بسم الله الرحمن الرحيم

دانشکده‌ی شیلات و محیط زیست

پایان‌نامه جهت اخذ درجه کارشناسی‌ارشد در رشته
تکثیر و پرورش آبزیان

اثر کورتیزول خوراکی بر رشد، میزان بازماندگی و مقاومت به تنش شوری در بچه ماهیان کپور دریایی (*Cyprinus carpio*)

پژوهش و نگارش:
آذر بیک‌زاده تاکری

استاد راهنما:
دکتر محمدرضا ایمانپور

استاد مشاور:
دکتر وحید تقی‌زاده

تابستان ۱۳۹۳

تعهدنامه پژوهشی

نظر به اینکه انجام فعالیت‌های پایان‌نامه‌های تحصیلی با بهره‌گیری از حمایت‌های علمی، مالی و پشتیبانی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان صورت می‌پذیرد، به منظور رعایت حقوق دانشگاه، نسبت به رعایت موارد زیر متعهد می‌شوم:

۱. این گزارش حاصل فعالیت‌های علمی- پژوهشی و دانش و آگاهی نگارنده است مگر آنکه در متن به نویسنده یا پدید آورنده اثر ارجاع داده شده باشد.

۲. چاپ هر تعداد نسخه از پایان‌نامه با کسب اجازه کتبی از مدیریت تحصیلات تکمیلی دانشگاه خواهد بود.

۳. انتشار نتایج پایان‌نامه به هر شکل (از قبیل کتاب، مقاله و همایش) با اطلاع و کسب اجازه کتبی از استاد راهنما خواهد بود. نام کامل دانشگاه:

به فارسی: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

و به انگلیسی: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

در بخش آدرس‌دهی درج خواهد شد.

٤. در انتشار نتایج پایان‌نامه در قالب اختراع، اکتشاف و موارد مشابه، نام کامل دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان به عنوان عضو حقوقی در انتهای فهرست اسامی درج گردد.

۵. تعیین ترتیب اسامی نویسندگان در انتشار نتایج مستخرج از پایان‌نامه و هر گونه تفاوت احتمالی در آن با فهرست مصوب اسامی هیات راهبری پایان‌نامه با تایید استاد راهنمای اول خواهد بود.

اینجانب **آذر بیک‌زاده تاکری** دانشجوی رشته **تکثیر و پرورش آبزیان** مقطع **کارشناسی‌ارشد** تعهدات فوق و ضمانت اجرایی آن را قبول کرده و به آن ملتزم می‌شوم.

نام و نام خانوادگی و امضاء

تقدیم به مهربان فرشتگانی که

لحظات ناب بودن، لذت و غرور دانستن

جسارت خواستن و عظمت رسیدن

و تمام تجربه های یکتا و زیبای زندگیم مدیون حضور آن هاست.

پدر مهربانم، مادر صبورم که همواره نگاه پر مهرشان بدرقه ی راه من است.

برادرانم، مشوق، دوست و همراهان زندگیم.

خواهر دلسوزم که لبخندش شادی بخش زندگیم است.

تقدیم به خانواده ی عزیزم

تشکر و قدردانی

پروردگارا تو را سپاس که نعمت آموختن به من ارزانی داشتی و چه بی دریغ یاریم کردی هرگاه و هردم که تو را خواندم.

گذراندن مراحل اجرایی و تدوین این پایان نامه پس از الطاف الهی، مدیون مساعدت بزرگوارانی است که بدون همراهی آن ها طی این طریق ممکن نبود. لذا بر خود لازم می دانم مراتب سپاس خود را به تمام کسانی که در مراحل مختلف این پژوهش مرا یاری نموده اند تقدیم دارم.

بی کرانه ترین سپاس ها را تقدیم می کنم به خانواده ی مهربانم به پاس مهر و فداکاری بی دریغشان.

از استاد راهنمای بزرگوارم جناب آقای دکتر ایمانپور که صبورانه در طی این راه طولانی همواره در کنارم بوده و دلسوزانه مرا راهنمایی و حمایت کردند سپاسگزارم.

از استاد مشاور محترم جناب آقای دکتر تقی زاده به پاس همکاری و راهنمایی هایشان قدردانی می کنم.

از اساتید محترم جناب آقای دکتر سوداگر و دکتر حسینی فرکه زحمت داوری و باز خوانی پایان نامه را بر عهده گرفتند کمال تشکر و قدردانی را دارم.

