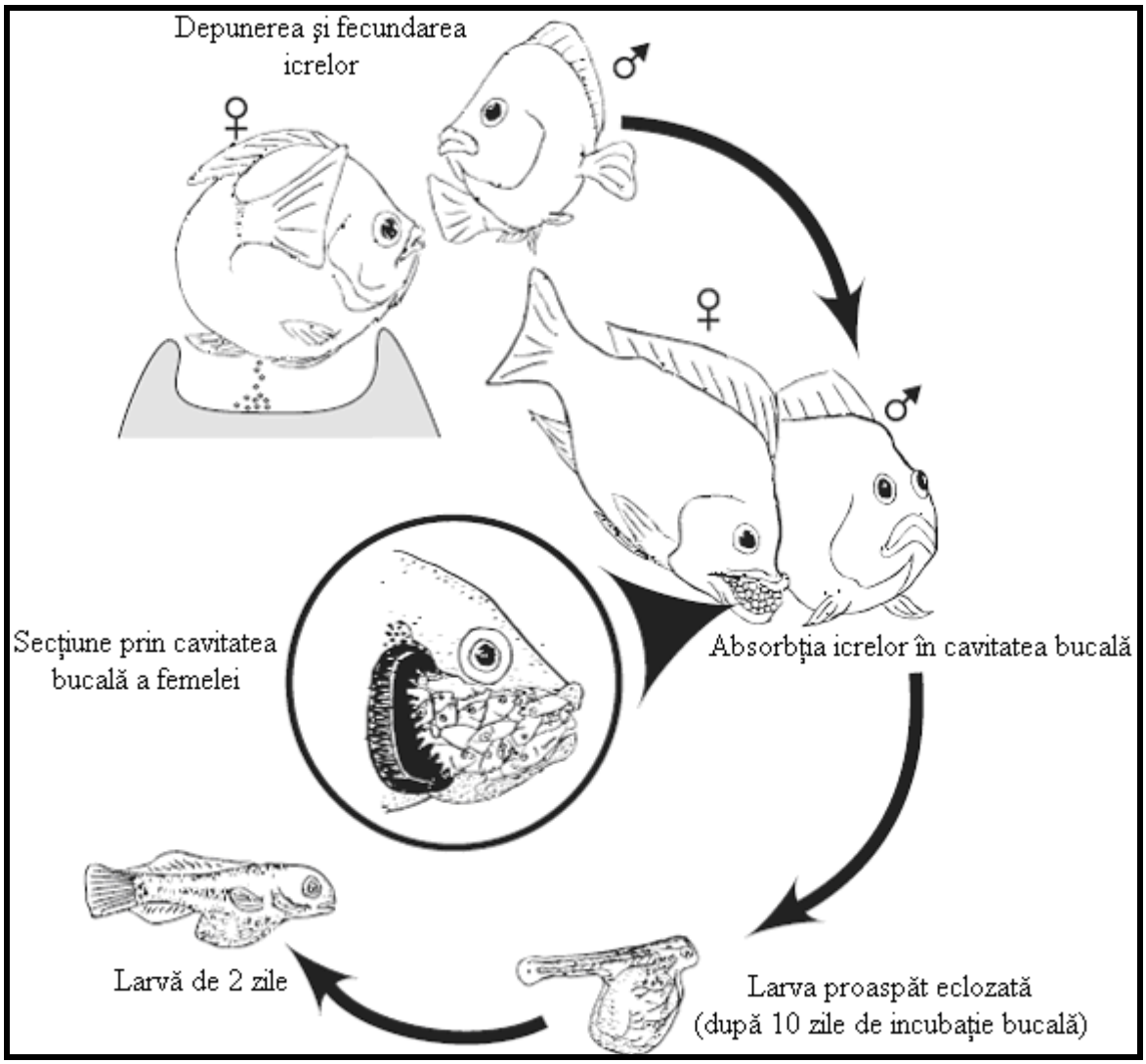
Fig. 15. Frumuseţea unui mascul aparţinând speciei Oreochromis niloticus

Femelele impresionate îşi vor depune icrele în interiorul cuibului unde masculul le va fecunda. Icrele fecundate vor fi apoi preluate de către femelă în cavitatea bucală, loc în care vor fi ţinute 6-10 zile până în momentul eclozării larvelor. Mai mult decât atât, larvele vor fi protejate până ce resorbţia sacului vitelin va fi totală (4-7 zile), cavitatea bucală servind drept loc de refugiu în momentul semnalării unui pericol (fig. 16).

Fig. 16. Alevini adăpostindu-se în cavitatea bucală a femelei

Grija exclusiv maternă pentru descendenţi este specifică genului *Oreochromis*. Femelele ce poartă icre nu rămân in preajma cuibului masculului ales ci vor pleca imediat după consumarea procesului de fecundare a icrelor, oferind astfel posibilitatea masculilor de a fecunda icrele mai multor femele. Ciclul reproductiv al peştior tilapia aparţinând genului *Oreochromis* este ilustrat schematic în figura 17.

Fig. 17. Reproducerea naturală a peştilor din genul Oreochromis (adaptare după *Satya Nandlal* şi *Timothy Pickering*, 2004)



În mediul natural, tilapia de Nil atinge maturitatea sexuală la vârsta de 10-12 luni când reproducătorii au o masă corporală cuprinsă între 350-500 g în timp ce exemplarele crescute în condiţii de fermă, în heleşteie de pământ, ating maturitatea sexuală la vârsta de 5-6 luni având o masă medie de 150-200 g. Masa peştilor nu reprezintă întotdeauna un indicator fidel al maturităţii sexuale, tilapia fiind recunoscut pentru capacitatea sa de a se reproduce chiar dacă

masa individuală nu depăşeşte 20 g. Chiar dacă nu sunt suficient de dezvoltaţi fizic, din diverse motive în special de natură tehnologică, peştii ce ating vârsta maturităţii sexuale vor participa la reproducţie. De obicei, în aceste cazuri maturitatea sexuală se va instala cu o lună, două mai târziu (*Thomas Popma* şi *Michael Masser*, martie 1999).

Un rol important în reproducerea peştilor tilapia îl joacă temperatura apei. Valoarea minimă a temperaturii ce favorizează declanşarea şi desfăşurarea procesului reproductiv este 22 ˚C, intervalul de temperatură considerat optim fiind 25-30 ˚C (*Satya Nandlal* şi *Timothy Pickering*, 2004).

În condiţii de temperatură constantă, intervalul de timp dintre două reproduceri consecutive este de 4-6 săptămâni, femelele depunând în medie un număr de 100-500 de icre, în funcţie de condiţia fizică a acestora. Femelele cu o masă corporală cuprinsă între 150-300 g dau cele mai bune rezultate privind viabilitatea descendenţilor, performanţele acestora diminuându-se odată cu înaintarea lor în vârstă (*Satya Nandlal* şi *Timothy Pickering*, 2004).

II.3.4. Cerinţele speciei cu privire la parametrii de calitate ai apei

Spre deosebire de ceilalţi peşti cu o importanţă majoră în acvacultură, peştii tilapia în general prezintă toleranţe mari privind valorile parametrilor de calitate ai apei de cultură.

Temperatura apei. Temperatura apei este principalul factor restrictiv în răspândirea speciei *Oreochromis niloticus*. Tilapia de Nil este o specie tropicală, termofilă. O temperatură a apei cuprinsă între 25-32 ˚C optimizează creşterea prin intensificarea procesului de digestie şi favorizează reproducerea reducând totodată riscul apariţiei bolilor. Temperatura ar putea juca un rol şi în determinismul sexelor, un studiu efectuat în acest sens arătând faptul că în cazul larvelor crescute la o temperatură de 36 ˚C incidenţa masculilor creşte semnificativ (*Albert Altena* şi *Gabriele Hőrstgen-Schward*, 2002).

Limita minimă letală de temperatură este 11-12 ˚C iar cea maximă este 42 ˚C (*FAO*, *Fisheries and Aquaculture Department*).

Salinitatea apei. Din punct de vedere al concentraţiei de sare din apa de cultură, tilapia de Nil este o specie eurihalină, adulţii suportând valori ale salinităţii de până la 36 g/litru în condiţiile unei aclimatizări treptate (*Al-Amoudi*, 1987 citat de *Abdel-Fattah M. El-Sayed*, 2006).

Creşterea peştilor tilapia se desfăşoară în condiţii normale dacă salinitatea se încadrează în intervalul 5-10 g/litru (*Payne* şi *Collinson*, 1983 citaţi de *Abdel-Fattah M. El-Sayed*, 2006) şi nu depăşeşte 15 g/litru (*Alfredo* şi *Hector*, 2002 citaţi de *Abdel-Fattah M. El-Sayed*, 2006), în timp ce reproducerea speciei se desfăşoară în condiţii bune în ape cu o salinitate sub 5 g/litru (*Thomas*

Popma şi *Michael Masser*, martie 1999). Rata de supravieţuire a larvelor scade semnificativ peste 10 g/litru, ajungând la zero la o concentraţie de 14 g/litru de săruri în apă (*Satya Nandlal* şi *Timothy Pickering*, 2004).

Oxigenul dizolvat în apă. O reală problemă în cultura salmonidelor spre exemplu, oxigenul dizolvat nu reprezintă un factor crucial în cultura ciclidelor. Tilapia poate supravieţui la o concentraţie de sub 0,03 mg/litru (*Thomas Popma* şi *Michael Masser*, martie 1999), creşterea în bune condiţii pentru tilapia, presupunând menţinerea unei concentraţii minime de 2 mg/litru în apa de cultură (*Satya Nandlal* şi *Timothy Pickering*, 2004).

Reacţia apei de cultură. Tilapia se poate adapta atât la ape acide cât şi la ape alcaline. Deşi pot supravieţui la un pH cuprins între 3-12, intervalul optim pentru dezvoltarea speciei este 6,5-9 (*Satya Nandlal* şi *Timothy Pickering*, 2004).

Amoniacul din apă. Nivelul concentraţiei de amoniac din apă ce provoacă intoxicaţii este strâns legat de specie. Dacă pentru păstrăvul curcubeu (*Oncorhynchus mykiss*), DL50 variază între 0,068 şi 0,62 mg/litru în funcţie de vârsta peştilor (*Arthur J.W.*, *Corlis W.W.*, *Allen K.N.*, *Hedtke*, 1987, citaţi de *Aysel Çağlan Karasu Benli* şi *Gűlten Kőksal*, 2003) iar pentru crapul comun (*Cyprinus carpio*), DL50 se situează în intervalul 0,43-2,1 mg/litru (*Hasan M. R.*, *Machintosh D. J.* 1986, citaţi de *Aysel Çağlan Karasu Benli* şi *Gűlten Kőksal*, 2003), unde DL50 reprezintă doza letală pentru care 50 % din exemplarele expuse mor, tilapia (*Oreochromis niloticus*) este o specie relativ rezistentă la toxicitatea amoniacului din apă, experimental stabilindu-se DL50 de 1,007-1,01 mg/litru pentru larve şi 7,39-7,41 mg/litru pentru alevini (*Aysel Çağlan Karasu Benli* şi *Gűlten Kőksal*, 2003). Totuşi, în cazul unor expuneri de lungă durată, peştii încep să moară când concentraţia amoniacului din apă atinge valoarea de 0,2 mg/litru în special categoriile tinere de vârstă, pe când o concentraţie de amoniac de 0,08 mg/litru reduce consumul de furaj administrat (*Thomas Popma* şi *Michael Masser*, martie 1999).

Nitriţii din apă. Nitriţii rezultaţi din procesarea biochimică a amoniacului, sunt un adevărat pericol pentru viaţa peştilor datorită formării în sângele acestora a methemoglobinei. Methemoglobina nu poate transporta oxigenul spre celulele organismului, o concentraţie ridicată de methemoglobină în sânge ducând la moartea peştilor prin asfixiere.

Rezistenţa peştilor tilapia faţă de toxicitatea nitriţilor din apă este destul de mare, DL50 fiind de 89 mg/litru, în cazul în care concentraţia de oxigen din apă a fost de 6 mg/litru iar concentraţia clorurilor din apă a fost de 22 mg/litru (*Thomas Popma* şi *Michael Masser*, martie 1999).

În sistemele recirculante, o concentraţie maximă a nitriţilor de 27 mg/litru şi un nivel al clorurilor de 100-150 mg/litru în apa de cultură asigură diminuarea efectelor toxice ale nitriţilor

asupra peştilor de cultură (*Thomas Popma* şi *Michael Masser*, martie 1999). Clorurile reduc toxicitatea nitriţilor.

II.4. Importanţa economică a peştilor tilapia

Introduşi iniţial pentru asigurarea proteinei animale din alimentaţia locuitorilor din ţările sărace aflate în curs de dezvoltare, peştii tilapia s-au dovedit a fi azi o alternativă serioasă în acvacultura mondială, ajungând să ocupe locul doi în lume, după ciprinide, în clasamentul celor mai crescute specii de peşti de pe glob (*FAO*, *Fisheries and Aquaculture Department*).

Extinderea la nivel global a speciilor ce formează grupul peştilor tilapia se datorează multiplelor avantaje pe care creşterea acestora le oferă crescătorilor de pretutindeni:

- sunt omnivori. Peştii tilapia valorifică practic toate etajele trofice dintr-un ecosistem acvatic, consumând o mare varietate de organisme de natură vegetală şi animală. În condiţii de fermă, tilapia acceptă cu uşurinţă hrana suplimentară, obţinându-se sporuri de creştere superioare prin valorificarea eficientă a proteinei vegetale reducându-se astfel costurile cu furajele pe bază de proteină animală.
- prezintă toleranţe mari pentru parametrii de calitate ai apei de cultură. Apele cu o încărcare ridicată de materie organică, deficitare în oxigen, pot fi valorificate prin cultura peştilor tilapia. De asemenea, prin faptul că pretenţiile acestora privind calitatea apei sunt reduse comparativ cu ale altor specii de cultură, peştii tilapia se pretează foarte bine la creşterea în sisteme „low-tech", reducându-se astfel substanţial costurile de exploatare.
- sunt peşti cu o rezistenţă sporită la boli. Asigurarea unui regim termic constant, optim fiecărei specii în parte, alături de o nutriţie corespunzătoare, garantează într-o mare măsură starea de sănătate a acestora.
- peştii tilapia au un interval de timp între generaţii scurt (4-6 săptămâni). Acest lucru oferă posibilitatea obţinerii mai multor recolte anual decât în cazul altor specii. Reproducătorii nu necesită tratamente hormonale de inducere a pontei ceea ce simplifică cu mult munca crescătorului. Adesea reproducerea acestora se desfăşoară natural-dirijat, opţional icrele putând fi transferate în incubatoare artificiale.
- sunt peşti apreciaţi de către consumatori. Aspectul cărnii, gustul plăcut dar şi faptul că nu prezintă miosepte, fac ca tilapia să aibă notorietate în lumea întreagă (fig. 18).

Fig. 18. Aspectul plăcut al fileurilor de tilapia expuse la vânzare

Principalul dezavantaj în cazul peştilor tilapia constă în faptul că aceştia au nevoie de apă caldă (25-32 ˚C) pentru a se afla în confort. Creşterea lor în zone cu climă temperată este mai puţin rentabilă datorită costurilor mari ce rezultă prin încălzirea apei de cultură.

O altă problemă este tocmai ritmul crescut de înmulţire, popularea bazinelor de creştere cu indivizi de ambele sexe putând duce la o suprapopulare a bazinelor prin creşterea numărului de peşti rezultaţi din înmulţirile necontrolate. Puietul din bazinele de creştere are un efect negativ asupra ritmului de creştere, aceştia intrând în competiţie pentru hrană cu indivizii de talie mai mare. Noile descoperiri în rândul geneticii şi ameliorării animalelor au oferit soluţii în acest sens, azi fiind posibilă crearea unor populaţii monosex, de masculi în general, care elimină neajunsurile reproducerilor incontrolabile din cadrul bazinelor de creştere. În plus, prin utilizarea acestora se reduc substanţial costurile de producţie datorită faptului că, masculii cresc mult mai repede decât femelele în aceleaşi condiţii.

Evoluţia tehnologică şi-a spus şi ea cuvântul în problema asigurării apei calde. Graţie tehnologiilor inovatoare existente la ora actuală pe piaţă (pompe de căldură, panouri solare, centrale termice economice, etc.), problema asigurării temperaturii optime de creştere nu mai reprezintă un factor restrictiv în creşterea peştilor tilapia.

Eliminarea principalelor dezavantaje în creşterea peştilor tilapia deschide practic porţile celor interesaţi de cultura lor, azi tilapia fiind un peşte comun în meniul restaurantelor din întreaga lume.

CAPITOLUL III.

SUNETUL ÎN VIAŢA PEŞTILOR

III.1. Introducere

Din punct de vedere fizic, sunetul este un fenomen provocat de mişcarea vibratorie a unui mediu, percepută cu ajutorul organelor de simţ auditive.

Percepţia unui sunet sau altul este dictată de frecvenţa acelui sunet şi de gama de frecvenţe pentru care organul auditiv este sensibil, prin frecvenţă înţelegându-se numărul de vibraţii, oscilaţii pe secundă a mediului vibrant. Această sensibilitate este specifică speciei dar şi fiecărui individ în parte, neexistând doi indivizi care să aibă percepţii identice ale aceluiaşi sunet, lucru datorat în mare parte modificărilor morfologice şi de funcţionalitate ale aparatului auditiv apărute în urma evoluţiei individuale (condiţii diferite de viaţă, factori degradanţi diferiţi).

La om, spectrul auditiv este cuprins între 20 Hz şi 20 kHz, cu alte cuvinte omul este capabil să perceapă sunetele ce au frecvenţa între 20 Hz şi 20 kHz (20 000 Hz). Sunetele a căror frecvenţă nu se încadrează în gama audibilă se numesc *infrasunete* sau sunete de frecvenţă joasă, în cazul sunetelor cu o frecvenţă mai mică de 20 Hz, respectiv *ultrasunete* sau sunete de frecvenţă înaltă, în cazul sunetelor a căror frecvenţă depăşeşte pragul superior de 20 kHz.

În cazul peştilor, în urma cercetărilor efectuate s-a stabilit o clasificare a acestora după capacitatea lor de percepţie a sunetelor din mediul acvatic, în două mari grupuri (*Popper* şi colaboratorii, 2003; *Ladich* şi *Popper*, 2004, citaţi de *Mardi C. Hastings* şi *Arthur N. Popper*, 28 ianuarie 2005):

- grupul peştilor specializaţi în simţul auzului
- grupul peştilor cu un simţ al auzului mai puţin specializat

Peştii cu un simţ al auzului mai bine dezvoltat, prezintă adaptări morfologice (structuri de interconectare acustică a vezicii înotătoare cu urechea internă) ce permit acestora să-şi extindă spectrul auditiv precum şi să perceapă sunetele de intensitate mică. Pragul maxim de frecvenţă în cazul acestor peşti se situează undeva la 3-4 kHz iar intensitatea sunetelor percepute poate să scadă cu peste 20 de decibeli comparativ cu peştii ce formează grupul advers.

Pentru peştii lipsiţi de vezica înotătoare sau alte adaptări morfologice care să le lărgească orizontul percepţiei sonore, audiţia este limitată la sunetele cu o energie suficient de puternică încât să stimuleze mecanismele urechii interne. Drept consecinţă, banda de frecvenţe audibile se

va restrânge iar pragul minim de intensitate al sunetelor va creşte. *Hawkins* şi *Johnstone*, 1978, citaţi de *Mardi C. Hastings* şi *Arthur N. Popper*, 2005, au arătat în cazul păstrăvului curcubeu (*Oncorhynchus mykiss*) o percepţie a sunetelor cu o frecvenţă puţin peste 600 Hz, în timp ce peştii din genul *Salmo*, pot detecta sunetele sub 20 Hz (*Knudsen şi col.* 1992, 1994 citat de *Mardi C. Hastings* şi *Arthur N. Popper*, 2005) doar în cazul în care aceştia se situează în imediata apropiere de sursa sunetului, probabil datorită faptului că infrasunetele nu se propagă eficient în apa puţin adâncă (*Rogers* şi *Cox* 1988, citaţi de *Mardi C. Hastings* şi *Arthur N. Popper*, 2005).

La peşti, complementar urechii interne, percepţia undelor sonore se realizează şi prin intermediul liniei laterale. Linia laterală este un organ senzorial deosebit de important pentru peşti, formată din celule cu cili specializate aşezate în canale microscopice sub forma unor linii mai mult sau mai puţin drepte, pe suprafaţele laterale ale tegumentului peştilor. Linia laterală prezintă o sensibilitate pentru frecvenţele joase, prin intermediul ei peştii fiind capabili să detecteze sunete cu o frecvenţă nu mai mare de câteva sute de Hz, a căror sursă se află foarte aproape de ei (*Montgomery şi col.* 1997 citat de *Mardi C. Hastings* şi *Arthur N. Popper*, 2005). Aportul liniei laterale la formarea reacţiei de răspuns a peştelui supus infrasunetelor, a fost studiat printr-un studiu efectuat pe biban (*Perca fluviatilis*) de către *Hans Erik Karlsen* în anul 1992. Rezultatele au confirmat practic ipotezele precedente conform cărora urechea internă este responsabilă în mare parte pentru detecţia infrasunetelor de joasă intensitate.

Sunetul în lumea peştilor are o importanţă majoră în comunicare. Peştii utilizează sunetul pentru a-şi manifesta starea de agresivitate, pentru a-şi apăra teritoriul, pentru a se apăra împotriva prădătorilor sau pentru a-şi impresiona partenerii în perioada de reproducere (*Tavolga* 1971; *Demski* şi col. 1973; *Zelick* şi col. 1999, citaţi de *Mardi C. Hastings* şi *Arthur N. Popper*, 2005). De asemenea, cel puţin o specie de somn marin (*Arius felis*), utilizează sunetul pentru a detecta şi identifica obiectele din apă prin emiterea unor infrasunete şi ascultarea ecoului acestora (*Tavolga* 1976, citat de *Mardi C. Hastings* şi *Arthur N. Popper*, 2005).

În cazul peştilor, modalităţile de producere a sunetelor sunt variate, implicând de obicei formaţiuni osoase sau contracţii rapide ale unor muşchi ataşaţi vezicii înotătoare, care ar putea avea de asemenea o funcţie însemnată în amplificarea acestora (*Zelick* şi col. 1999, citat de *Mardi C. Hastings* şi *Arthur N. Popper*, 2005). Frecvenţa sunetelor produse în acest mod nu depăşeşte de obicei 1000 Hz.

Sunetul ar putea juca un rol important şi în localizarea prăzii, în special în cazul peştilor răpitori. Un caz concret este pescuitul somnului, când pentru atragerea sa din ascunzişurile subacvatice, se folosesc dispozitive din lemn sau alte materiale (cloncuri), responsabile pentru

producerea unor sunete de joasă frecvenţă. Aceste sunete ar putea fi asociate cu prada sa care se zbate la suprafaţa apei (de exemplu bobocii de raţă).

Un alt exemplu ar putea fi rechinii. Este cunoscut faptul că agitaţia apei la suprafaţă produce o excitabilitate suplimentară a acestora. Relatările celor care au avut norocul să scape cu viaţă în urma unor accidente pe ocean, arată faptul că frecvenţa atacurilor rechinilor este redusă în cazul în care nu s-a intrat în panică şi s-a păstrat calmul (*din memoria personală în urma vizionării unor documentare de acest gen pe posturile de televiziune Discovery şi National Geografic*).

Peştii nu sunt surzi sau muţi, cum ar crede unii, problema e că nu avem noi urechi să-i auzim.

III.2. Efectele sunetului asupra peştilor

Este bine ca pentru început să lămurim un aspect important în înţelegerea problemei generale. Peştii nu sunt şi nu vor fi niciodată străini de sunet. Mai mult, evoluţia speciilor ne dovedeşte prin adaptările de natură morfologică, importanţa includerii percepţiei sunetelor în lista simţurilor vitale ce asigură într-o măsură mai mare sau mai mică, în funcţie de specificul speciei, existenţa şi perpetuarea speciilor pe glob. Sunetul natural, dat de valurile apei, mişcările prăzii, activitatea prădătorilor etc., este unul dintre reperele dobândite pe parcursul vieţii, ce dictează reacţiile de răspuns a peştilor şi asigură perfecţionarea permanentă a tacticilor adoptate specifice împrejurărilor, în spiritul conservării speciei.

Problema care se ridică în momentul actual este legată de reacţiile de răspuns a organismelor acvatice, în speţă a peştilor, legată de invazia sunetelor de origine antropogenă în mediul natural.

Numeroase studii au fost întreprinse de diverşi oameni de ştiinţă în scopul elucidării impactului ecologic de scurtă şi lungă durată pe care acest "agresor" invizibil îl are asupra mediului acvatic natural. Potrivit acestora, efectele sunt notabile, sunetul artificial produs fie prin activităţile industriale de forare, încărcături explozive, transportul naval internaţional sau cu ajutorul unor dispozitive utilizate în cadrul experimentelor în condiţii de laborator, având repercursiuni negative asupra comportamentului, bunăstării fiziologice şi chiar asupra integrităţii corporale şi funcţionale a unor organe precum vezica înotătoare, urechea internă sau linia laterală (vezi *Effects of Sound on Fish*, autori *Mardi C. Hastings* şi *Arthur N. Popper*, 2005; *High intensity anthropogenic sound damages fish ears*, autori *Robert D. McCauley*, *Jane Fewtrell* şi

Arthur N. Popper, 2002; *Noise-induced stress response and hearing loss in goldfish (Carassius auratus)*, autori *Michael E. Smith*, *Andrew S. Kane* şi *Arthur N. Popper*, 2003).

În acvacultura superintensivă, caracterizată prin utilizarea unor bazine cu suprafeţe mici, sunetele din mediul exterior sunt rapid percepute de către peşti în bazinele de cultură. Efectul acestor sunete, datorate instalaţiilor utilizate în cadrul unor astfel de unităţi piscicole, este necunoscut la majoritatea speciilor. Păstrăvul curcubeu (*Oncorhynchus mykiss*) însă pare să nu fie afectat de acestea, potrivit unui studiu efectuat de către *John Davidson*, *Julie Bebak* şi *Patricia Mazik*, intitulat *The effects of aquaculture production noise on the growth, condition factor, feed conversion, and survival of rainbow trout, Oncorhynchus mykiss*, publicat în anul 2008.

Cunoaşterea frecvenţelor sunetelor percepute de peşti poate avea însă şi efecte pozitive prin utilizarea raţională a acestora. Un exemplu în acest sens ar fi împiedicarea accesului peştilor în canalele de irigaţii sau turbine prin utilizarea unor bariere sonore. *Mueller Robert P.*, *Duane A. Neitzel* alături de *William V. Mavros*, au arătat în lucrarea *Evaluation of Low and High Frequency Sound for Enhancing Fish Screening Facilities, to Protect Outmigrating Salmonids*, publicată în anul 1998, posibilitatea utilizării sunetelor infrasonore cu o frecvenţă cuprinsă între 7-14 Hz pentru ecranarea zonelor periculoase în scopul protejării puietului de păstrăv curcubeu (*Oncorhynchus mykiss*) şi de somon (*Oncorhynchus tshawytscha*).

O altă abordare a utilităţii sunetului vine din domeniul acvaculturii. Nevoia de potenţare a caracterelor productive şi de reproducţie a speciilor utilizate în acvacultură a dus la identificarea unor noi metode, stimuli, care să ducă la îmbunătăţirea randamentului unităţilor producătoare.

Efectele ultrasunetelor asupra performanţelor reproductive la peşti, au fost studiate pe mai multe specii. În lucrarea *Ultrasonic sound effect in fish breeding* elaborată de *S. N. Biswas*, *Sri D. Basu*, *Sri A. Roy* şi *Sri S. Ghosh*, a fost testat modul de influenţă a ultrasunetelor asupra unor reproducători din şase specii diferite: *Gibelion catla*, *Labeo rohita*, *Cirrhinus cirrhosus*, *Labeo bata*, *Labeo calbasu* şi *Clarias batrachus*. Rezultatele testelor au arătat o îmbunătăţire clară a performanţelor reproductive la toate cele şase specii. În reproducerea naturală, procentul de depunere a icrelor a fost de 100 %, maturarea icrelor nefiind influenţată de dozele diferite de hormoni hipofizari administrate, în timp ce în cazul reproducerii artificiale, peştii expuşi ultrasunetelor au fost lipsiţi de stres iar mulgerea acestora s-a putut face foarte uşor, fără vătămarea organelor interne. De asemenea, cantitatea cât şi calitatea icrelor fecundate au fost superioare celor provenite de la peştii din loturile martor.

Un alt studiu efectuat de această dată pe specia *Puntius sarana*, a confirmat rezultatele pozitive obţinute prin utilizarea ultrasunetelor ca şi factor de inducere a maturării gonadale (*Dr.*

S. S. Maity, *D. Basu*, *A. Roy*, *P. Bhattacharya* şi *A. Basak* în *Efect of ultrasonic sound on breeding performance of Puntius sarana*). În urma rezultatelor obţinute, autorii au ajuns la concluzia că sunetele de înaltă frecvenţă influenţează pozitiv maturarea gonadelor, procentul de fecundaţie precum şi rata de supravieţuire a descendenţilor.

Posibilitatea utilizării muzicii ca şi stimulator al procesului de creştere, a fost de asemenea cercetată, cu rezultate promiţătoare. *L. Vasantha*, *A. Jeyakumar* şi *M. A. Pitchai* au publicat în anul 2003 un articol în care descriau un experiment de acest fel. Experimentul a constat în creşterea în paralel a două loturi de peşti formate din trei crapi Koi fiecare, pe o perioadă de 56 de zile. Fiecare din cele două loturi au fost expuse pe rând la muzică timp de opt săptămâni, câte trei ore pe zi, de la 6 dimineaţa până la ora 9 dimineaţa. Diferenţele comportamentale observate au constat într-o reducere a activităţii peştilor expuşi muzicii, aceştia adunându-se în jurul dispozitivului utilizat pentru difuzarea muzicii în apă, spre deosebire de cei ce alcătuiau lotul martor, care întreţineau o activitate normală în bazin. La finalul experimentului, măsurătorile au arătat o diferenţă netă de până la 50 % al ritmului de creştere, în favoarea peştilor expuşi la muzică.

Un studiu asemănător a fost întreprins de către *S. E. Papoutsoglou*, *N. Karakatsouli*, *A. Batzina*, *E. S. Papoutsoglou* şi *A. Tsopelakos* şi publicat în anul 2008. Scopul acestuia a fost identificarea posibilelor efecte pe care le-ar putea avea muzica în combinaţie cu condiţiile diferite de iluminare asupra peştilor din specia *Sparus aurata*. Rezultatele au indicat faptul că, difuzarea muzicii timp de 4 ore pe zi în condiţiile unei iluminări la o intensitate de 200 lucşi, îmbunătăţeşte valorificarea hranei administrate. La 89 de zile de la începerea experimentului, muzica a avut un efect pozitiv asupra creşterii peştilor însă la sfârşitul celor 117 zile cât a durat testul, peştii expuşi la muzică nu au prezentat diferenţe notabile în ceea ce priveşte masa corporală, faţă de peştii din lotul martor, în schimb dimensiunile acestora au fost mai omogene.

S.E. Papoutsoglou, *N. Karakatsouli*, *E. Louizos*, *S. Chadio*, *D. Kalogiannis*, *C. Dalla*, *A. Polissidis* şi *Z. Papadopoulou-Daifoti*, au arătat în anul 2006 prin lucrarea intitulată *Effect of Mozart's music (Romanze-Andante of "Eine Kleine Nacht Musik", sol major, K525) stimulus on common carp (Cyprinus carpio L.) physiology under different light conditions*, că efectele stresante induse peştilor prin menţinerea acestora în condiţii de întuneric prelungit pot fi atenuate prin aplicarea unui program muzical, muzica îmbunătăţind şi de această dată ritmul de creştere al peştilor expuşi. Studiul a scos în evidenţă şi apariţia unor modificări în compoziţia carcasei şi a ficatului sub aspectul conţinutului în acizi graşi.

Destul de interesant este faptul că peştii pot face diferenţa între două compoziţii muzicale diferite. Potrivit cercetărilor efectuate de către *Sofronios E. Papoutsoglou*, *Nafsika Karakatsouli*,

Eustratios S. Papoutsoglou şi *Georgios Vasilikos* publicate în anul 2009, crapul (*Cyprinus carpio*) a avut reacţii de răspuns diferite când a fost supus audiţiei a două compoziţii muzicale. În experiment au fost utilizate opera muzicală *Eine Kleine Nachtmusik*, de Mozart şi compoziţia anonimă *Romanza-Jeux Interdits*, timp de 4 ore pe zi. Pe parcursul celor 106 zile, cât a durat experimentul, ambele "tratamente" muzicale au avut un efect pozitiv asupra ritmului de creştere, raportat la lotul martor. În schimb, peştii expuşi compoziţiei *Romanza-Jeux Interdits*, au avut un ritm de creştere superior celor expuşi muzicii de Mozart, acest lucru sugerând existenţa unui factor psihologic responsabil pentru modul în care peştii răspund la muzică.

Rezultatele obţinute până în momentul de faţă au reuşit să stabilească un singur lucru: peştii nu sunt indiferenţi stimulilor auditivi. Fenomenul deocamdată nu este bine înţeles, conturându-se ideea implicării psihicului în transformările de natură morfo-fiziologică ce apar în rândul peştilor expuşi acestui tip de stimuli.

Este posibil ca natura efectelor înregistrate în rândul peştilor, datorate unui anumit stimul auditiv, să fie puternic influenţată de preferinţele acestora, precum şi stările interioare ale omului sunt dependente de genul muzical audiat.

Partea a II-a

CAPITOLUL IV.

CONTRIBUŢII PERSONALE. PREZENTAREA EXPERIMENTULUI REALIZAT

IV.1. Obiectivul şi descrierea experimentului

Ideea de la care a pornit acest experiment, mi-a venit uitându-mă la televizor. De obicei, urmăresc emisiunile posturilor *Discovery*, *Animal Planet* sau *National Geografic*, pasionat fiind de lumea naturală cu aspectele ei intime. Aici am avut ocazia să văd un experiment foarte interesant legat de o modalitate mai puţin obişnuită de creştere a productivităţii de lapte în cazul vacilor. În cadrul acestui experiment, un grup de vaci a fost pe rând expus audiţiei unor compoziţii muzicale diferite între ele prin ritmul acestora. Rezultatele au arătat că producţia de lapte a vacilor ce au ascultat piesa muzicală mai lentă (muzică clasică), a fost mai mare decât cea obţinută în urma expunerii acestora la muzica rock şi cu mult mai mare decât cea obţinută prin menţinerea vacilor în condiţii naturale, fără muzică. Explicaţia oferită de cei implicaţi în acest experiment a fost că sporurile suplimentare înregistrate în producţia de lapte se datorează efectului calmant al muzicii asupra animalelor, ştiut fiind faptul că absenţa stresului din rândul animalelor de fermă duce la o îmbunătăţire a indicilor productivi.

Observând potenţialul acestei metode de a creşte până la urmă randamentul productiv în rândul animalelor terestre de fermă, am început să-mi pun întrebări referitoare la aplicabilitatea acestei metode în acvacultură. Spre surprinderea mea, căutând pe internet, am aflat că astfel de studii au fost deja întreprinse pe mai multe specii de peşti, rezultatele acestora indicând o ameliorare a performanţelor reproductive şi de creştere la peşti.

Ţinând cont de cercetările efectuate pe acest subiect, la care eu am avut acces, impulsionat fiind de dorinţa mea de a găsi soluţii care să sporească eficacitatea tehnologiei de creştere a peştilor în acvacultură, am luat decizia de a mă implica în această problemă prin efectuarea unui experiment propriu în această direcţie.

Obiectivul experimentului a fost să văd dacă efectele pozitive ale muzicii se limitează doar la anumite specii de peşti şi dacă există o compoziţie muzicală „minune” care să le inducă sau acestea pot fi obţinute şi prin intermediul altor piese muzicale. Personal am utilizat peşti

aparţinând speciei *Oreochromis niloticus*, o specie cu importanţă economică în acvacultură şi opera muzicală *Clar de lună* compusă de compozitorul francez *Claude Debussy*. Am ales această piesă muzicală mergând pe ideea inducerii unei stări de relaxare care să prevină agitaţia peştilor în bazin, aceasta fiind una din compoziţiile recomandate de către specialiştii în psihologia umană şi utilizată în meloterapie pentru destinderea psihică şi relaxarea pacienţilor.

Experimentul s-a desfăşurat în perioada 11.03.2009 - 11.05.2009 şi a constat în expunerea unui grup de peşti tilapia format din 20 de exemplare având o masa medie de 12,45 g şi o lungime medie de 6,99 cm, unui program muzical constând într-o oră de muzică difuzată după fiecare masă administrată. Ritmul de creştere a fost comparat cu cel al peştilor din grupul martor, format tot din 20 de exemplare din aceeaşi specie cu o masă medie iniţială de 12,4 g şi o lungime medie de 6,95 cm. Ambele loturi de peşti au fost crescute în sisteme recirculante identice, numărul meselor variind de la 4 pe zi, la 3 pe zi odată cu creşterea acestora.

IV.2. Asigurarea infrastructurii necesare

IV.2.1. Alegerea locaţiei

Pentru a realiza acest experiment, având în vedere condiţiile avute la dispoziţie, am fost obligat să optez pentru camera mea (fig. 19), pe care am transformat-o practic într-un mic laborator.

Fig. 19. Eliberarea camerei mele în scopul realizării experimentului

Avantajele acestei locaţii constau în uşurinţa monitorizării desfăşurării studiului, practic putând fi aproape în permanenţă de faţă, cât şi eliminarea costurilor de transport pe care le-aş fi avut în cazul în care aş fi fost nevoit să mă deplasez spre o altă locaţie.

Creşterea peştilor în apartament, în special a celor de apă caldă, are şi dezavantajele sale, unul dintre ele fiind apariţia igrasiei. Acest lucru m-a obligat să menţin uşa de la balcon permanent întredeschisă pentru a facilita eliminarea vaporilor de apă din cameră.

IV.2.2. Construcţia sistemelor recirculante

Partea cea mai solicitantă a întregului proiect a fost construcţia celor două sisteme recirculante necesare creşterii peştilor din cele două loturi. Practic, o bună parte din elementele componente ale acestora le-am achiziţionat începând cu primăvara anului 2008 (fig. 20), cu ocazia desfăşurării unui alt proiect în care am utilizat bibanul (*Perca fluviatilis*).