از مسئولین آزمایشگاه جناب آقای مهندس جافر و جناب آقای مهندس نعیمی و کلیه ی کارمندان دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان به پاس زحماتشان سپاسگزارم.

هم اکنون فرصتی است مغتنم تا از محبت ها و دلگرمی های تمام دوستان عزیزم که در این مدت همیار من بودند آقایان مجید محمدی، رضا ترخانی، مهرداد عادلیان، هادی ابوالحسنی و سجاد ظهیری و خانم ها زینب حسین نیا، محبوبه کرمی نسب، زهرا روحی، مریم حقی پور، زهرا روستا و هم اتاقی های عزیزم به خاطر همه ی لحظه های با هم بودنمان، همه ی اشک ها و لبخند ها و دلگرمی هایشان تشکر کنم و از خدا بهترین ها را برایشان آرزومندم.

چکیده

کورتیزول کورتیکواستروئیدی است که نقش مهمی در جنبه‌های مختلف فیزیولوژی ماهی شامل تنظیم یونی، رشد، استرس و عملکرد ایمنی بازی می‌کند. در این مطالعه اثر کورتیزول خوراکی بر رشد، میزان بازماندگی و مقاومت به تنش شوری در بچه‌ماهیان کپور دریایی *Cyprinus carpio* بررسی شد. به این منظور، کپور معمولی با میانگین وزنی (۰/۱۲g ± ۱/۳٦) به مدت ۸ هفته با غذای تجاری حاوی ۰ (شاهد)، ۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم هیدروکورتیزون (کورتیزول) تغذیه شدند (٤ تیمار و ۳ تکرار). نتایج نشان داد از نظر شاخص‌های رشد (درصد افزایش وزن بدن، ضریب تبدیل غذایی، ضریب رشد ویژه، میزان مصرف غذا و فاکتور وضعیت)، میزان بازماندگی و هماتوکریت، قبل از تنش شوری بین تیمارها اختلاف معنی‌داری وجود نداشت ($P > ۰/۰۵$). در بررسی خصوصیات بیوشیمیایی خون، قبل از تنش شوری، میزان گلوکز سرم خون در تیمار شاهد (۷۳/۰٤ ± ۱/٤۰ mg/dl) به‌طور معنی‌داری پایین‌تر بود ($P < ۰/۰۵$) اما میزان کلسیم سرم خون بین تیمارها اختلاف معنی‌داری نداشت ($P > ۰/۰۵$). پروتئین کل سرم خون، در ماهیان تغذیه شده با کورتیزول به طور معنی‌داری کمتر از تیمار شاهد بود ($P < ۰/۰۵$). سپس مقاومت در برابر تنش شوری، طی ۷ روز مقابله با شوری ppt ۱۲، با اندازه‌گیری تغییرات هماتوکریت و پارامترهای بیوشیمیایی خون (گلوکز، کلسیم و پروتئین کل) بررسی شد. نتایج نشان داد میزان بازماندگی بین تیمارها پس از ۷ روز مقابله با شوری، اختلاف معنی‌داری نداشت ($P > ۰/۰۵$). میزان گلوکز، در تمامی تیمارها افزایش معنی‌داری داشت ($P < ۰/۰۵$). بیش‌ترین میزان هماتوکریت پس از تنش در تیمار شاهد مشاهده شد ($P < ۰/۰۵$). میزان یون کلسیم پس از تنش در تمامی تیمارها جز تیمار شاهد افزایش معنی‌داری داشت ($P < ۰/۰۵$) و بیش ترین مقدار در تیمار۲۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم مشاهده شد. میزان پروتئین کل، در ماهیان تیمار شده با کورتیزول به طور معنی‌داری کمتر از تیمار شاهد بود ($P< ۰/۰۵$). در بررسی بافت آبشش، میزان آسیب‌های بررسی شده (هایپرپلازی، هایپرتروفی، پرخونی و ادم) در گروه شاهد بیش‌تر از ماهیان تحت تیمار کورتیزول بود و در تیمار ۱۰۰ و تیمار ۲۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم، آسیب‌های کم‌تری مشاهده شد که می‌تواند ناشی از عملکرد بهتر تنظیم اسمزی این ماهیان در برابر تنش شوری باشد. نتایج نشان داد که کورتیزول خوراکی با افزایش معنی‌دار گلوکز و کلسیم طی تنش شوری موجب بالا بردن توانایی مقابله‌ی ماهیان هنگام تنش شده است که آسیب کم‌تر بافت آبشش در ماهیان تحت تیمار کورتیزول این موضوع را تایید می‌کند.

کلمات کلیدی: کورتیزول، شاخص‌های رشد، بازماندگی، تنش شوری، آبشش

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول- مقدمه و کلیات

۱-۱- ماهی کپور معمولی و جایگاه سیستماتیک آن ۲

۱-۲- تنظیم اسمزی ٤

۱-۲-۱- روش‌های تنظیم اسمزی در ماهیان ٥

۱-۳- تنش شوری ۷

۱-٤- استرس ۸

۱-٤-۱- عکس العمل فیزیولوژیک در برابر استرس‌دهنده‌ها ۸

۱-٤-۲- عوامل موثر بر نوع پاسخ به هورمون‌های کورتیکواستروئیدی ۹

۱-٥- کورتیزول ۱۰

۱-٦- فرضیه‌ها ۱۲

۱-۷- اهداف ۱۲

فصل دوم- مروری بر مطالعات انجام شده

۲-۱- تنظیم اسمزی ۱٤

۲-۱-۱- مطالعات داخل کشور ۱٤

۲-۱-۲- مطالعات خارج از کشور ۱٥

۲-۲- کورتیزول ۱۷

۲-۲-۱- مطالعات داخل کشور ۱۷

۲-۲-۲- مطالعات خارج از کشور ۱۸

فصل سوم - مواد و روش‌ها

۳-۱- مواد ۲۲

۳-۲- روش‌ها ۲۳

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

۳-۲-۱- زمان و محل اجرای طرح ۲۳
۳-۲-۲- تامین بچه‌ماهی کپور دریایی ۲۳
۳-۲-۳- تغذیه ماهیان با جیره‌ی آزمایشی ۲۳
۳-۲-٤- تهیه جیره‌ی غذایی ۲٤
۳-۲-۵- آغاز دوره پرورش ۲۵
۳-۲-٦- زیست‌سنجی ۲۵
۳-۲-۷- تغذیه‌ی ماهیان ۲۵
۳-۲-۸- کنترل شرایط فیزیکی و شیمیایی آب ۲۵
۳-۲-۹- محاسبه‌ی شاخص‌های رشد و تغذیه‌ای ماهی ۲٦
۳-۲-۱۰- درصد بازماندگی ۲۸
۳-۲-۱۱- شاخص‌های استرس و خصوصیات بیوشیمیایی خون ۲۸
۳-۲-۱۲- تنش شوری ۲۹
۳-۲-۱۳- بافت‌شناسی آبشش ۳۰
۳-۲-۱۳-۱- مراحل انجام بافت شناسی کلاسیک ۳۱
۳-۲-۱٤- آنالیز آماری ۳۵

فصل چهارم - نتایج

٤-۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آب ۳۸
٤-۲- نتایج اثر سطوح مختلف هیدروکورتیزون بر فاکتورهای رشد و شاخص‌های تغذیه‌ای ۳۸
٤-۳- نتایج اثر سطوح مختلف هیدروکورتیزون بر درصد بازماندگی بچه ماهی کپور دریایی ۳۹
٤-٤- نتایج اثر سطوح مختلف هیدروکورتیزون بر فاکتورهای سرم خون بچه ماهی کپور دریایی ٤۰
٤-٤-۱- نتایج اثر سطوح مختلف هیدروکورتیزون بر میزان گلوکز سرم خون بچه‌ماهی کپور دریایی .. ٤۰
٤-٤-۲- نتایج اثر سطوح مختلف هیدروکورتیزون بر میزان کلسیم سرم خون بچه‌ماهی کپور دریایی .. ٤۱

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

٤-٤-٣- نتایج اثـر سطوح مختلف هیدروکورتیزون بر میزان پروتئین کل سرم خون بچه‌ماهی کپور دریایی ٤٢
٤-٥- نتایج اثر سطوح مختلف هیدروکورتیزون بر میزان هماتوکریت خون بچه ماهی کپور دریایی ٤٣
٤-٦- نتایج اثر سطوح مختلف هیدروکورتیزون بر بافت آبشش بچه ماهی کپور دریایی ٤٤
٤-٦-١- تغییرات هیستوپاتولوژیک آبشش بچه‌ماهیان کپور دریایی پس از تنش شوری ٥٠