Fig. 20. Navetele din plastic cumpărate în primăvara anului 2008

Construcţia sistemelor recirculante a urmărit următoarele etape, descrise mai pe larg în cele ce urmează:

- construcţia scheletului metalic necesar susţinerii bazinelor de tratare a apei uzate şi montarea poliţelor din lemn
- pregătirea bazinelor de creştere şi a celor utilizate în tratarea apei uzate, plus instalarea conductelor de apă
- construcţia, pregătirea şi instalarea filtrelor mecanice precum şi a spumătoarelor
- pregătirea mediului suport pentru bacteriile nitrificatoare şi formarea biofiltrului
- asigurarea aerării, oxigenării şi încălzirii apei filtrate înainte de reîntoarcerea sa în bazinele de cultură
- montarea pompelor electrice în circuit, utilizate în scopul recirculării apei prin sisteme

IV.2.2.1. Construcţia suportului metalic şi montarea poliţelor din lemn

Deoarece suprafaţa camerei pe care am avut-o la dispoziţie a fost limitată, unica soluţie de realizare din punct de vedere constructiv, a sistemelor recirculante, era de a utiliza spaţiul disponibil pe verticală. Astfel am început să construiesc un schelet metalic cu două rafturi (fig. 21), utilizând pe post de material de construcţie, profile din oţel gen cornier, cu laturi egale de 4 cm (fig. 22).

Fig. 21. Aspectul suportului metalic la finalizarea construcţiei

Fig. 22. Oţelul cornier gata prelucrat, pregătit de asamblare

Prelucrarea profilelor a constat în tăierea lor la dimensiunile potrivite, efectuarea găurilor la capetele de îmbinare şi vopsirea lor (fig. 23 A, B şi C). Prin vopsire se asigură un grad ridicat de protecţie împotriva umezelii.

A

B

C

Fig. 23 A, B, C. Etapele prelucrării oţelului cornier

Pentru asamblarea bucăţilor de cornier am folosit şuruburi din oţel cu un diametru de 10 mm (fig. 24). Am preferat utilizarea îmbinării prin şuruburi în schimbul îmbinării prin sudură datorită faptului că, acest tip de îmbinare îmi oferă în orice moment posibilitatea dezasamblării rapide a montajului.

Fig. 24. Elementele de îmbinare folosite la asamblarea suportului metalic

Asamblarea propriu-zisă a elementelor metalice s-a făcut relativ uşor (fig. 25), urmând montarea poliţelor din lemn (fig. 26). Pentru poliţe am utilizat părţile laterale ale unui dulap dezmembrat, pe care le-am debitat la dimensiunile corespunzătoare.

Fig. 25. Montarea elementelor metalice

Fig. 26. Adăugarea rafturilor din lemn

IV.2.2.2. Pregătirea bazinelor şi instalarea conductelor de apă

Iniţial, am luat în calcul utilizarea sticlei pentru confecţionarea unor acvarii însă analizând mai atent problema, mi-am dat seama că această soluţie nu este tocmai cea mai potrivită în cazul meu.

În primul rând ar fi preţul destul de ridicat al sticlei (80-90 lei/m^2 pentru sticla cu o grosime de 8 mm), pentru confecţionarea unor bazine de dimensiuni mari, fiind necesară o sumă destul de mare de care eu nu dispuneam la momentul respectiv.

În al doilea rând, bazinele din sticlă sunt fragile, spargerea accidentală a unui bazin în perioada de desfăşurare a experimentului reprezentând pentru mine un risc prea mare pe care nu eram dispus să mi-l asum.

În al treilea rând, pentru economisirea fondurilor de care dispuneam, aş fi fost nevoit să-mi construiesc singur bazinele. Nu era nimic rău în asta, dimpotrivă sunt un mare amator al artei bricolajului însă acum nu era momentul oportun testării aptitudinilor mele practice având în vedere importanţa lucrării practice pe care urma să o susţin (absolvirea facultăţii).

În al patrulea rând, sincer m-am temut, poate nejustificat, ca masa totală a construcţiei plus sarcinile dinamice la care este supusă suprafaţa camerei mele, să nu depăşească cumva capacitatea maximă pe care o poate suporta placa de beton aflată dedesubt, eu locuind la etajul patru al blocului.

Toate aceste considerente m-au făcut să caut o alternativă la bazinele din sticlă. Soluţia am găsit-o în timp ce vizitam *Târgul Internaţional pentru Agricultură, Industrie Alimentară şi Ambalaje AGRARIA*, ediţia 2008, organizat la Cluj-Napoca. Aici am avut ocazia să cunosc un producător de produse din material plastic printre care şi navete de transport de capacitate mare. Datorită formei, siguranţei în exploatare şi a preţului acceptabil pe care acestea îl aveau m-am decis să merg pe mâna lor.

Navetele achiziţionate (fig. 27 şi fig. 28) aveau însă un neajuns. Practic ele nu erau proiectate pentru a susţine apa, modificându-şi forma pereţilor laterali în momentul umplerii lor cu apă. Se spune că nevoia te învaţă, ei bine pe mine m-a învăţat să corectez într-o bună măsură acest deficit prin aplicarea unor benzi adezive ranforsate pe toată circumferinţa bazinelor.

Fig. 27. Navetă cu un volum de 65 litri

Astfel am reuşit să transform nişte navete de transport în bazine de apă pe care să le pot folosi în cadrul experimentului propus.

Fig. 28. Navetă cu un volum de 180 de litri transformată în bazin de creştere

Fiecare sistem recirculant este format din trei navete sau mai bine zis bazine de 65 de litri şi un bazin de 180 de litri. Bazinele mai mici au fost transformate în filtre, cum este filtrul biologic, găzduiesc filtre, precum filtrul cu nisip, sau dispozitive de aerare, oxigenare şi încălzire a apei, în cazul bazinului cu acelaşi nume, în timp ce bazinele de 180 de litri au fost utilizate pe post de bazine de creştere.

Găurirea bazinelor s-a făcut în funcţie de rolul fiecăruia în sistem, utilizând două freze de 20 mm respectiv 32 mm în diametru.

În ceea ce priveşte conductele de apă, personal am utilizat furtunuri elastice cu un diametru de 20 mm şi ţevi de scurgere din PVC cu un diametru de 32 mm. Racordurile au fost făcute fie prin intermediul unor scaune de baterii sanitare (fig. 29 şi fig. 30), în cazul găurilor de 20 mm, fie direct prin intrarea forţată a unui cot din PVC, în cazul găurilor de 32 de mm (fig. 31).

Fig. 29. Racord realizat cu ajutorul unui scaun de baterie în cazul bazinului filtrului cu nisip

Fig. 30. Racord realizat cu ajutorul unui scaun de baterie în cazul bazinului de creştere

În cazul racordurilor directe, am folosit un chit de etanşare pentru lemn, plastic, metal şi beton, utilizat de obicei în domeniul construcţiilor (fig. 31).

Fig. 31. Etanşarea racordului direct în cazul bazinului de oxigenare a apei de cultură

Montarea furtunurilor între pompele de recirculare a apei şi bazinele filtrelor cu nisip sau bazinele de creştere s-a făcut utilizând fitinguri HENCO (fig. 29, 30), în timp ce asamblarea conductelor din PVC ce fac legătura între bazinul filtrului cu nisip şi biofiltru, între biofiltru şi bazinul de aerare şi oxigenare a apei şi între bazinul de aerare şi oxigenare a apei şi bazinul de cultură, s-a făcut prin mufarea acestora, bineînţeles după ce acestea au fost aduse la dimensiunile cerute de configuraţia sistemului (fig. 31 şi fig. 32).

Fig. 32. Montarea conductelor din PVC în cazul bazinului de aerare şi oxigenare a apei de cultură

O particularitate la bazinele de creştere ar fi utilizarea sorbului dublu (fig. 33) confecţionat din fitinguri de tip PPR unite elastic între ele prin intermediul unor segmente din furtun.

Fig. 33. Sorbul dublu amplasat în interiorul bazinului de creştere

Această configuraţie a evacuării apei din bazin s-a dovedit extrem de utilă în creşterea peştilor de dimensiuni mici. Evacuarea apei din bazin făcându-se forţat, prin pompare, o eventuală astupare a gurii de evacuare în cazul utilizării unui sorb simplu, ar duce la încetarea funcţionării sistemului cu consecinţe grave asupra peştilor crescuţi. Sorbul dublu reduce mult acest risc prin faptul că, practic probabilitatea ca ambele guri de evacuare a apei să fie astupate în acelaşi timp este destul de mică iar astuparea uneia dintre ele nu face altceva decât să redirecţioneze fluxul de apă spre cealaltă gură de evacuare a apei. De asemenea, prin utilizarea acestei configuraţii forţa de absorbţie a apei pe fiecare terminaţie se înjumătăţeşte, înjumătăţindu-se totodată şi riscul de absorbţie a peştilor de către pompa de apă, mortalitatea datorată acestui fenomen fiind în cazul meu zero.

IV.2.2.3. Asigurarea filtrării mecanice. Tipuri de filtre utilizate şi montarea lor.

În cazul sistemelor recirculante, calitatea apei de cultură este puternic influenţată de eficacitatea dispozitivelor responsabile pentru îndepărtarea reziduurilor organice acumulate în cadrul sistemului.

Personal, pentru filtrarea apei de cultură, am utilizat trei tipuri de filtre, câte unul pentru fiecare sistem recirculant:

- filtru mecanic cu cartuş lavabil (fig. 34), pentru eliminarea din apă a particulelor organice mai mari de 80 μm
- filtru mecanic cu nisip (fig. 35), pentru captarea şi eliminarea din apă a particulelor organice mai mici de 80 μm

- filtru cu spumă sau spumător (engl. *skimmer*) (fig. 36), pentru îndepărtarea materiei organice dizolvate în apa de cultură

Filtrul mecanic cu cartuş lavabil, montat intercalat între bazinul de cultură şi pompa de recirculare, a fost responsabil pentru reţinerea tuturor impurităţilor organice cu dimensiuni mai mari de 80 µm (80 µm fiind porozitatea cartuşului filtrant) din apa provenind din bazinul de creştere, înainte ca aceasta să intre în pompă. Acest lucru a făcut posibilă funcţionarea în condiţii optime a pompei de recirculare, prin anularea procesului de colmatare a acesteia.

Fig. 34. Filtrul mecanic cu cartuş filtrant lavabil utilizat pentru îndepărtarea din sistem a particulelor organice mai mari de 80 µm

Frecvenţa de spălare a cartuşului filtrant a fost determinată de cantitatea totală a dejecţiilor din bazinul de creştere. La rândul ei, cantitatea totală a dejecţiilor din bazin, a fost condiţionată de cantitatea totală de furaj administrată pe parcursul unei zile, astfel pentru începutul experimentului, când cantitatea de furaj administrată zilnic era mică, peştii fiind la rândul lor mici, frecvenţa de spălare a cartuşului filtrant a fost de 1-2 ori pe zi, urmând ca aceasta să crească la 4-5 ori pe zi, în momentul în care peştii au crescut. O frecvenţă de spălare ridicată, practic a asigurat o îndepărtare rapidă a materiei organice reziduale din sistem, acest lucru contribuind la menţinerea parametrilor de calitate ai apei la valori propice speciei de cultură.

Montarea filtrelor în circuit s-a făcut utilizând furtunuri elastice transparente, cu un diametru de 20 mm, prevăzându-se de asemenea două robinete de separare între bazinele de cultură şi filtre cu rolul împiedicării ieşirii apei din bazinele de creştere în momentul efectuării spălărilor periodice ale filtrelor.

Filtrul mecanic cu nisip, a avut rolul de a reţine din apă particulele de materie organică, de dimensiuni mai mici de 80 µm, care practic nu au putut fi îndepărtate cu ajutorul filtrului mecanic cu cartuş filtrant.

Dacă filtrul mecanic cu cartuş filtrant l-am achiziţionat de pe piaţă, în cazul filtrului mecanic cu nisip am avut plăcerea de a-l construi personal.

Am pornit de la ideea construirii unui filtru cu nisip care să funcţioneze în regim normal, gravitaţional, spre deosebire de modelele existente pe piaţă care funcţionează sub presiune. În acest scop am utilizat o găleată de 10 litri, o bucată de burete având o grosime de 2,5 cm şi nisipul de Aghireş, pe post de mediu filtrant, urmând paşii următori:

- achiziţionarea, trasarea şi găurirea fundului găleţii. Pentru ca fluxul de apă ce urma să treacă prin filtru, să fie uniform distribuit în mediul filtrant, găurile de pe fundul găleţii au fost distribuite uniform pe suprafaţa acestuia (fig. 35).
- astuparea fundului găleţii folosind un burete. Împiedicarea spălării nisipului din filtru, a necesitat utilizarea unui "ecran" a cărui porozitate să fie evident mai mică decât granulaţia nisipului. O metodă simplă şi la îndemână a fost utilizarea unui burete decupat după fundul găleţii (fig. 36).
- adăugarea nisipului pe post de mediu filtrant. Înainte de introducerea s-a în găleată, nisipul a fost supus unei spălări energice pentru îndepărtarea particulelor de pământ şi a altor eventuale impurităţi existente în acesta. Granulaţia nisipului utilizat a fost de maxim 1 mm (fig. 37).

Fig. 35. Distribuţia orificiilor de scurgere a apei

Fig. 36. Buretele folosit pentru astuparea fundului găleţii

Fig. 37. Nisipul de Aghireş utilizat pe post de mediu filtrant

Filtrul cu nisip astfel construit, l-am amplasat în interiorul unui bazin de 65 de litri (fig. 38), pe care l-am denumit bazinul fitrului mecanic cu nisip.

Fig. 38. Amplasarea filtrului mecanic cu nisip în interiorul bazinului de 65 de litri

În circuitul sistemului recirculant (de fapt sunt două sisteme recirculante identice, utilizând numărul singular pentru uşurarea exprimării), bazinul filtrului cu nisip este amplasat după pompa de recirculare şi înaintea filtrului biologic. Am ales această configuraţie în scopul asigurării desfăşurării în condiţii optime a procesului de biofiltrare, apa ce alimentează biofiltrul fiind suficient de curată, graţie celor două etape ale filtrării mecanice, încât nitrificarea să nu aibă de suferit din pricina colmatării mediului suport existent în biofiltru. Pentru menţinerea clarităţii apei, a fost necesară o spălare a filtrului din două în două zile.

Filtrul cu spumă sau spumătorul, reprezintă cea de-a treia unitate de filtrare prevăzută şi concepută de mine, cu scopul "finisării" clarităţii apei de cultură (fig. 39).

Fig. 39. Aspectul spumătorului confecţionat de mine şi amplasat în interiorul bazinului de aerare şi oxigenare a apei de cultură

Spumătorul, după cum şi numele îi spune, îndepărtează materia organică dizolvată în apă prin intermediul spumei formate datorită unei barbotări puternice a apei. Barbotarea apei se face prin insuflarea aerului sub presiune în masa apei.

Utilizarea spumătorului nu este neapărat necesară în cazul creşterii speciilor rezistente la un grad mai ridicat de încărcare a apei cu materie organică, cum sunt de pildă peştii tilapia, decizia mea de-a utiliza acest procedeu de filtrare venind în urma dorinţei de a evita pe cât posibil apariţia stărilor de boală, prin asigurarea unui mediu de cultură corespunzător, faptul că am mizat pe o filtrare temeinică în scopul prevenirii apariţiei stărilor de boală în detrimentul utilizării unor dispozitive mai costisitoare de genul filtrelor cu raze ultraviolete, dovedindu-se a fi în cazul meu o soluţie câştigătoare, peştii nemanifestând semne de boală nici în timpul şi nici după derularea experimentului.

Cum şi spumătoarele de capacitate mare sunt costisitoare, am optat bineînţeles şi în acest caz pentru construcţia personală a acestuia. Principiul de funcţionare al spumătorului construit de mine este acelaşi cu cel al spumătoarelor din comerţ în schimb construcţia lui este mai puţin complexă. Practic, apa provenită din filtrul biologic amplasat pe cea de-a doua poliţă, intră pe cale gravitaţională în gura de admisie a spumătorului amplasat în interiorul bazinului de aerare şi oxigenare a apei de pe prima poliţă (a se vedea fig. 39), urmând un traseu în formă de ”U”.

Aerul sub presiune produs de o pompă de aer pe care o voi prezenta mai târziu, este injectat în interiorul spumătorului, la baza formei U, prin intermediul unui difuzor de aer (piatră poroasă utilizată în acvaristică), crescând astfel timpul de contact dintre forma lichidă şi cea gazoasă. Bulele de aer rezultate vor colecta astfel din apa barbotată o bună parte din materia organică dizolvată în apă, formându-se o spumă care se va ridica şi va ieşi prin partea de sus a spumătorului, urmând a fi colectată în recipientul de colectare (fig. 40).

Fig. 40. Formarea spumei în urma barbotării apei

Construcţia spumătorului s-a făcut în totalitate utilizând fitinguri şi segmente de conductă din PVC cu un diametru de 40 mm.

IV.2.2.4. Asigurarea filtrării biologice. Filtrul biologic.

Filtrarea biologică constă în transformarea amoniacului (NH_3) în nitriţi (NO_2) şi oxidarea nitriţilor în nitraţi (NO_3), prin intermediul bacteriilor aparţinând genurilor *Nitrosomonas* respectiv *Nitrobacter* în urma procesului de nitrificare.

Asigurarea condiţiilor favorabile creşterii şi dezvoltării coloniilor de bacterii aparţinătoare genurilor mai sus amintite, presupune pe lângă respectarea valorilor optime ale parametrilor de calitate ai apei şi existenţa unei suprafeţe suport suficient de mari capabilă să susţină numărul foarte mare de bacterii formate. Uzual, în acvacultura superintensivă sunt utilizate medii suport din material plastic având o suprafaţă specifică mare sau chiar foarte mare (100-1000 m^2/m^3).

Personal, pentru asigurarea suprafeţei necesare dezvoltării bacteriilor nitrificatoare, am utilizat 500 de bile de tip *Bioballs* (câte 250 pentru fiecare filtru biologic) cu un diametru de 26 mm alături de inelele rezultate din tăierea a 30 de metri de furtun (câte 15 metri de furtun pentru un biofiltru) (fig. 41).

Fig. 41. Mediul suport utilizat în confecţionarea biofiltrului

Biofiltrul propriu-zis a fost construit prin introducerea mediului suport în interiorul unui bazin de 65 de litri, în momentul funcţionării sistemului, mediul fiind complet imersat în apă (fig. 42).

Poziţionarea biofiltrului în circuitul sistemului recirculant s-a făcut după bazinul filtrului cu nisip, evitând astfel pericolul colmatării acestuia cu materie organică. Totuşi însă prin moartea naturală, firească a bacteriilor din biofiltru, acesta îşi poate reduce eficienţa datorită ocupării suprafeţei utile cu bacterii moarte. Îndepărtarea fulgilor ce se acumulează în timp în biofiltru, compuşi din bacterii moarte, este aşadar necesară.

Bazat pe observaţiile mele cu privire la evoluţia biofiltrului, am stabilit ca o dată pe săptămână să fac spălarea acestuia evitând însă o spălare energică a mediului suport pentru a nu spăla şi bacteriile proaspăt formate.

Fig. 42. Aspectul filtrului biologic

De o mare importanţă a fost procesul de maturizare al biofiltrului. Maturizarea filtrului biologic constă în pregătirea acestuia înainte de a fi introduşi peştii în sistem, în sensul încurajării formării şi stabilizării bacteriilor nitrificatoare pe suprafaţa mediului suport utilizat, stimularea creşterii acestora făcându-se de obicei prin inocularea unei cantităţi de amoniac în apa din sistem.

Soluţia aleasă de mine a fost introducerea unui pumn de furaj în interiorul filtrului cu cartuş lavabil, unde a fost menţinut o săptămână, timp în care datorită amoniacului rezultat prin descompunerea proteinelor din furaj, pe suprafaţa mediului suport din filtrul biologic s-a format o peliculă biologică transparentă, insesizabilă cu ochiul liber însă detectabilă prin palparea acesteia.