فصل پنجم- بحث و نتیجه‌گیری

٥-١- رهاسازی و قدرت سازگاری با محیط جدید ٥٢
٥-٢- فاکتورهای رشد و تغذیه ٥٣
٥-٣- بازماندگی ٥٣
٥-٤- فاکتورهای سرم خون ٥٤
٥-٤-١- گلوکز ٥٤
٥-٤-٢- کلسیم ٥٦
٥-٤-٣- پروتئین کل ٥٧
٥-٥- هماتوکریت ٥٩
٥-٦- بافت آبشش ٦٠
٥-٧- نتیجه گیری کلی ٦١
٥-٨- پیشنهادات اجرایی ٦٢
٥-٩- پیشنهادات پژوهشی ٦٢
منابع ٦٤

فهرست جدول‌ها

عنوان **صفحه**

جدول ۱-۱- سیستماتیک علمی ماهی کپور دریایی ۲
جدول ۳-۱- مواد مصرفی در تحقیق ۲۲
جدول ۳-۲- مواد غیر مصرفی در تحقیق ۲۲
جدول ۳-۳- عمل آبگیری با استفاده از الکل اتیلیک و الکل بوتانول ۳۲
جدول ۳-٤- روش پارافینه کردن ۳۳
جدول ٤-۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آب ۳۸
جدول ٤-۲- مقایسه برخی از شاخص‌های رشد و تغذیه بچه ماهیان کپور دریایی تغذیه شده با سطوح مختلف هیدروکورتیزون ۳۸
جدول ٤-۳- مقایسه فاکتور وضعیت بچه ماهیان کپور معمولی تغذیه شده با سطوح مختلف هیدروکورتیزون طی دوره پرورش ۳۹
جدول ٤-٤- درصد بازماندگی ماهیان در انتهای دوره‌ی پرورش و پس از تنش شوری ۳۹
جدول ٤-۵- تغییرات غلظت شاخص گلوکز بر حسب میلی گرم در دسی لیتر ٤۰
جدول ٤-٦- تغییرات غلظت شاخص کلسیم بر حسب میلی‌گرم بر دسی‌لیتر ٤۱
جدول ٤-۷- تغییرات غلظت شاخص پروتئین کل بر حسب گرم بر دسی‌لیتر ٤۲
جدول ٤-۸- تغییرات میزان هماتوکریت بر حسب درصد ٤۳
جدول ٤-۹- درجه‌بندی کمی آسیب آبشش بچه‌ماهی کپور دریایی تغذیه شده با سطوح متفاوت هیدروکورتیزون، روز اول پس از مواجهه با تنش شوری ppt ۱۲ ..... ٤٤
جدول ٤-۱۰- درجهبندی کمی آسیب آبشش بچه‌ماهی کپوردریایی تغذیه شده با سطوح متفاوت هیدروکورتیزون، روز سوم پس از مواجهه با تنش شوری ppt ۱۲ ..... ٤۵
جدول ٤-۱۱- درجه‌بندی کمی آسیب آبشش بچه‌ماهی کپور دریایی تغذیه شده با سطوح متفاوت هیدروکورتیزون، روز پنجم پس از مواجهه با تنش شوری ppt ۱۲ ..... ٤۵
جدول ٤-۱۲- درجه‌بندی کمی آسیب آبشش بچه‌ماهی کپوردریایی تغذیه شده با سطوح متفاوت هیدروکورتیزون، روزهفتم پس از مواجهه با تنش شوری ppt۱۲ ..... ٤٦