IV.2.2.5. Aerarea, oxigenarea şi încălzirea apei de cultură

Potrivit prevederilor tehnologice, în cadrul unui sistem recirculant, locul cel mai favorabil din punct de vedere al eficienţei procesului de oxigenare, de amplasare a dispozitivelor, instalaţiilor de oxigenare a apei de cultură este chiar înainte de reintrarea apei în bazinul, bazinele de creştere. De ce aici, deoarece în acest punct, concentraţia oxigenului dizolvat în apă este minimă datorită consumului de oxigen din cadrul filtrelor mecanice, prin descompunerea materiei organice şi din cadrul filtrului biologic, în urma procesului de nitrificare de la nivelul acestuia.

Respectând acest considerent, am hotărât ca aerarea, oxigenarea şi încălzirea apei de cultură să se facă înainte ca aceasta să reintre în bazinul de creştere, utilizând în acest scop pentru un sistem, o pompă de aer sau vibrator, spumătorul şi am să explic de ce, două aeratoare de adâncime sau mai pe înţeles, două pietre poroase pentru difuzarea aerului în apă şi două încălzitoare cu termostat, toate acestea, exceptând pompa de aer, găsindu-se într-un bazin de 65 de litri pe care l-am numit bazin de aerare, oxigenare şi încălzire a apei, amplasat pe prima poliţă deasupra bazinului de creştere (fig. 43).

Fig. 43. Bazinul de aerare, oxigenare şi încălzire a apei

Pompa de aer utilizată, modelul ATMAN HP-5000, am achiziţionat-o împreună cu încălzitoarele de altfel, de la un magazin cu profil de acvaristică, aceste articole fiind de fapt destinate utilizării în cadrul acvariilor ornamentale. Cu un consum redus, de numai 5 W/oră, pompa dotată cu variator de tensiune, este capabilă să ofere un debit de aer de 8 litri/minut (fig. 44).

Fig. 44. Pompa de aer ATMAN HP-5000

Am optat pentru acest model datorită faptului că pe de-o parte, prezenta un raport bun calitate/preţ iar pe de altă parte pompa este dotată cu patru ieşiri, pe care două le-am utilizat separat montând pe acestea prin intermediul unor furtunuri de aer utilizate în acvaristică, două pietre poroase pentru oxigenarea apei, celelalte două urmând a le lega în paralel pentru a obţine presiunea de aer necesară barbotării apei din spumător.

Spumătorul are şi el rolul său în menţinerea sub control a componentelor gazoase ale apei. O problemă destul de gravă în acvacultura superintensivă este dioxidul de carbon dizolvat în apă, tocmai aici intervenind spumătorul care prin configuraţia sa, asigură două funcţii în sistem şi anume prima, cea de îndepărtare a materiei organice dizolvate în apa de cultură şi cea de-a doua, suplimentară, de degazare a apei. Degazarea apei se face de obicei prin "spargerea" apei utilizându-se în acest sens degazoare speciale, compuse din medii din material plastic care descompun jetul de apă în mii de picături favorizând contactul îndelungat dintre faza lichidă şi cea gazoasă, gazul dizolvat în exces în apă eliberându-se în aerul atmosferic.

Bineînţeles că pe lângă îndepărtarea dioxidului de carbon, prin barbotarea apei se obţine totodată şi o oxigenare a acesteia, rezultând practic trei funcţii ale spumătorului în sistem: de îndepărtare a materiei organice dizolvate, de eliminare a dioxidului de carbon aflat în exces şi de oxigenare a apei de cultură.

Aeratoarele de adâncime nu sunt altceva decât pietre poroase de diverse forme concepute pentru facilitarea transferului oxigenului din aerul atmosferic în apa tratată, prin fragmentarea fluxului de aer în mici bule de aer caracterizate printr-o suprafaţă specifică de contact dintre aer şi apă, foarte mare. Eficienţa oxigenării pe această cale depinde foarte mult de înălţimea coloanei de apă în care acestea sunt introduse.

Personal, am utilizat câte două pietre de aerare în formă de scoică amplasate în bazinul de aerare, oxigenare şi încălzire a apei, plus încă o piatră de dimensiuni mai mici, sferică, amplasată în interiorul spumătorului (fig. 45).

Fig. 45. Forma şi amplasarea pietrelor de oxigenare a apei

Necesitatea încălzirii apei reiese din particularităţile biologice ale speciei în cauză, tilapia de Nil. Asigurarea confortului termic a reprezentat pentru mine o prioritate fiind conştient de faptul că, această specie nu tolerează prea bine temperaturile scăzute.

În acest scop am utilizat câte două încălzitoare electrice pentru fiecare sistem (fig. 46). Puterea combinată a celor două încălzitoare atinge 250 W, ceea ce corespunde unui volum de apă de 250 de litri, suficient pentru cei aproximativ 240 de litri de apă, cât am avut eu într-un sistem, dacă luăm în calcul metoda empirică de calcul a puterii necesare, de 1 W/litru de apă de încălzit.

Fig. 46. Încălzitoarele electrice cu termostat utilizate în cadrul experimentului

Reglarea termostatelor încălzitoarelor s-a făcut astfel încât valoarea temperaturii apei din sisteme să fie constant menţinută în jurul valorii de 28 ˚C.

Alegerea locaţiei de amplasare a acestora este hotărâtoare în stabilirea randamentului de încălzire a apei. Astfel, pentru a fi sigur de buna funcţionare a acestora, am decis ca amplasarea lor să se facă direct în curentul creat de apa ieşită din spumător, apa fiind în acest caz încălzită uniform (fig. 47).

Fig. 47. Modul de amplasare al încălzitoarelor în bazinul de aerare, oxigenare şi încălzire a apei de cultură

IV.2.2.6. Pompele utilizate pentru recircularea apei din sisteme

Într-un sistem recirculant, ponderea cea mai mare în alcătuirea costului total de producţie o reprezintă energia electrică utilizată pentru funcţionarea echipamentelor de pompare, răcire sau încălzire a apei după caz, alături de cheltuielile rezultate în urma achiziţionării furajelor. Scopul fiecărui crescător este de a reduce pe cât de mult posibil valoarea costului de producţie pentru ca în final, preţul de vânzare al produsului obţinut să fie accesibil unui număr cât mai mare de consumatori.

Din nevoia de a reduce la minim costurile de întreţinere a sistemelor recirculante pe parcursul perioadei de desfăşurare a experimentului, înainte de a cumpăra pompele de apă, am efectuat un sondaj al pieţei urmărind modelele existente, clasa energetică a acestora cât şi preţul de achiziţie, pentru ca în final să optez pentru utilizarea unor pompe de recirculare standard, marca WILO, modelul STAR-RS 25/4, destinate în mod normal recirculării agentului termic din instalaţiile termice (fig. 48).

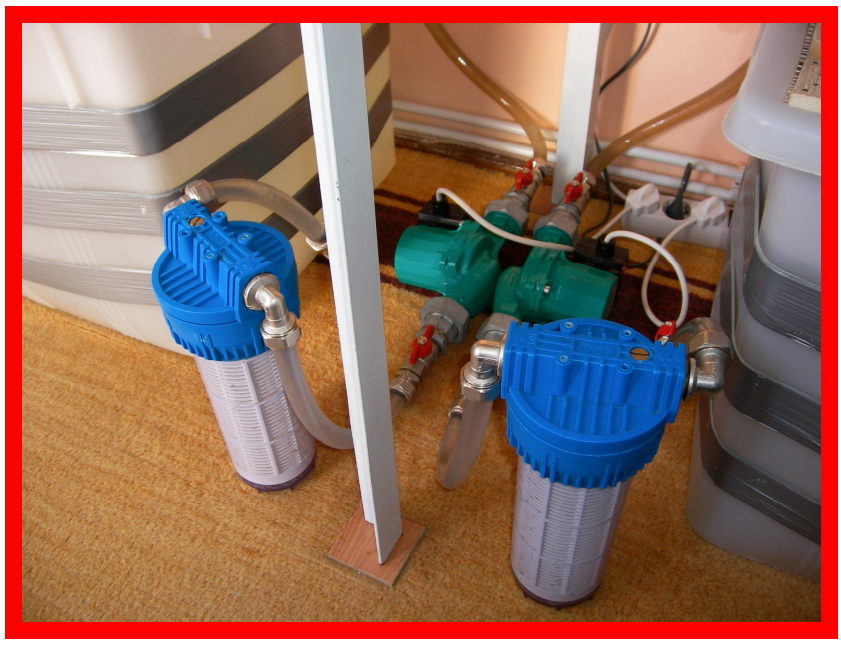
Fig. 48. Pompele utilizate în scopul recirculării apei din sistemele recirculante

Pompele au trei trepte de putere, 28 W, 38 W respectiv 48 W, încadrându-se în clasa de eficienţă energetică B. Pentru prima treaptă de putere, la o înălţime de pompare de aproximativ 1,5 m, pompele au asigurat un debit de 1 m^3/oră, corespunzător unui grad de recirculare a apei din bazinele de creştere de cca. 7 ori în decurs de o oră, volumul de apă dintr-un bazin fiind de 150 de litri.

Montarea pompelor în circuit s-a făcut prin intermediul unor furtunuri de legătură între pompe şi filtrele cu cartuş respectiv între pompe şi bazinele filtrelor cu nisip amplasate pe cea de-a doua poliţă. Robineţii de ¾'' montaţi înaintea şi după pompele de recirculare au avut rolul de a izola pompele faţă de restul circuitului, în cazul apariţiei unei defecţiuni uşurând munca de reparaţie a acestora (vezi fig. 48).

Amplasarea pompelor în sistem a avut în vedere asigurarea unei presiuni minime de 0,05 bari necesare funcţionării optime a acestora, pompele fiind poziţionate la cea mai joasă cotă a sistemului, favorizând astfel apariţia presiunii de intrare prin amorsarea pompelor pe cale gravitaţională (fig. 49).

Fig. 49. Modul de amplasare a pompelor de recirculare a apei din sisteme



IV.2.3. Principiul de funcţionare al sistemului recirculant

Înainte de a începe expunerea principiului de funcţionare al sistemelor recirculante construite, aş dori să reamintesc faptul că partea tehnică a proiectului meu a constat de fapt în construirea a două sisteme recirculante identice (fig. 50), de aceea pentru simplificarea exprimării mi se pare justificată utilizarea numărului singular când mă refer la acestea.

Descrierea funcţionării sistemului recirculant am să o fac referindu-mă la circuitul apei din acesta. Astfel, apa din bazinul de creştere (fig. 28), intră prin intermediul sorbului dublu (fig. 33), în filtrul mecanic cu cartuş filtrant (fig. 34) unde are loc separarea tuturor impurităţilor de dimensiuni mai mari de 80 µm conţinute în aceasta. Apa astfel filtrată, ieşită din filtrul cu cartuş este apoi canalizată cu ajutorul unui segment de furtun spre pompa de recirculare (fig. 49), care tot prin intermediul unui furtun cu diametrul de 20 mm, o transmite mai departe înspre bazinul filtrului cu nisip aflat pe cea de-a doua poliţă a suportului metalic.

Aici, trecând gravitaţional prin filtrul cu nisip (fig. 38), apa este curăţată de particulele cu dimensiuni mai mici de 80 µm pentru a trece apoi în incinta bazinului transformat în biofiltru (fig. 42), utilizând principiul vaselor comunicante, acesta din urmă fiind conectat cu bazinul filtrului mecanic cu nisip printr-o conductă din PVC de 32 mm în diametru.

În interiorul biofiltrului, apa încărcată în amoniac este supusă procesului de nitrificare prin prezenţa bacteriilor nitrificatoare fixate pe mediul suport din acesta, în urma căruia amoniacul toxic prezent în apă este transformat în nitraţi netoxici. De aici, apa biofiltrată ajunge gravitaţional prin intermediul unei conducte din PVC de 32 mm în diametru, la gura de admisie a spumătorului situat în interiorul bazinului de aerare, oxigenare şi încălzire a apei (fig. 43).

La nivelul spumătorului datorită barbotării apei, au loc degazarea, oxigenarea şi îndepărtarea materiei organice dizolvate în apă. Datorită configuraţiei acestuia, apa ieşită din spumător va fi supusă mai departe încălzirii şi oxigenării prin parcurgerea incintei bazinului de aerare, oxigenare şi încălzire a apei, amplasat pe prima poliţă a suportului metalic. Din acest bazin, apa se va scurge gravitaţional printr-o conductă din PVC de 32 mm în diametru, înapoi în bazinul de creştere, încheindu-se astfel circuitul apei din sistem.

Fig. 50. Vedere de ansamblu a sistemelor recirculante utilizate în cadrul experimentului (bazinele de creştere în partea de jos, bazinele de aerare, oxigenare şi încălzire a apei, aşezate pe prima poliţă şi bazinele filtrelor cu nisip alături de filtrele biologice, aşezate pe ultima poliţă a suportului metalic)

IV.2.4. Construcţia dispozitivului de difuzare a muzicii în apa de cultură

Propagarea muzicii în mediul de cultură s-a făcut prin intermediul unui dispozitiv acustic realizat de mine, fiind inspirat de lucrarea intitulată *Influence of music on the growth of Koi Carp, Cyprinus carpio (Pisces: Cyprindae)*, scrisă de autorii *L. Vasantha, A. Jeyakumar* şi *M. A. Pitchai* şi publicată în anul 2003.

Construcţia dispozitivului de difuzare a muzicii a cuprins următoarele etape:

- realizarea amplificatorului de putere
- asamblarea cilindrului acustic

Amplificatorul de putere, ilustrat în figura 51, reprezintă un aparat electronic utilizat în scopul creşterii amplitudinii semnalului audio provenit de la calculator, puterea semnalului audio la ieşirea din calculator fiind prea mică pentru a excita bobina mobilă a difuzorului utilizat, ilustrat în figura 52.

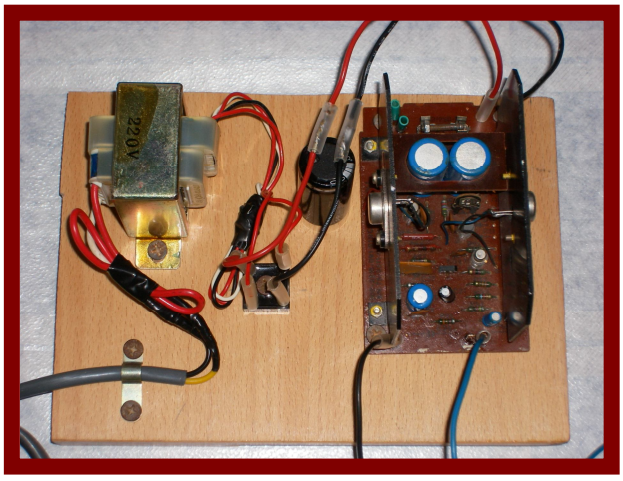


Fig. 51. Amplificatorul audio de putere compus din partea de alimentare cu energie electrică (stânga imaginii) şi modulul amplificator (dreapta imaginii)

Construcţia propriu-zisă a amplificatorului de putere a constat în pregătirea suportului elementelor componente, în cazul meu o bucată dreptunghiulară din PAL, urmată de montarea componentelor electrice pe aceasta începând cu transformatorul de reţea, puntea redresoare, condensatorul electrolitic de filtraj şi modulul amplificator.

Fig. 52. Modelul difuzorului utilizat

Componentele electrice le-am achiziţionat dintr-un magazin de specialitate, mai puţin modulul amplificator, pe care l-am recuperat dintr-un magnetofon ieşit din uz.

Cilindrul acustic, spre deosebire de amplificatorul audio de putere, a necesitat mai multă ingeniozitate în fabricarea lui. Din multiplele variante constructive pe care le-aş fi putut adopta, am ales varianta utilizării unui segment dintr-o conductă PVC având diametrul de 110 mm, pe post de element de concentrare a undelor sonore, alături de un capac de conductă PVC cu acelaşi diametru, pe post de suport pentru difuzor, difuzorul fiind amplasat în interiorul acestuia (fig. 53).

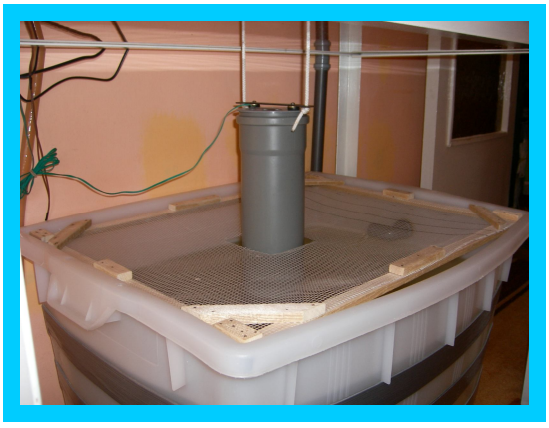
Fig. 53. Elementele componente ale cilindrului acustic

Ideea utilizării acestor materiale s-a dovedit a fi productivă, produsul final fiind uşor de asamblat, robust şi practic (fig. 54).

Fig. 54. Aspectul cilindrului acustic la finalizarea construcţiei acestuia

Montarea cilindrului acustic deasupra bazinului de creştere conţinând lotul de peşti experimental, s-a făcut prin suspendarea acestuia de prima poliţă prin intermediul unori sfori, astfel încât capătul liber al acestuia să fie scufundat în apa bazinului (fig. 55).

Fig. 55. Montarea cilindrului acustic deasupra bazinului de creştere



IV.2.5. Echipamentele auxiliare utilizate în cadrul experimentului

Susţinerea activităţilor de îndepărtare a reziduurilor organice din sisteme, pescuire a peştilor din bazinele de creştere, în scopul efectuării băilor profilactice şi a măsurătorilor periodice, precum şi de completare a volumelor de apă diminuate datorită evaporaţiei apei din bazine, s-a făcut cu ajutorul următoarelor echipamente indispensabile (fig. 56):

- o pompă de aspiraţie, utilizată pentru aspirarea dejecţiilor rămase în bazinele de creştere
- o găleată de 10 litri, utilizată pentru găzduirea peştilor pe timpul desfăşurării măsurătorilor şi a efectuării băilor profilactice cât şi în transportul apei de completare
- două minciocuri, unul mai mare şi unul de dimensiuni mai mici, folosite în operaţiunile de capturare a peştilor din bazinele de creştere respectiv din găleată
- un vas din plastic, utilizat în colectarea apei murdare adunate în vasul de colectare al spumătorului
- o bucată de furtun subţire, utilizat pentru absorbţia apei murdare adunate în vasul de colectare al spumătorului
- un cântar electronic, necesar efectuării cântăririlor periodice ale peştilor
- un metru flexibil de croitorie, utilizat în înregistrarea lungimii standard a peştilor

Fig. 56. Echipamentele auxiliare utilizate în cadrul experimentului

Tot ca un echipament auxiliar însă de această dată cu o utilizare pasivă, ar putea fi considerate şi capacele de protecţie realizate din plasă de armare utilizată în termoizolaţii, prinsă pe o ramă din lemn, ce acoperă suprafeţele bazinelor de creştere cu scopul de a împiedica peştii să sară afară din acestea (fig. 57).

Fig. 57. Acoperirea suprafeţei bazinelor de creştere

IV.3. Derularea experimentului

IV.3.1. Procurarea materialului biologic. Popularea bazinelor de creştere.

Din păcate, membrii grupului de peşti tilapia sunt mai puţin cunoscuţi în ţara noastră, fapt pentru care răspândirea acestora pe piaţa de peşte este aproape inexistentă, în special în stare vie.

Deşi tilapia nu fac parte din speciile crescute în acvacultură la noi în ţară, nu acelaşi lucru îl pot spune dacă e să mă refer la acvaristică, unde datorită coloritului plăcut, tilapia a reuşit într-o oarecare măsură să atragă atenţia acvarştilor.

Astfel am reuşit să găsesc şi să cumpăr cei 40 de peşti din specia *Oreochromis niloticus*, la un crescător de peşti de acvariu din zona în care locuiesc (fig. 58).

Am încercat pe cât posibil să aleg exemplarele care au fost mai mari şi să păstrez totodată şi omogenitatea dimensiunilor între indivizi.

Fig. 58. Peştii tilapia în vasul de transport

Transportul peştilor de la magazinul crescătorului până la mine acasă nu a durat mai mult de 15 minute, peştii fiind transportaţi într-un sac de plastic introdus într-o găleată cu capac de 24 de litri.

Înainte de introducerea acestora în bazinele de creştere, peştii au fost ţinuţi timp de 24 de ore într-un butoi de 35 de litri conţinând 30 de litri de apă de la robinet declorinată, în care am adăugat câte 5 g/litru NaCl pentru reducerea stresului şi deparazitarea acestora. Apa din butoi a fost aerată şi încălzită la 28 ˚C cu ajutorul unei pompe de aer respectiv a unui încălzitor electric cu termostat.

După expirarea celor 24 de ore, peştii au fost scoşi din butoi şi împărţiţi în mod aleatoriu, câte 20 în fiecare bazin de creştere, unde au fost ţinuţi timp de o săptămână pentru acomodarea acestora la noile condiţii de creştere, înainte de începerea experimentului propriu-zis. În acest timp, peştii au fost învăţaţi cu noul furaj pe care aveam să-l folosesc pe întreaga perioadă a experimentului.

IV.3.2. Alimentaţia peştilor. Stabilirea programului de audiţie muzicală în concordanţă cu programul de hrănire.

O caracteristică importantă a peştilor tilapia este posibilitatea acestora de a valorifica din mediul natural o mare varietate de organisme de natură vegetală cât şi animală, peştii tilapia fiind consideraţi omnivori. Această particularitate ar putea oferi posibilitatea utilizării cu succes în alimentaţia acestora a unor nutreţuri combinate bazate pe elemente nutritive de origine vegetală (vezi II.3.2. Nutriţia peştilor tilapia).

Având în vedere acest lucru, utilizarea unui furaj bazat pe componente vegetale mi s-a părut un lucru interesant de încercat. În acest scop am folosit furajul *SOPROFISH 25/7 STANDARD*, un furaj destinat alimentaţiei crapului crescut în heleşteie de pământ, produs de compania *SOJAPROTEIN* din Serbia, a cărui compoziţie chimică este prezentată în tabelul 2.

Granulaţia furajului a fost de 6 mm, mult prea mare pentru a putea fi folosit ca atare în alimentaţia peştilor utilizaţi în cadrul experimentului, având în vedere dimensiunile acestora la începutul studiului (o masă medie individuală de 12,42 g, cu o lungime medie standard pe exemplar de 6,97 cm) (fig. 59).

Fig. 59. Dimensiunea granulelor furajului utilizat

Tabelul 2. Compoziţia chimică a furajului SOPROFISH 25/7 STANDARD (*Sojaprotein 2007*)

CARACTERISTICI CHIMICE ALE PRODUSULUI		
Caracteristici	*Conţinut uzual*	*Limite admise*
Proteină brută (%)	26	min. 25 %
Grăsime brută (%)	7,5	min. 7 %
Apă (%)	8	max. 10 %
Celuloză (%)	3	max. 4 %
Cenuşă (%)	5	max. 6 %
VALOAREA ENERGETICĂ		
Energie brută		17,6 MJ/kg
Energie metabolizabilă		14,2 MJ/kg
MINERALE		
Calciu total (%)		min. 0,8 %
Fosfor total (%)		min. 0,6 %
VITAMINE		
Vitamina A (U.I./kg)		min. 10 000
Vitamina D_3 (U.I./kg)		min. 1 800
Vitamina E (mg/kg)		min. 60
Vitamina C (mg/kg)		min. 150
AMINOACIZI		
Lizină (%)		min. 1,5
Metionină + Cistină (%)		min. 0,8

Rezolvarea problemei a constat în supunerea granulelor la un tratament de mărunţire ce a constat în măcinarea acestora până în stadiul de făină cu ajutorul unui mojar, umezirea făinii rezultate şi omogenizarea acesteia până la formarea unui bulgăre ce poate fi frământat şi trecerea acestui bulgăre prin orificiile mici ale unei răzătoare, rezultând astfel acelaşi furaj dar cu o granulaţie mai mică, de 1,5-2 mm, corespunzător cerinţelor de mărime ale peştilor (fig. 60).

Fig. 60. Furajul proaspăt mărunţit prin intermediul unui mojar şi a unei răzători.

Furajul s-a administrat întotdeauna proaspăt preparat, explicaţia constând în refuzul peştilor de a consuma furajul uscat datorită marginilor tăioase rezultate în urma procesului de mărunţire care se făceau simţite în cazul uscării acestuia.

Administrarea furajului s-a făcut manual, ad libitum (fig. 61), ceea ce mi-a permis o bună monitorizare a comportamentului acestora şi posibilitatea de ajustare a raţiei în funcţie de starea în care se găseau peştii, reducând astfel la minimum pierderile de furaj datorate consumului parţial al acestuia.

Fig. 61. Furajul înainte de administrarea acestuia

Alcătuirea programului de furajare a ţinut cont de dimensiunile peştilor şi de raportul orelor de lumină respectiv de întuneric de peste zi, astfel:

- în perioada 11.03.2009 - 23.03.2009 inclusiv, hrana s-a administrat în patru tainuri la orele 8.00 - 11.00 - 14.00 - 17.00
- în perioada 24.03.2009 - 11.05.2009 inclusiv, hrana s-a administrat în trei tainuri la orele 8.00 - 13.00 - 18.00

Furajul nu a fost administrat în momentele în care peştii nu prezentau interes pentru hrană şi în zilele în care s-au efectuat măsurătorile periodice decât dacă aceştia îşi manifestau dorinţa.

Datorită procentului mic de proteină conţinut în furajul utilizat, începând cu data de 10.04.2009, odată cu atingerea unor dimensiuni corespunzătoare, am început să administrez în alimentaţia peştilor o masă formată din larve de muscă de casă, încercând astfel să acopăr deficitul proteic din furaj.

Cantităţile totale de furaj administrate pe parcursul întregii perioade de desfăşurare a experimentului, inclusiv numărul de viermi administraţi, sunt trecute în tabelul 3, unde:

- lotul A, reprezintă lotul martor
- lotul B, reprezintă lotul experimental, expus muzicii
- "v", este prescurtarea cuvântului *viermi*

Tabelul 3. Cantităţile de furaj administrate pe parcursul experimentului

Perioada de furajare	*Cantitatea administrată (g)*	
	Lot A	*Lot B*
11.03.2009 - 21.03.2009	123	123
22.03.2009 - 31.03.2009	125	115
01.04.2009 - 10.04.2009	104	111
11.04.2009 - 20.04.2009	105 + 564 v	109 + 564 v
21.04.2009 - 30.04.2009	121 + 610 v	124 + 610 v
01.05.2009 - 11.05.2009	182 + 741 v	181 + 741 v
TOTAL	**760 + 1915 v**	**763 + 1915 v**

Perioada de expunere la muzică a lotului experimental B, a fost de exact o oră după administrarea fiecărui tain, astfel că în perioada 11.03.2009 - 23.03.2009 inclusiv, peştii au fost expuşi câte patru ore pe zi iar în perioada 24.03.2009 - 11.05.2009 inclusiv, câte trei ore pe zi, respectând programul de furajare impus.

IV.3.3. Monitorizarea calităţii apei

Din punct de vedere al parametrilor ce definesc calitatea apei de cultură, personal am menţinut sub observaţie următorii indicatori:

- temperatura apei de cultură. Funcţionarea corespunzătoare a încălzitoarelor electrice a fost verificată zilnic cu ajutorul unui termometru electronic încorporat într-un multimetru digital (fig. 62). Temperatura apei a fost menţinută la o valoare constantă de 28 ˚C pe întreaga perioadă de desfăşurare a experimentului.
- pH-ul apei de cultură. Valoarea pH-ului este extrem de importantă într-un sistem recirculant, deoarece determină gradul de toxicitate al amoniacului şi influenţează procesul de nitrificare. Valorile ridicate al pH-ului potenţează toxicitatea amoniacului din apă în timp ce valorile scăzute ale acestuia influenţează negativ activitatea bacteriilor nitrificatoare. Scopul meu a fost menţinerea unui pH al apei la o valoare cuprinsă între 7 şi 7,5, acest lucru făcându-l prin măsurarea zilnică a valorii acestuia cu ajutorul unui pH-metru electronic (fig. 63) şi corectatea ei prin adăugarea unei substanţe bazice în apă. În acest scop am utilizat bicarbonatul de sodiu.

Menţinerea acestor perametrii în valorile mai sus amintite alături de asigurarea funcţionării normale a pompelor de aer răspunzătoare pentru aerarea şi oxigenarea apei şi îndepărtarea cât mai rapidă a dejecţiilor din sisteme, a făcut ca perioada de timp necesară derulării experimentului

să treacă fără a întâmpina vreo problemă legată de buna funcţionare a sistemelor recirculante, din acest punct de vedere peştii fiind lipsiţi de stres.

Fig. 62. Verificarea temperaturii apei cu ajutorul multimetrului digital

Fig. 63. Măsurarea valorii pH-ului prin intermediul unui pH- metru electronic

IV.3.4. Efectuarea măsurătorilor corporale. Centralizarea datelor obţinute.

Monitorizarea dinamicii de creştere a peştilor s-a realizat prin efectuarea unor măsurători programate la un interval de timp de zece zile, pe întreaga durată a experimentului, determinându-se lungimea standard sau distanţa dintre vârful botului şi baza înotătoarei caudale şi masa peştilor, cu ajutorul unui metru de croitorie respectiv al unui cântar electronic de bucătărie.

Înainte de efectuarea măsurătorilor somatice, peştii au fost supuşi unei băi cu sare în doză de 5 g/litru timp de 30 de minute, cu scop profilactic dar şi de atenuare a stresului provocat de manipularea acestora (fig. 64).

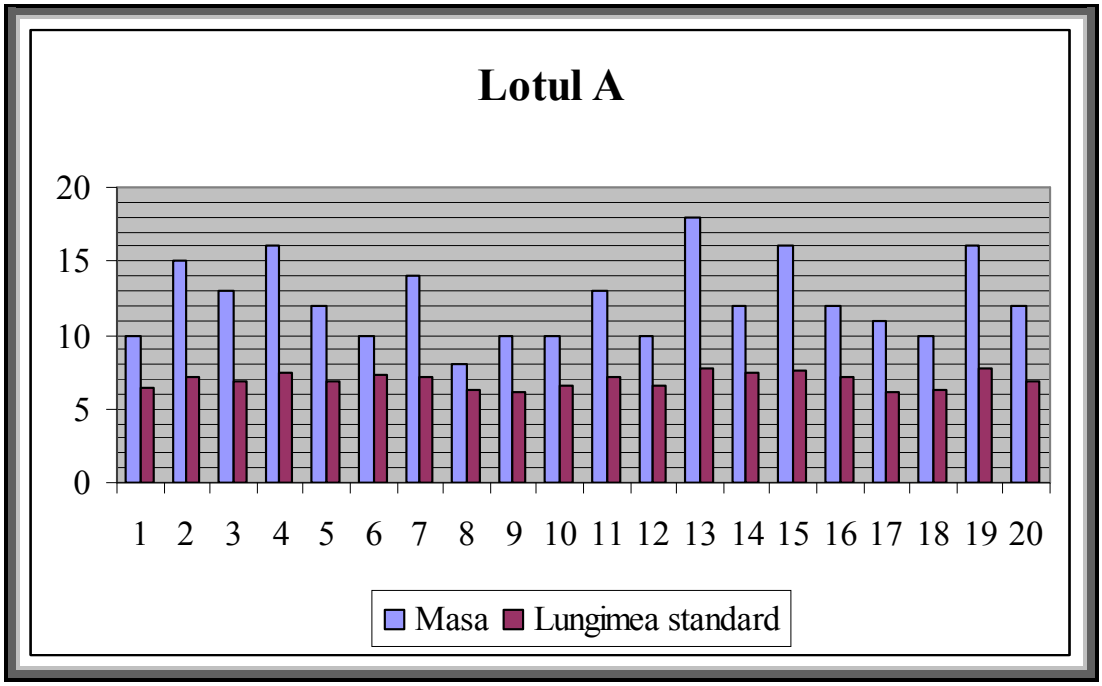
Fig. 64. Prinderea peştilor în vederea măsurării lor

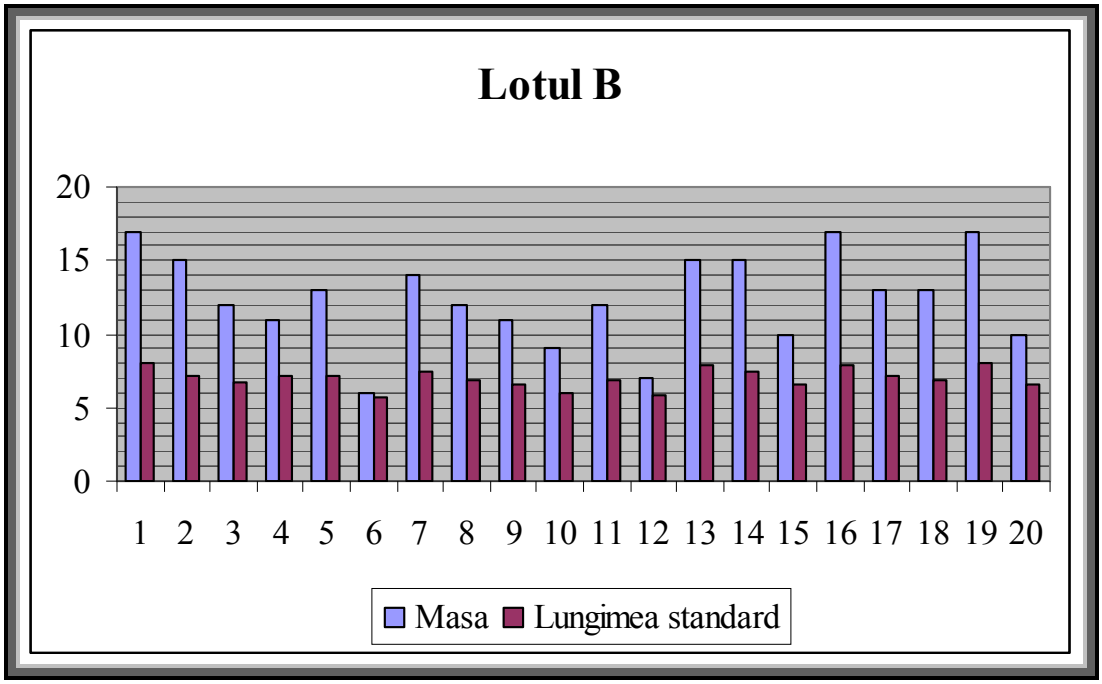
Datele obţinute la fiecare măsurătoare, au fost structurate în tabele centralizatoare, acestea cât şi reprezentarea grafică a valorilor lungimii standard şi masei peştilor fiind prezentate în continuare:

Tabelul 4. Valorile măsurătorilor corporale 11.03.2009

Lot A			*Lot B*		
Nr.	*Lungimea standard (cm)*	*Masa (g)*	*Nr.*	*Lungimea standard (cm)*	*Masa (g)*
1	6,4	10	1	8,0	17
2	7,2	15	2	7,2	15
3	6,9	13	3	6,7	12
4	7,5	16	4	7,1	11
5	6,8	12	5	7,2	13
6	7,3	10	6	5,7	6
7	7,1	14	7	7,5	14
8	6,3	8	8	6,8	12
9	6,1	10	9	6,6	11
10	6,6	10	10	6,0	9
11	7,1	13	11	6,9	12
12	6,6	10	12	5,9	7
13	7,8	18	13	7,9	15
14	7,4	12	14	7,4	15
15	7,6	16	15	6,6	10
16	7,1	12	16	7,9	17
17	6,2	11	17	7,1	13
18	6,3	10	18	6,8	13
19	7,8	16	19	8,0	17
20	6,9	12	20	6,6	10
MEDIA	**6,95**	**12,40**	**MEDIA**	**6,99**	**12,45**
TOTAL	**-**	**248**	**TOTAL**	**-**	**249**

Reprezentarea grafică a valorilor măsurătorilor corporale 11.03.2009

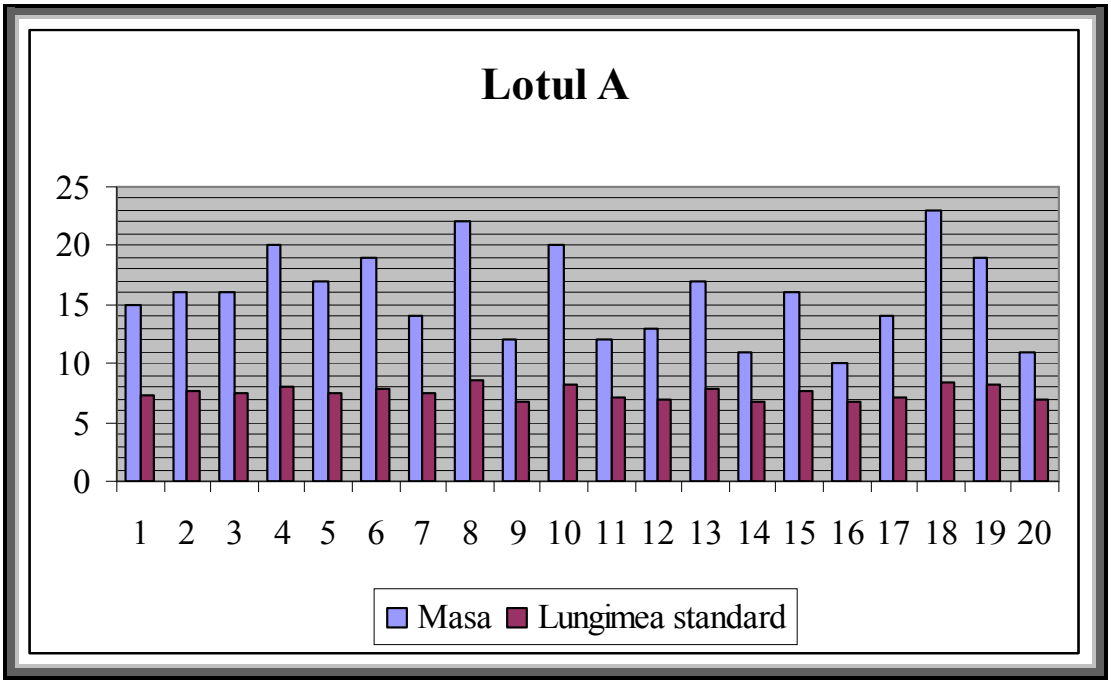


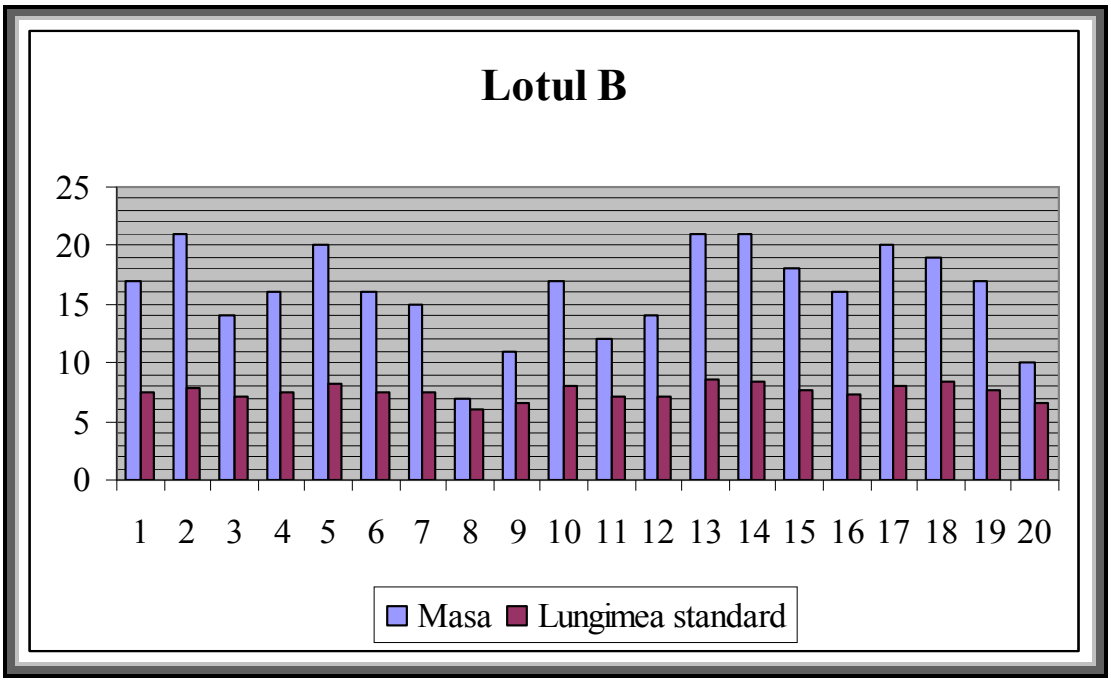


Tabelul 5. Valorile măsurătorilor corporale 21.03.2009

Lot A			*Lot B*		
Nr.	*Lungimea standard (cm)*	*Masa (g)*	*Nr.*	*Lungimea standard (cm)*	*Masa (g)*
1	7,3	15	1	7,5	17
2	7,6	16	2	7,9	21
3	7,4	16	3	7,1	14
4	8,1	20	4	7,5	16
5	7,5	17	5	8,3	20
6	7,9	19	6	7,5	16
7	7,5	14	7	7,5	15
8	8,5	22	8	6,1	7
9	6,8	12	9	6,5	11
10	8,2	20	10	8,1	17
11	7,1	12	11	7,1	12
12	6,9	13	12	7,2	14
13	7,9	17	13	8,6	21
14	6,7	11	14	8,4	21
15	7,7	16	15	7,7	18
16	6,7	10	16	7,3	16
17	7,1	14	17	8,1	20
18	8,4	23	18	8,4	19
19	8,2	19	19	7,7	17
20	7,0	11	20	6,5	10
MEDIA	**7,52**	**15,85**	**MEDIA**	**7,55**	**16,10**
TOTAL	**-**	**317**	**TOTAL**	**-**	**322**