فهرست شکل‌ها

عنوان **صفحه**

شکل ۱-۱- فرایندهای کلی تنظیم اسمزی در ماهیان استخوانی دریایی (ایوانز، ۲۰۰۸) ٦
شکل ۱-۲- فرایندهای کلی تنظیم اسمزی در ماهیان استخوانی آب شیرین (ایوانز، ۲۰۰۸)..... ۷
شکل ٤-۱- تغییرات بافتی مشاهده شده در آبشش بچه ماهی کپور دریایی (شاهد). الف) قبل از تنش شوری. ب) روز اول پس از تنش شوری. A) هایپرپلازی، B) پرخونی، C)..... ٤۷
شکل ٤-۲- تغییرات بافتی مشاهده شده در آبشش بچه ماهی کپور دریایی (تیمار کورتیزول). الف) قبل از تنش شوری ب) روز اول پس از تنش شوری ٤۷
شکل ٤-۳- تغییرات بافتی مشاهده شده در آبشش بچه ماهی کپور دریایی (شاهد). الف) قبل از تنش شوری ب) روز سوم پس از تنش شوری A) هایپرپلازی، B)پرخونی..... ٤۸
شکل ٤-٤- تغییرات بافتی مشاهده شده در آبشش بچه ماهی کپور دریایی (تیمارکورتیزول). الف) قبل از تنش شوری ب) روز سوم پس از تنش شوری A) هایپرتروفی..... ٤۸
شکل ٤-۵- تغییرات بافتی مشاهده شده در آبشش بچه ماهی کپور دریایی روز پنجم (شاهد). الف) قبل از تنش شوری ب) روز پنجم پس از تنش شوری A) هایپرپلازی، B) پرخونی، C)هایپرتروفی..... ٤۹
شکل ٤-٦- تغییرات بافتی مشاهده شده در آبشش بچه ماهی کپور دریایی (تیمار کورتیزول). الف) قبل از تنش شوری ب) روز پنجم پس از تنش شوری..... ٤۹
شکل ٤-۷- تغییرات بافتی مشاهده شده در آبشش بچه ماهی کپور دریایی (شاهد). الف) قبل از تنش شوری ب) روز هفتم پس از تنش شوری A) هایپرپلازی، B) پرخونی، C) از بین رفتن لاملاها ۵۰
شکل ٤-۸- تغییرات بافتی مشاهده شده در آبشش بچه ماهی کپور دریایی (تیمار کورتیزول) الف) قبل از تنش شوری ب) روز هفتم پس از تنش شوری ۵۰

فهرست رابطه‌ها

عنوان **صفحه**

رابطه ۳-۱: درصد افزایش وزن بدن ۲۶
رابطه ۳-۲: ضریب تبدیل غذایی ۲۶
رابطه ۳-۳: ضریب رشد ویژه ۲۷
رابطه ۳-٤: میزان مصرف غذا ۲۷
رابطه ۳-۵: فاکتور وضعیت ۲۸
رابطه ۳-٦: درصد بازماندگی ۲۸

فصل اول

مقدمه و کلیات

۱-۱- ماهی کپور معمولی و جایگاه سیستماتیک آن

کپور معمولی با نام علمی *Cyprinus carpio* جزء ماهیان استخوانی و اقتصادی دریای خزر می‌باشد. به طور طبیعی در حوضه دریای خزر، سیاه، آرال و حوضه‌های کم عمق رودخانه ولگا زندگی می‌کند. بیش‌ترین فراوانی این گونه در جنوب شرقی دریای خزر (خلیج گرگان و تالاب گمیشان) است. این ماهی از خانواده‌ی کپورماهیان است و جایگاه سیستماتیک علمی آن در جدول ۱-۱ خلاصه شده است.

جدول ۱-۱- سیستماتیک علمی ماهی کپور دریایی

سلسله	جانوران
شاخه	طنابداران[1]
رده	پرتوبالگان[2]
راسته	کپورماهی شکلان[3]
خانواده	کپورماهیان[4]
جنس	*Cyprinus*
گونه	*Carpio*

این ماهی بیش‌تر، مناطق پوشیده از گیاهان آبزی را ترجیح می‌دهد و تغییرات دمای آب، اکسیژن محلول و گل‌آلودگی را تا حد زیادی تحمل می‌کند و در درجه حرارت ۳ تا ۳۵ درجه‌ی سانتی‌گراد قادر به زندگی می‌باشد ولی درجه‌حرارت مطلوب برای زیست آن‌ها ۲۳ تا ۳۰ درجه‌ی سانتی‌گراد است. همچنین این ماهی جزء ماهیان آنادرموس[5] است که برای تخم‌ریزی و تکثیر وابسته به آب شیرین رودخانه‌ها می‌باشد و در تالاب‌ها و استخرهای پرورشی تا حد زیادی از شیرونومیده و در

[1] Chordata
[2] Actinopterygii
[3] Cypriniformes
[4] Cyprinidae
[5] Anadromous

دریای خزر از نرم‌تنان، سخت‌پوستان، کرم‌ها و مواد پوسیده‌ی گیاهی و جانوری تغذیه می‌کنند (عبدلی و نادری، ۱۳۸۷). در بین ماهیان پرورشی، ماهی کپور معمولی از سهولت زیادی جهت پرورش برخوردار است و در مقابل تنگناهای محیطی، مقاومت بیشتری نسبت به سایر ماهیان دارد و با وجود اینکه یک ماهی آب شیرین است، می تواند در آب‌های لب‌شور نیز زندگی کند (وثوقی و مستجیر، ۱۳٦٥).