Reprezentarea grafică a valorilor măsurătorilor corporale 21.03.2009

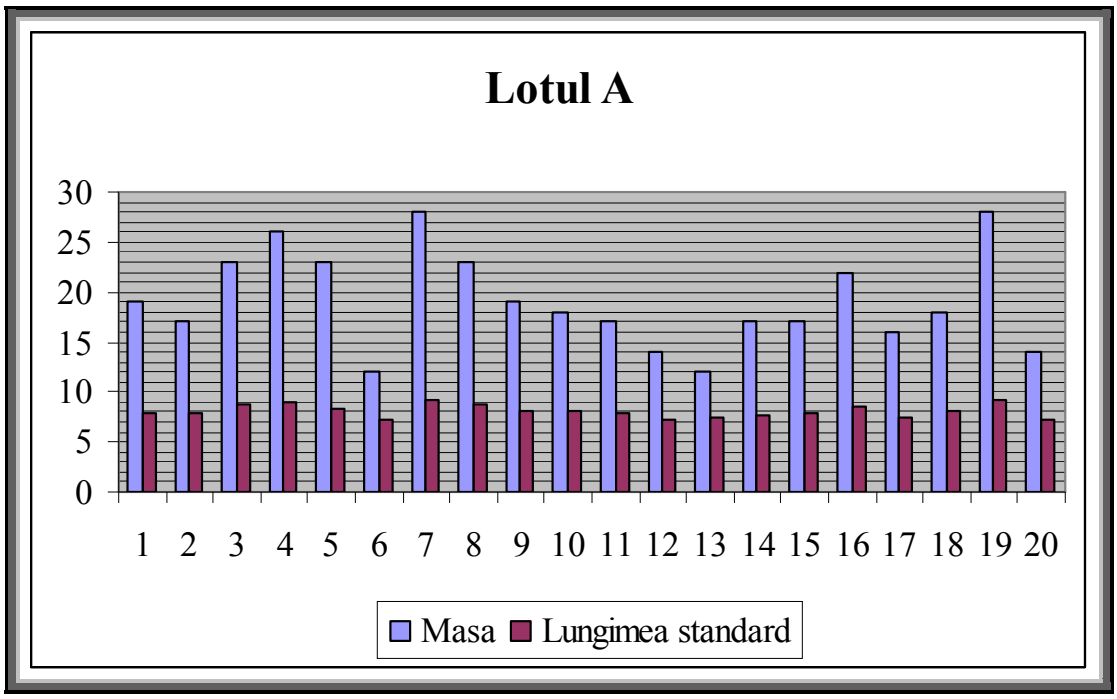


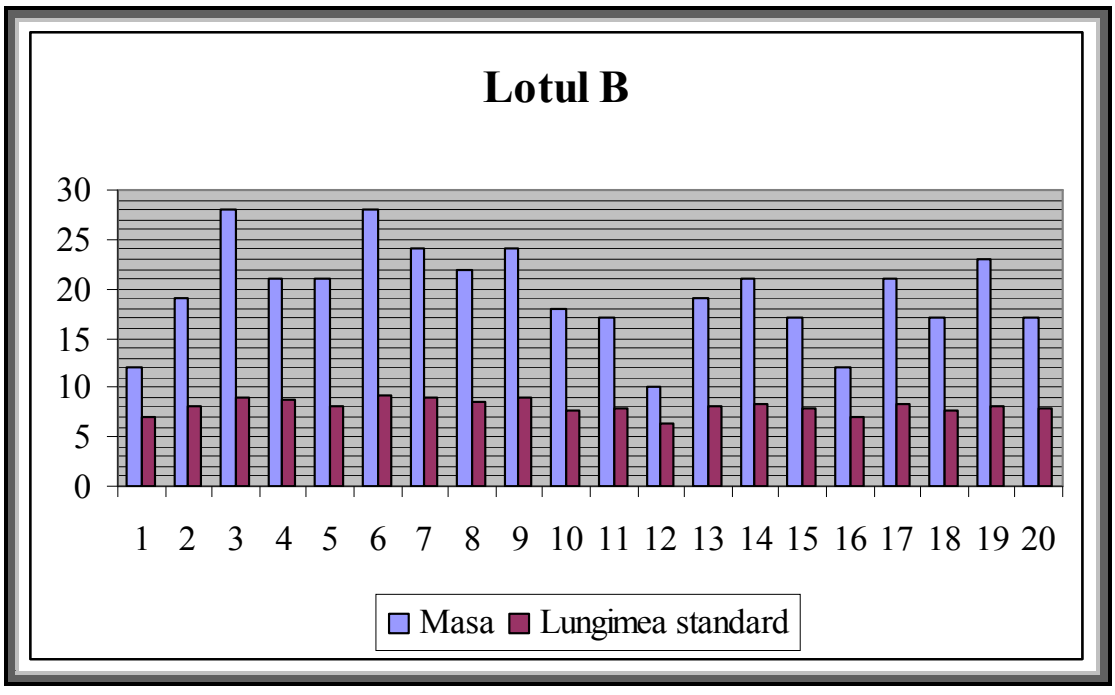


Tabelul 6. Valorile măsurătorilor corporale 31.03.2009

Lot A			*Lot B*		
Nr.	*Lungimea standard (cm)*	*Masa (g)*	*Nr.*	*Lungimea standard (cm)*	*Masa (g)*
1	7,9	19	1	7,1	12
2	7,8	17	2	8,1	19
3	8,7	23	3	9,0	28
4	9,0	26	4	8,7	21
5	8,4	23	5	8,2	21
6	7,2	12	6	9,2	28
7	9,2	28	7	9,0	24
8	8,8	23	8	8,5	22
9	8,2	19	9	9,0	24
10	8,0	18	10	7,7	18
11	7,9	17	11	7,9	17
12	7,2	14	12	6,3	10
13	7,4	12	13	8,2	19
14	7,7	17	14	8,4	21
15	7,9	17	15	7,9	17
16	8,5	22	16	6,9	12
17	7,4	16	17	8,4	21
18	8,1	18	18	7,6	17
19	9,3	28	19	8,2	23
20	7,2	14	20	7,9	17
MEDIA	**8,09**	**19,15**	**MEDIA**	**8,11**	**19,55**
TOTAL	**-**	**383**	**TOTAL**	**-**	**391**

Reprezentarea grafică a valorilor măsurătorilor corporale 31.03.2009

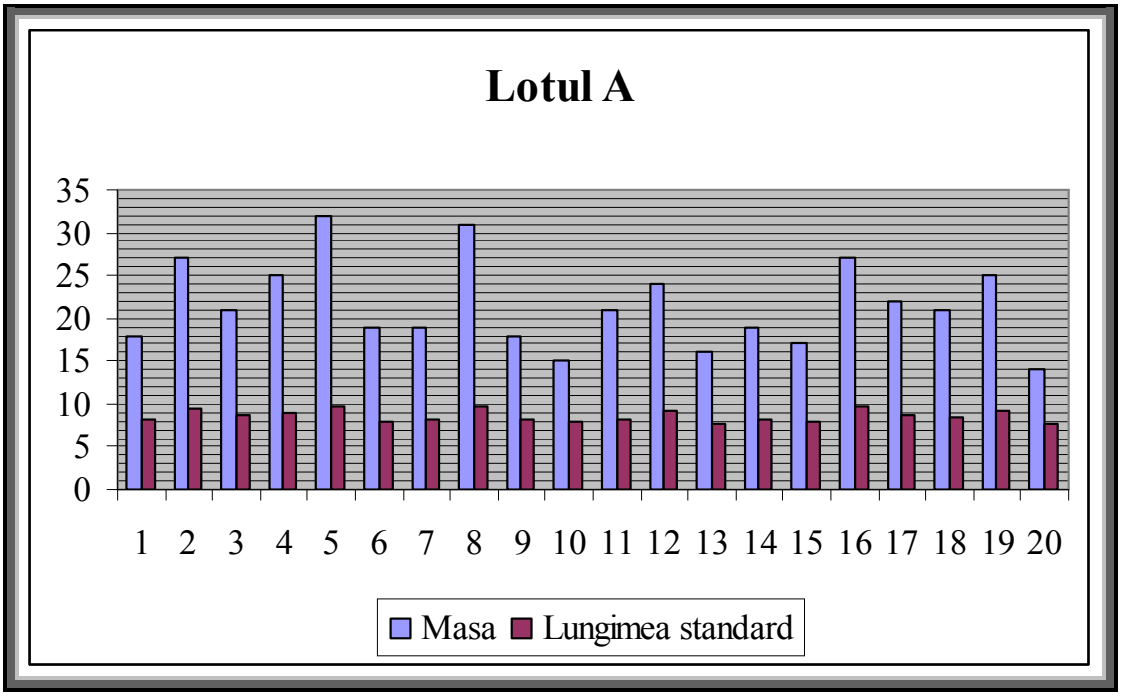


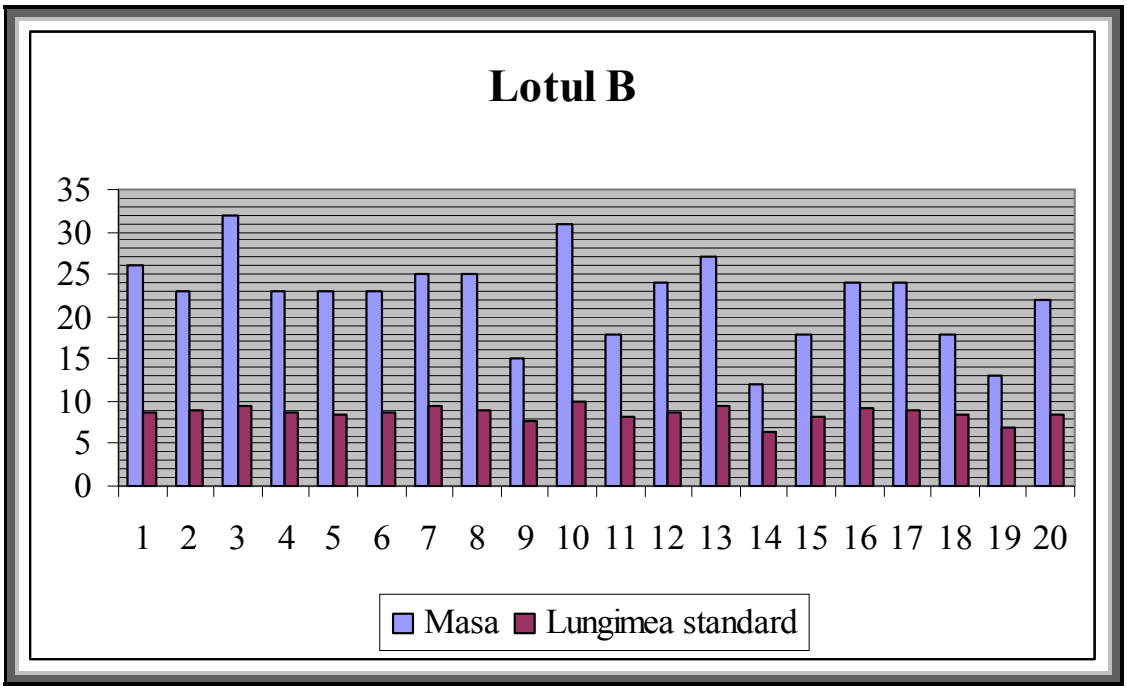


Tabelul 7. Valorile măsurătorilor corporale 10.04.2009

Lot A			*Lot B*		
Nr.	*Lungimea standard (cm)*	*Masa (g)*	*Nr.*	*Lungimea standard (cm)*	*Masa (g)*
1	8,3	18	1	8,8	26
2	9,4	27	2	8,9	23
3	8,6	21	3	9,5	32
4	8,9	25	4	8,6	23
5	9,8	32	5	8,5	23
6	8,0	19	6	8,6	23
7	8,3	19	7	9,4	25
8	9,6	31	8	8,9	25
9	8,3	18	9	7,7	15
10	7,8	15	10	9,9	31
11	8,3	21	11	8,2	18
12	9,3	24	12	8,8	24
13	7,6	16	13	9,5	27
14	8,1	19	14	6,5	12
15	7,8	17	15	8,1	18
16	9,8	27	16	9,2	24
17	8,7	22	17	9,0	24
18	8,5	21	18	8,4	18
19	9,1	25	19	7,0	13
20	7,6	14	20	8,5	22
MEDIA	**8,59**	**21,55**	**MEDIA**	**8,6**	**22,3**
TOTAL	**-**	**431**	**TOTAL**	**-**	**446**

Reprezentarea grafică a valorilor măsurătorilor corporale 10.04.2009

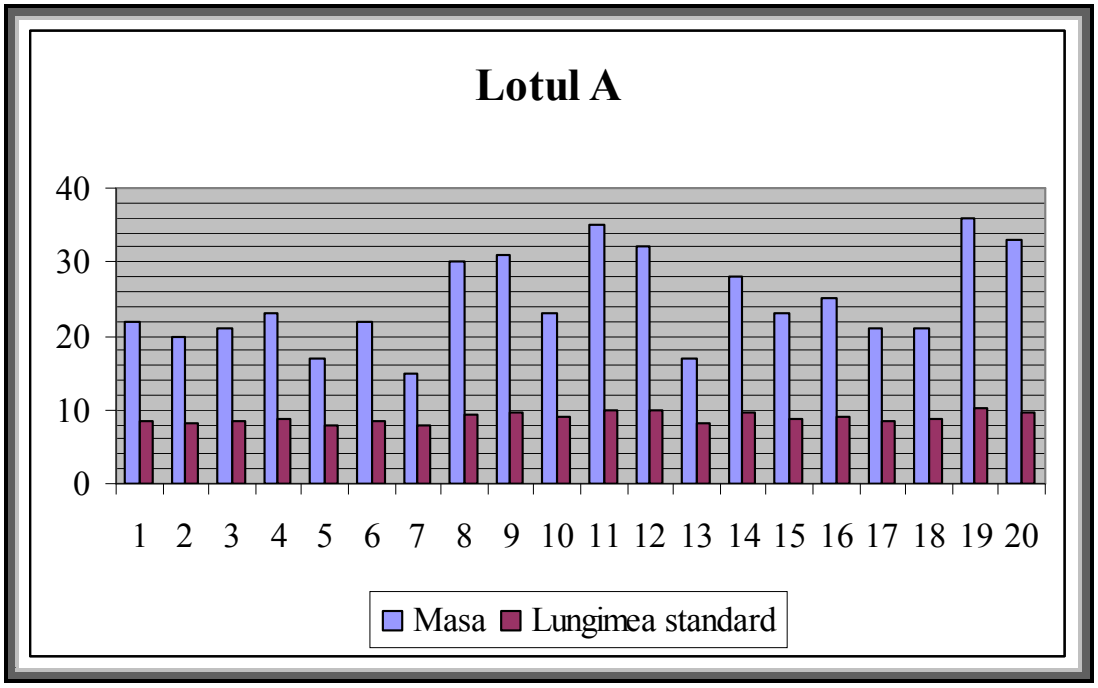


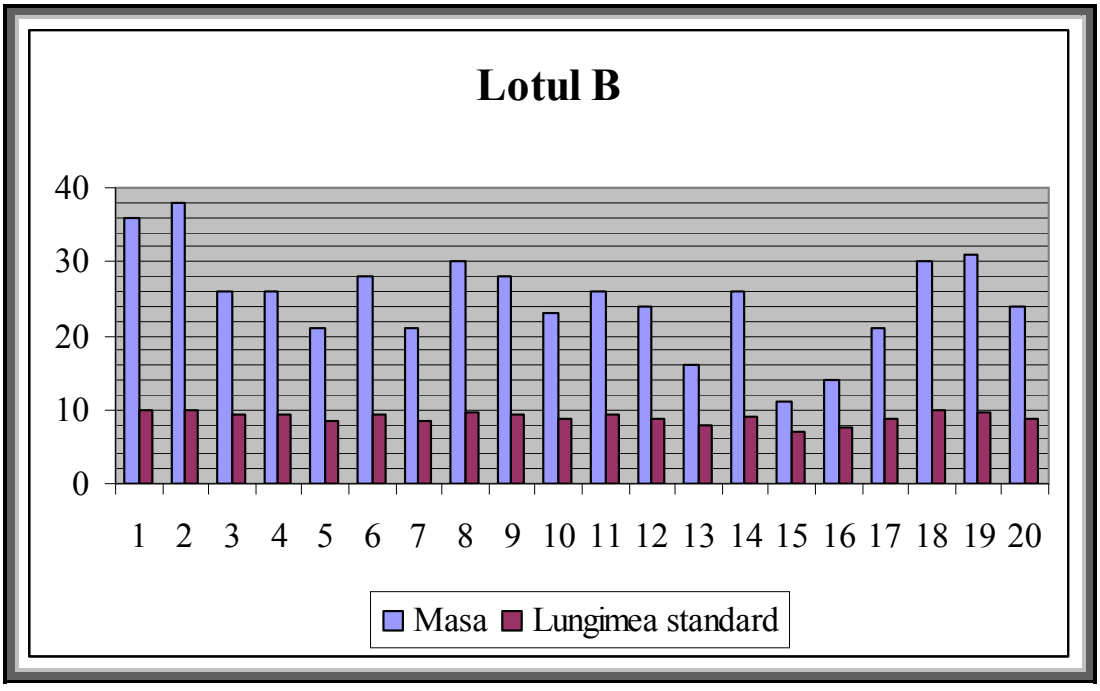


Tabelul 8. Valorile măsurătorilor corporale 20.04.2009

Lot A			*Lot B*		
Nr.	*Lungimea standard (cm)*	*Masa (g)*	*Nr.*	*Lungimea standard (cm)*	*Masa (g)*
1	8,4	22	1	10,0	36
2	8,3	20	2	9,9	38
3	8,6	21	3	9,2	26
4	8,8	23	4	9,3	26
5	8,0	17	5	8,5	21
6	8,6	22	6	9,3	28
7	7,9	15	7	8,4	21
8	9,4	30	8	9,7	30
9	9,6	31	9	9,4	28
10	9,0	23	10	8,8	23
11	10,0	35	11	9,4	26
12	9,8	32	12	8,8	24
13	8,2	17	13	7,9	16
14	9,7	28	14	9,1	26
15	8,7	23	15	7,0	11
16	9,1	25	16	7,5	14
17	8,4	21	17	8,8	21
18	8,7	21	18	9,8	30
19	10,3	36	19	9,6	31
20	9,7	33	20	8,9	24
MEDIA	**8,96**	**24,75**	**MEDIA**	**8,96**	**25**
TOTAL	**-**	**495**	**TOTAL**	**-**	**500**

Reprezentarea grafică a valorilor măsurătorilor corporale 20.04.2009

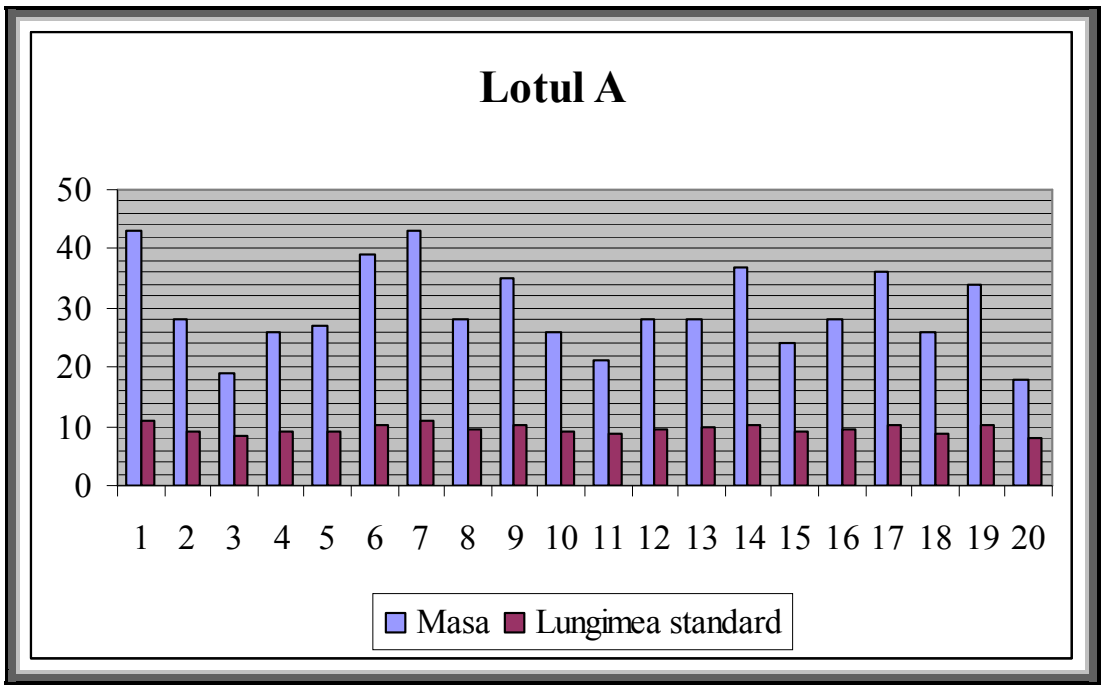


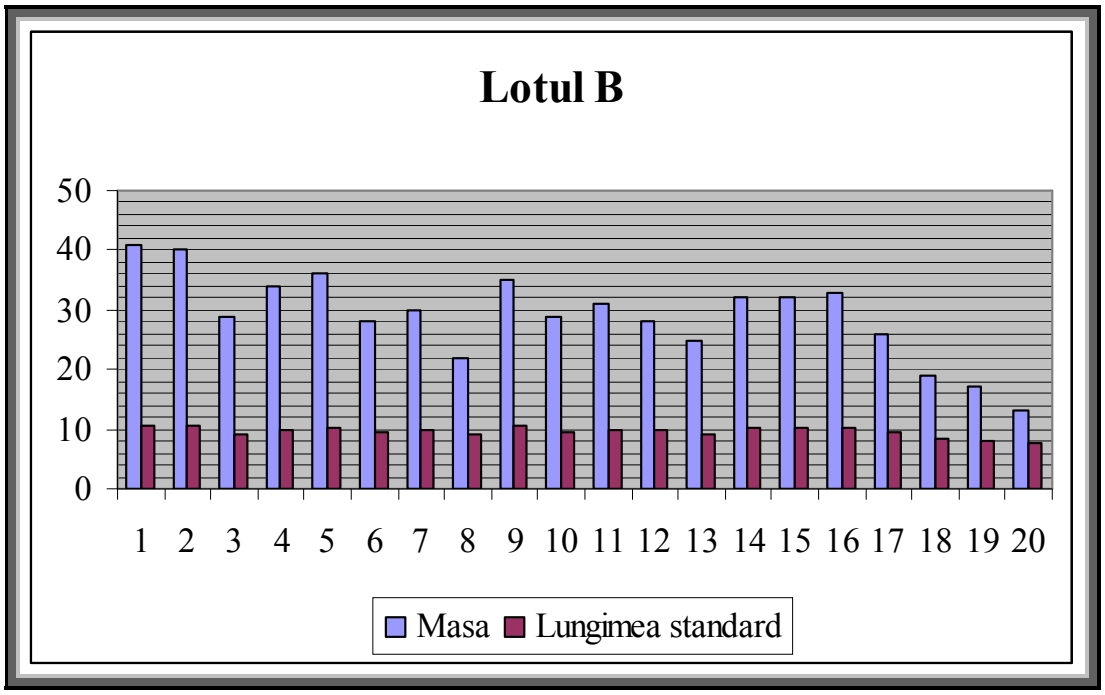


Tabelul 9. Valorile măsurătorilor corporale 30.04.2009

Lot A			*Lot B*		
Nr.	*Lungimea standard (cm)*	*Masa (g)*	*Nr.*	*Lungimea standard (cm)*	*Masa (g)*
1	10,9	43	1	10,7	41
2	9,1	28	2	10,5	40
3	8,5	19	3	9,3	29
4	9,1	26	4	10,0	34
5	9,1	27	5	10,1	36
6	10,4	39	6	9,6	28
7	10,8	43	7	9,7	30
8	9,5	28	8	9,1	22
9	10,1	35	9	10,5	35
10	9,0	26	10	9,4	29
11	8,8	21	11	9,8	31
12	9,5	28	12	9,8	28
13	9,8	28	13	9,2	25
14	10,3	37	14	10,4	32
15	9,2	24	15	10,1	32
16	9,4	28	16	10,3	33
17	10,1	36	17	9,5	26
18	8,8	26	18	8,5	19
19	10,4	34	19	8,0	17
20	8,2	18	20	7,5	13
MEDIA	**9,55**	**29,7**	**MEDIA**	**9,6**	**29**
TOTAL	**-**	**594**	**TOTAL**	**-**	**580**

Reprezentarea grafică a valorilor măsurătorilor corporale 30.04.2009

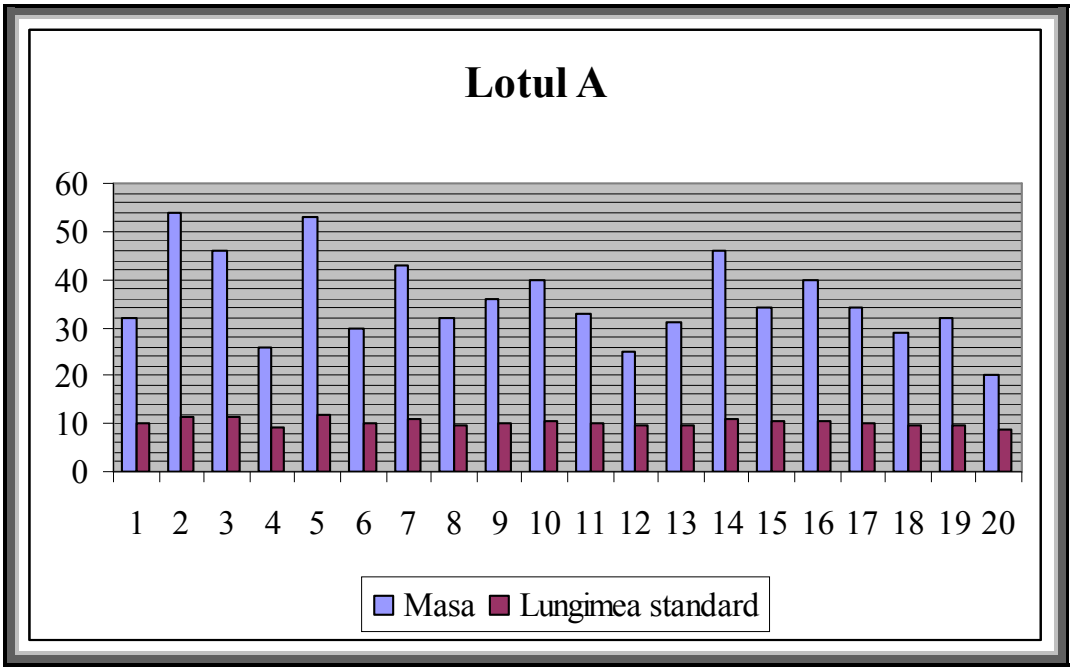


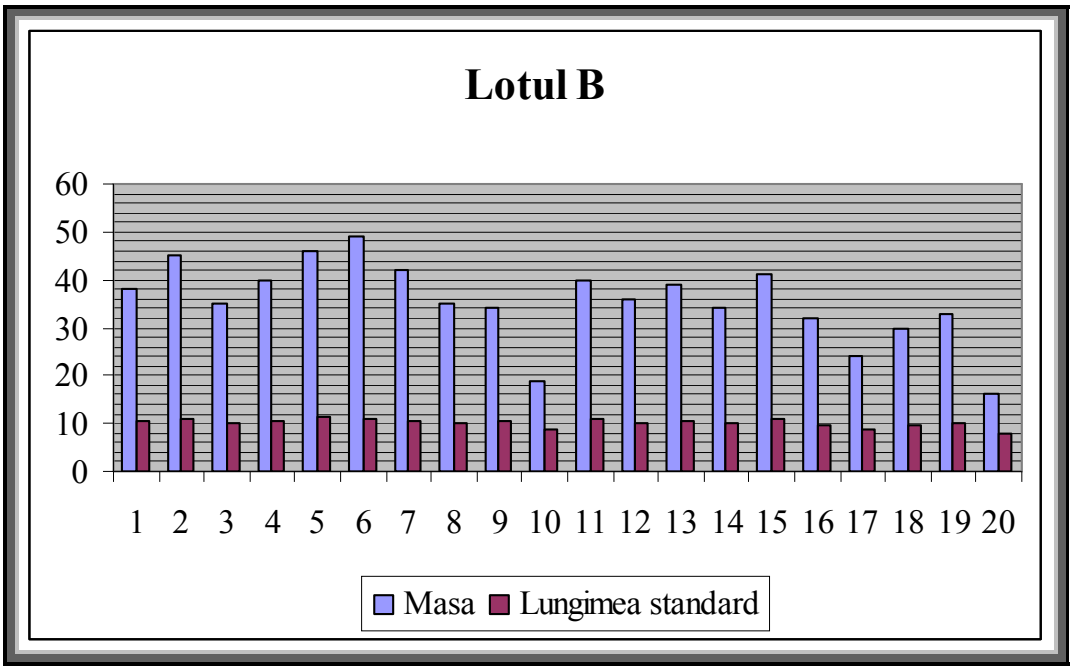


Tabelul 10. Valorile măsurătorilor corporale 11.05.2009

Lot A			*Lot B*		
Nr.	*Lungimea standard (cm)*	*Masa (g)*	*Nr.*	*Lungimea standard (cm)*	*Masa (g)*
1	9,9	32	1	10,5	38
2	11,4	54	2	11,1	45
3	11,2	46	3	10,0	35
4	9,2	26	4	10,5	40
5	11,9	53	5	11,2	46
6	10,2	30	6	11,1	49
7	10,9	43	7	10,7	42
8	9,8	32	8	10,1	35
9	10,2	36	9	10,3	34
10	10,7	40	10	8,6	19
11	10,1	33	11	10,9	40
12	9,5	25	12	10,2	36
13	9,6	31	13	10,5	39
14	11,1	46	14	10,0	34
15	10,4	34	15	11,0	41
16	10,4	40	16	9,8	32
17	9,9	34	17	8,9	24
18	9,7	29	18	9,5	30
19	9,8	32	19	10,0	33
20	8,9	20	20	8,0	16
MEDIA	**10,24**	**35,8**	**MEDIA**	**10,14**	**35,4**
TOTAL	**-**	**716**	**TOTAL**	**-**	**708**

Reprezentarea grafică a valorilor măsurătorilor corporale 11.05.2009





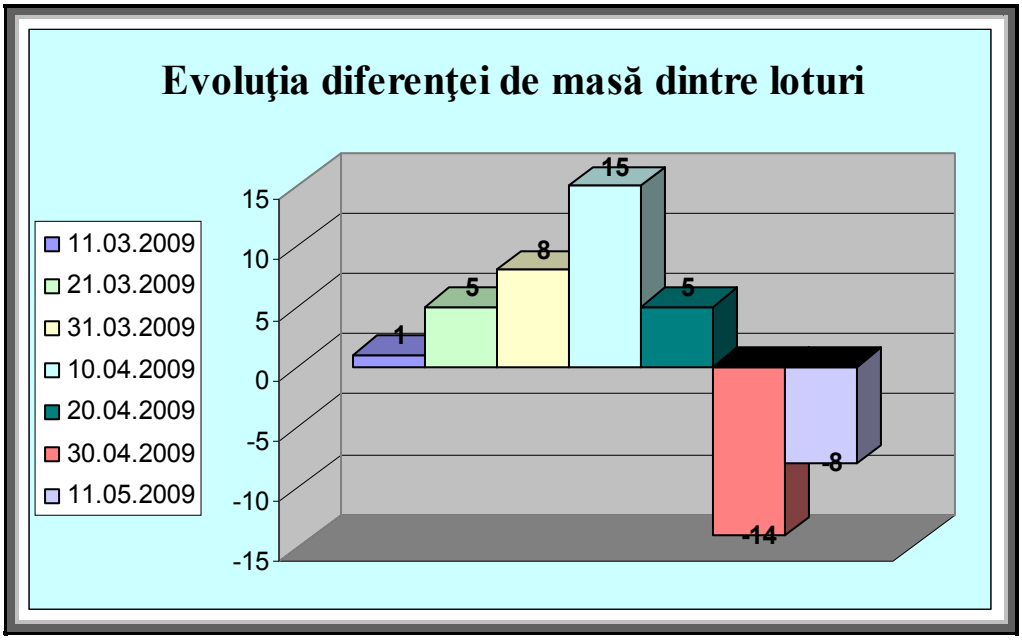
IV.4. Interpretarea rezultatelor obţinute

Potrivit valorilor centralizate în tabelul 11, reprezentate grafic în figura 65, ce ilustrează evoluţia creşterii celor două loturi, peştii din lotul experimental B au înregistrat un spor de creştere superior celor din lotul martor A, după care au cunoscut o pantă descendentă în favoarea celor din A.

Tabelul 11. Valoarea masei totale a loturilor şi diferenţa între ele

Data	*Lot A*	*Lot B*	*Diferenţa (B-A)*
11.03.2009	248 g	249 g	1 g
21.03.2009	317 g	322 g	5 g
31.03.2009	383 g	391 g	8 g
10.04.2009	431 g	446 g	15 g
20.04.2009	495 g	500 g	5 g
30.04.2009	594 g	580 g	-14 g
11.05.2009	716 g	708 g	-8 g

Fig. 65. Reprezentarea grafică a diferenţei de masă înregistrată între cele două loturi



Acest lucru sugerează o influenţă pozitivă a muzicii asupra ritmului de creştere până în data de 10.04.2009 când avansul în greutate luat de cei din lotul B a început să scadă. Această modificare în trendul ascendent avut până acum de peştii din lotul B, s-a datorat agresivităţii sporite a masculilor care a început să se manifeste începând cu această dată, spre deosebire de cei din A care încă nu au arătat semne de agresivitate între ei. Agitaţia sporită, luptele pentru

teritoriu, au făcut ca energia obţinută din furajul administrat să se piardă, în defavoarea creşterii în greutate.

Ipoteza de mai sus, potrivit căreia modicările de natură comportamentală ar fi cauza perturbării evoluţiei pozitive înregistrate până la data de 10.04.2009, este întărită de valorile obţinute în data de 11.05.2009, adică la sfârşitul perioadei experimentale, când am observat o revenire a peştilor din lotul B. Interesant este că această revenire s-a datorat, apariţiei agresivităţii în rândul masculilor din A.

Concluzia la care am ajuns, în urma confruntării schimbărilor comportamentale observate, cu datele concrete obţinute, este că muzica ar fi putut influenţa maturizarea sexuală a peştilor, în sensul grăbirii apariţiei acesteia, lucru de fapt constatat şi dovedit şi de alţi cercetători care au studiat această problemă (vezi III.2. Efectele sunetului asupra peştilor), un aspect favorabil în cazul în care peştii sunt ţinuţi pentru reproducţie dar nefavorabil în cazul în care se urmăreşte creşterea acestora pentru consum.

Din punct de vedere al lungimii standard, valorile determinate prin măsurători directe nu au scos în evidenţă diferenţe semnificative între cele două loturi, după cum reiese din tabelul 12:

Tabelul 12. Valorile medii ale lungimii standard înregistrate la fiecare măsurătoare

Valoarea medie a lungimii standard (cm)		
Data efectuării măsurătorii	*Lotul A*	*Lotul B*
11.03.2009	6,95	6,99
21.03.2009	7,52	7,55
31.03.2009	8,09	8,11
10.04.2009	8,59	8,60
20.04.2009	8,96	8,96
30.04.2009	9,55	9,60
11.05.2009	10,24	10,14

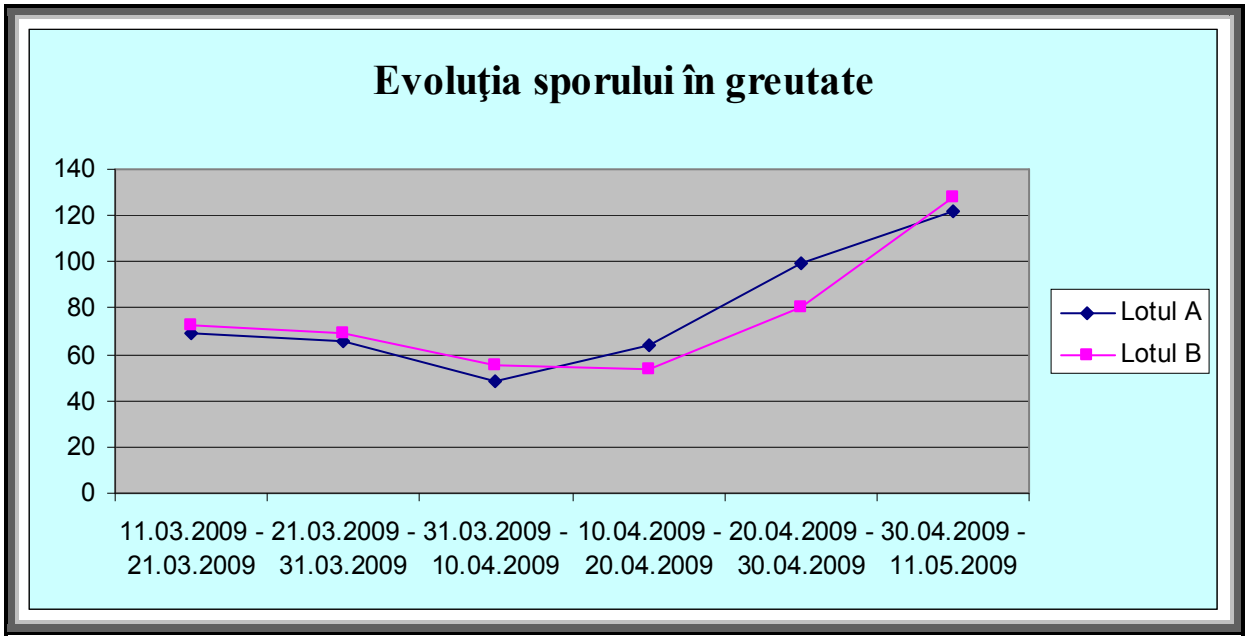
Un alt aspect interesant care însă priveşte de această dată alimentaţia peştilor, este înregistrarea unui spor mărit în greutate din momentul introducerii în hrana peştilor a viermilor de muscă. Viermii au fost administraţi o dată pe zi, în număr egal pentru ambele loturi, începând cu data de 10.04.2009, la această dată peştii fiind destul de mari încât să-i poată înghiţi cu uşurinţă.

Efectele pozitive datorate administrării viermilor de muscă în alimentaţia peştilor reies din valorile tabelului 13, reprezentate grafic în figura 66, ce sintetizează sporul în greutate obţinut pe parcursul desfăşurării experimentului.

Tabelul 13. Sporul înregistrat de la o măsurătoare la alta

Perioada de timp	*Câştigul realizat*	
	Lot A	*Lot B*
11.03.2009 - 21.03.2009	69 g	73 g
21.03.2009 - 31.03.2009	66 g	69 g
31.03.2009 - 10.04.2009	48 g	55 g
10.04.2009 - 20.04.2009	64 g	54 g
20.04.2009 - 30.04.2009	99 g	80 g
30.04.2009 - 11.05.2009	122 g	128 g

Fig. 66. Reprezentarea grafică a dinamicii de creştere



Potrivit datelor, valorile sporului de creştere practic s-au dublat din momentul introducerii viermilor de muscă în alimentaţia peştilor, ceea ce confirmă rezultatele oamenilor de ştiinţă conform cărora viermii de muscă pot constitui un aliment valoros în alimentaţia peştilor tilapia (vezi II.3.2. Nutriţia peştilor tilapia).

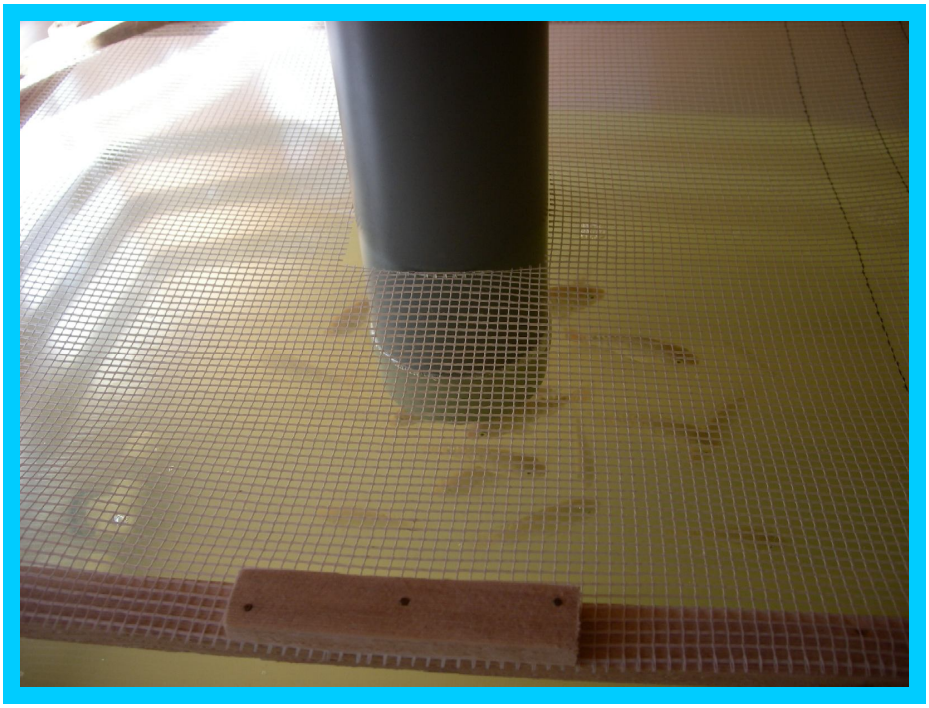
IV.5. Concluzii şi recomandări

Prin realizarea acestui experiment, am avut ocazia în primul rând să-mi perfecţionez simţul observaţiei, natura acestuia obligându-mă practic să stau şi să "ascult" peştii.

Este destul de greu să fac o descriere în amănunt la toate cu care m-am confruntat, la situaţiile plăcute sau mai puţin plăcute în care m-am aflat s-au să expun toate observaţiile mele făcute pe parcursul studiului, de aceea am să mă limitez doar la câteva aspecte importante care reuşesc în mare măsură să surprindă esenţa acestui experiment:

- în urma expunerii peştilor la un program de audiţie muzicală, comportamentul acestora, ca indicator al modificărilor de natură fiziologică petrecute în organismul lor, a fost clar influenţat. Prin utilizarea unei compoziţii muzicale, apreciată în lumea psihologilor şi a terapiilor alternative pentru efectul calmant pe care îl exercită asupra sistemului nervos, am obţinut practic ceea ce am căutat. Interesant a fost să văd cum peştii se strângeau în momentul difuzării muzicii, în apropierea cilindrului acustic, unde rămâneau adeseori nemişcaţi ca şi cum ar fi asistat la un concert de muzică clasică (fig. 67). Comportamentul de hrănire a fost complet schimbat în cazul peştilor din lotul B faţă de cei din lotul A, parcă nu se repezeau aşa de repede să apuce hrana precum o făceau cei din lotul martor. În momentul declanşării atitudinii agresive, peştii de statură mai mică erau mereu îndepărtaţi de la hrană acesta fiind unul din motivele pentru care în lotul B au existat indivizi cu valori mult sub media generală.

Fig. 67. Lotul experimental în momentul difuzării muzicii



- un factor decisiv în determinarea rezultatelor obţinute în cadrul experimentului a fost specia utilizată. Tilapia sunt recunoscuţi pentru agresivitatea lor cât şi pentru precocitatea lor reproductivă. Grăbirea maturizării sexuale a masculilor, ca un prim efect notabil al muzicii asupra peştilor, a dus la pierderea avantajului de greutate avut înaintea celor din lotul A, oferindu-le acestora din urmă posibilitatea recuperării diferenţei existente la un moment dat.
- rezultatul pozitiv obţinut la început indică posibilitatea utilizării muzicii ca şi stimulator de creştere la stadiile tinere a peştilor tilapia.
- peşti expuşi la muzică s-au maturizat mai repede din punct de vedere sexual decât cei din lotul martor.
- faptul că şi această specie a răspuns la stimulul muzică, precum multe altele (vezi III.2. Efectele sunetului asupra peştilor) ar putea însemna că există potenţial şi în rândul speciilor netestate până acum în această direcţie.
- prin rezultatele obţinute am reuşit practic să demonstrez o credinţă de-a mea potrivit căreia nu există o piesă muzicală minune, unică, care să dea rezultate pozitive, problema e că nu a testat încă nimeni, după cunoştinţele mele, un număr mare de piese muzicale pentru a putea spulbera acest mit. Efectele uneia sau alteia pot varia, cu siguranţă, la fel cum şi noi suntem sau nu bine dispuşi de anumite compoziţii muzicale.
- larvele de muscă ar putea constitui o alternativă la asigurarea necesarului de proteină animală din alimentaţia peştilor tilapia.
- există posibilitatea utilizării unui furaj mai sărac în proteină, bazat pe componente de origine vegetală în alimentaţia peştilor tilapia însă este indicat ca acesta să fie însoţit de un supliment nutritiv de origine animală. Confirmarea acestui fapt necesită însă studii amănunţite dedicate.

Drept recomandări, aş putea scrie o listă întreagă pentru că, până la urmă, ca păţitul nu ştie nimeni. Iată câteva din lucrurile pe care aş încerca să le respect în cazul în care aş fi nevoit să iau totul de la început:

- utilizarea unui material biologic de calitate cu o vârstă cunoscută. În cazul meu, am fost nevoit să cumpăr peştii de la un acvarist amator. Interesul acestuia era să menţină peştii tilapia la dimensiuni cât mai mici, având astfel şanse mai mari să-i comercializeze, peştii de dimensiuni mari neavând o mare căutare pe piaţă. Astfel eu am cumpărat nişte peşti cu un trecut necunoscut, de o vârstă necunoscută şi cu siguranţă rămaşi în urmă cu creşterea datorită hrănirii la nivel de supravieţuire practicat de cel care îi deţinea. Rezultatele ar fi

fost cu siguranţă diferite în cazul utilizării unor peşti cu adevărat tineri, nu doar mici, aparent tineri dar de fapt bătrâni.

- asigurarea unei alimentaţii corespunzătoare speciei şi vârstei exemplarelor crescute. Personal, am utilizat un furaj de crap cu un conţinut de proteină brută de 25 % şi un procent de grăsime de 7 %, mult prea slab pentru alimentaţia peştilor tilapia în sistem superintensiv de creştere. Rezultatele pozitive obţinute după introducerea viermilor de muscă în alimentaţia peştilor mi-au reamintit practic necesitatea utilizării unei hrane de calitate care să corespundă nevoilor speciei. Din nou, utilizarea unei hrane superioare celei pe care eu am administrat-o, ar fi dus la sporuri de creştere mult îmbunătăţite. Menţionez faptul că utilizarea furajului de crap a fost o necesitate de conjunctură dar până la urmă şi un test cu privire la posibilitatea utilizării proteinelor de origine vegetală în alimentaţia peştilor tilapia.
- utilizarea unei populaţii monosex. Dimensiunile peştilor la achiziţionare nu mi-au permis să efectuez o sexare a acestora înainte de popularea bazinelor de creştere. În cazul peştilor tilapia, masculii au un ritm de creştere mai accelerat faţă de femele, ceea ce justifică utilizarea exclusiv a acestora în unităţile de creştere. De asemenea, lipsa femelelor ar putea inhiba într-o oarecare măsură agesivitatea masculilor. În urma măsurătorilor finale, lotul A a fost compus din 5 femele şi 15 masculi, în timp ce lotul B a fost alcătuit din 6 femele şi 14 masculi. Proporţia înclinată în favoarea masculilor s-a datorat selecţiei după dimensiuni pe care am făcut-o înainte de cumpărarea lor, alegând exemplarele cele mai mari din grupul expus la vânzare.

Posibilitatea utilizării sunetului în general pe post de factor de îmbunătăţire a creşterii este în continuare în discuţie. Studiile efectuate pe această temă au indicat faptul că sunetul simplu sau forma sa nobilă, muzica, produc cu siguranţă efecte pozitive sau negative, în funcţie de natura sunetului, asupra peştilor studiaţi. Problema e că, deşi se cunosc în mare efectele pe care le are asupra organismelor acvatice, mecanismele de acţiune a sunetului rămân deocamdată neelucidate, bineînţeles că au fost lansate însă ipoteze, ceea ce este până la urmă un lucru bun deoarece contribuie la formarea unor noi studii care ar putea duce la descoperirea răspunsului.

BIBLIOGRAFIE

1. ABDEL-FATTAH M. EL-SAYED, 2006, *Tilapia Culture in Salt Water: Environmental Requirements, Nutritional Implications and Economic Potentials*.
2. ADEPARUSI EUNICE O., KOMOLAFE ABIOLA, 2006, *Effect of Faecal Collection Methods on Nutrient Digestibility in Oreochromis niloticus Fed Soya Bean Diets*.
3. ALBERT ALTENA, GABRIELE HŐRSTGEN-SCHWARD, 2002, *Effect of Rearing Temperatures on Sex Ratios in Tilapia Oreochromis niloticus L., Investigations on a Local Population from the Lake Victoria in Kenya*.
4. AUGUSTA LUJERDEAN, *Chimia apei şi solului*, 2006, editura Mediamira, Cluj-Napoca.
5. AYSEL ÇAĞLAN KARASU BENLI, GŰLTEN KŐKSAL, 2003, *The Acute Toxicity of Ammonia on Tilapia (Oreochromis niloticus L.) Larvae and Fingerlings*.
6. CONSTANTIN BOGOESCU, ALEXANDRU DABIJA, EMIL SANIELEVICI, 2003, *Atlas Zoologic*, editura Didactică şi Pedagogică, Bucureşti.
7. HANS ERIK KARLSEN, 1992, *The Inner Ear is Responsible for Detection of Infrasound in the Perch (Perca fluviatilis)*.
8. JOHN DAVIDSON, JULIE BEBAK, PARICIA MAZIK, 2008, *The effects of aquaculture production noise on the growth, condition factor, feed conversion, and survival of rainbow trout, Oncorhynchus mykiss*.
9. JOHNNY O. OGUNJI, WERNER KLOAS, MANFRED WIRTH, CARSTEN SHULTZ, BERNHARD RENNERT, 2006, *Housefly Maggot Meal (Magmeal): An Emerging Substitute of Fishmeal in Tilapia Diets*.
10. JOHNNY OGUNJI, RAHAT-UL-AIN SUMMAN TOOR, CARSTEN SHULTZ, WERNER KLOAS, 2008, *Growth Performance, Nutrient Utilization of Nile Tilapia Oreochromis niloticus Fed Housefly Maggot Meal (Magmeal) Diets*.
11. KARIMAN A. SH. SHALLOOF, NEHAD KHALIFA, 2009, *Stomach Contents and Feeding Habits of Oreochromis niloticus (L.) from Abu-Zabal Lakes, Egypt*.
12. L. VASANTHA, A. JEYAKUMAR, M. A. PITCHAI, 2003, *Influence of music on the growth of Koi Carp, Cyprinus carpio (Pisces: Cyprindae)*.
13. MARDI C. HASTINGS, ARTHUR N. POPPER, 2005, *Effects of Sound on Fish*.
14. MARTY RICHE, DONALD GARLING, august 2003, *Feeding Tilapia in Intensive Recirculating Systems*, North Central Regional Aquaculture Center.

15. MICHAEL P. MASSER, JAMES RAKOCY, THOMAS M. LOSORDO, martie 1999, *Recirculating Aquaculture Tank Production Systems, Management of Recirculating Systems*, SRAC Publication No.452.
16. MICHAEL E. SMITH, ANDREW S. KANE, ARTHUR N.POPPER, 2003, *Noise-induced stress response and hearing loss in goldfish (Carassius auratus)*.
17. MUELLER, ROBERT P., DUANE A. NEITZEL, WILLIAM V. MAVROS, 1998, *Evaluation of Low and High Frequency Sound for Enhancing Fish Screening Facilities, to Protect Outmigrating Salmonids*.
18. OCTAVIAN NEGREA, 2007, *Bolile peştilor*, editura AcademicPres, Cluj-Napoca.
19. O. A. AYINLA, BEKIBELE D. O., noiembrie 1999, *Fish Feed and Nutrition in Nigeria: The Present State of Knowledge and The Ways Forward*.
20. ROBERT D. MCCAULEY, JANE FEWTRELL, ARTHUR N. POPPER, 2002, *High intensity anthropogenic sound damages fish ears*.
21. ROY P. E. YANONG, decembrie 2003, *Fish Health Management Considerations in Recirculating Aquaculture Systems - Part 2: Pathogens*, University of Florida.
22. SATYA NANDLAL, TIMOTHY PICKERING, 2004, *Tilapia fish farming in Pacific Island countries Volume 1: Tilapia Hatchery Operation*.
23. S. E. PAPOUTSOGLOU, N. KARAKATSOULI, A. BATZINA, E. S. PAPOUTSOGLOU, A. TSOPELAKOS, 2008, *Effect of music stimulus on gilthead seabream Sparus aurata physiology under different light intensity in a recirculating water system*.
24. S.E. PAPOUTSOGLOU, N. KARAKATSOULI, E. LOUIZOS, S. CHADIO, D. KALOGIANNIS, C. DALLA, A. POLISSIDIS, Z. PAPOUTSOGLOU-DAIFOTI, 2006, *Effect of Mozart's music (Romanze-Andante of "Eine Kleine Nacht Musik", sol major, K525) stimulus on common carp (Cyprinus carpio L.) physiology under different light conditions*.
25. S. N. BISWAS, SRI D.BASU, SRI A. ROY, SRI S. GHOSH, *Ultrasonic sound effect in fish breeding*.
26. S. S. MAITY, D. BASU, A. ROY, P. BHATTACHARYA, A. BASAK, *Efect of ultrasonic sound on breeding performance of Puntius sarana*.
27. SOFRONIOS E. PAPOUTSOGLOU, NAFSIKA KARAKATSOULI, EUSTRATIOS S. PAPOUTSOGLOU, GEORGIOS VASILIKOS, 2009, *Common carp (Cyprinus carpio) response to two pieces of music ("Eine Kleine Nachtmusik" and "Romanza") combined with light intensity, using recirculating water system*.

28. SUMMERFELT, S. T. 2002, Final Project Report for USDA/ARS Grant No. 59-1930-8-038, *Technologies, Procedures, and Economics of Cold-Water Fish Production and Effluent Treatment in Intensive Recycling Systems*.
29. THOMAS M. LOSORDO, MICHAEL P. MASSER, JAMES RAKOCY, septembrie 1998, *Recirculating Aquaculture Tank Production Systems, An Overview of Critical Considerations*, SRAC Publication No.451.
30. THOMAS M. LOSORDO, MICHAEL P. MASSER, JAMES RAKOCY, aprilie 1999, *Recirculating Aquaculture Tank Production Systems, A Review of Component Options*, SRAC Publication No.453.
31. THOMAS POPMA, MICHAEL MASSER, martie 1999, *Tilapia Life History and Biology*, SRAC Publication No.283.
32. TRACY L. BORGESON, februarie 2005, *Effect of Replacing Fish Meal with Simple or Complex Mixtures of Vegetable Ingredients in Diets Fed to Nile Tilapia (Oreochromis niloticus)*.
33. VICTOR CRISTEA, IULIA GRECU, CORNEL CEAPĂ, 2002, *Ingineria sistemelor recirculante din acvacultură*, editura Didactică şi Pedagogică, Bucureşti.
34. WAYNE HUTCHINSON, MATHEW JEFFREY, DAVID O'SULLIVAN, DANIEL CASEMENT, STEVEN CLARKE, ianuarie 2004, *Recirculating Aquaculture Systems Minimum Standards for Design, Construction and Management*.
35. http://dexonline.ro/search.php
36. http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Oreochromis_niloticus/en, *FAO*, *Fisheries and Aquaculture Department*.
37. http://www.usf.uos.de/projects/AquacultureUzbekistan/pdf/RAS.pdf