طبق آمار سالانه‌ی موجود از میزان صید ماهی کپورمعمولی در سال‌های ۱۳۸۲-۱۳۷٦، میزان صید این گونه طی این سال‌ها کاهش قابل توجهی یافته است (عبدلی و نادری، ۱۳۸۷). در چند سال اخیر تکثیر نیمه طبیعی این ماهی رواج یافته است، زیرا صید مولدین این ماهی به آسانی امکان‌پذیر است و همچنین رهاسازی فاضلاب کارخانه‌ها و فاضلاب کشاورزی به آب رودخانه‌ها باعث آلودگی آب‌ها به کودهای شیمیایی و دیگر آلاینده‌ها شده است. در نتیجه اندک تخم‌ریزی مولدین باقی‌مانده با مشکل مواجه می‌باشد (غنی‌نژاد و همکاران،۱۳۷۷). برای جبران این مساله و به منظور بازسازی ذخایر اقدام به تکثیر نیمه طبیعی ماهی شده است. این ماهی در کشورهایی چون هلند، آلمان، دانمارک، سودان شمالی، انگلیس و ترکمنستان معرفی شده و به طور موفقیت‌آمیزی تولیدمثل نموده است. ولی بقا و بازدهی پایین در مراکز تکثیر و پرورش ماهی یکی از بزرگترین عوامل موثر در جلوگیری از بازسازی مناسب ذخایر ماهی می‌باشد (مایناردِ[1] و همکاران، ۱۹۹۵؛ اولا[2] و همکاران، ۱۹۹۸). یکی از مشکلات عمده مربوط به تلفات بچه‌ماهیانی است که از مراکز تکثیر رهاسازی می‌شوند (اولا و همکاران، ۱۹۹۸). لذا الگوی مناسبی برای کاهش مرگ و میر بعد از رهاسازی ضروری می‌باشد. آگاهی از فیزیولوژی ماهی و سازگاری آن با تغییرات شرایط محیطی از اساسی‌ترین کاربردها در رهاسازی و پرورش ماهی می‌باشد. یکی از مهم‌ترین عوامل فیزیولوژیک موثر در موفقیت رهاسازی ماهیان توانایی تنظیم اسمزی توسط بچه‌ماهیان در محل رهاسازی و نیز در هنگام انتقال از محل رهاسازی به مقصد نهایی یعنی دریا می‌باشد (عطایی مهر و همکاران، ۱۳۸۵).

[1] Maynard
[2] Olla

۱-۲- تنظیم اسمزی

تنظیم اسمزی شامل تبادلات پمپ یونی در آبشش‌ها و سایر اندام‌های مرتبط نظیر روده و کلیه می‌باشد که تابع عواملی مانند دما، شوری، گونه، دستکاری، اندازه، سن، مراحل مختلف زیستی و شرایط تغذیه‌ای می‌باشد (هوستون[1] و روپرت[2]، ۱۹۹۷). تمامی ماهی‌های آب شیرین دارای مایعات بدنی غلیظ‌تر از محیط خارج هستند بنابراین آب به دست آورده و یون‌ها را از دست می‌دهند، درحالی که در دریا مایعات بدن اکثر ماهی‌ها رقیق‌تر از آب دریاست و بنابراین آب از دست داده و یون‌ها را به دست می‌آوردند. در حقیقت بسیار قابل توجه است که مکانیزم‌های تنظیم اسمزی برای کنار آمدن با این مشکلات متضاد در آب شیرین و شور هنگام مهاجرت بین این دو محیط توسط ماهی‌ها می‌تواند تغییر کند. ماهیان در مواجهه با تغییرات اسمولالیته محیطی باید تعادل یونی محیط داخلی بدن خود را به وسیله‌ی تغییر در سطح هورمون‌های مختلف و عملکرد سلول‌های دخیل در تنظیم اسمزی و حتی اتخاذ رفتارهای جدید (مانند نرخ نوشیدن آب) حفظ کنند در غیر این صورت برای حفظ کیفیت زندگی و بقا خود با مشکل جدی روبه‌رو خواهند شد (ایوانز[3] و همکاران، ۲۰۰۵).

۵۰-۲۰ درصد بودجه‌ی انرژی ماهی صرف تنظیم اسمزی می‌شود. اگرچه تحقیقات اخیر میزان ۱۰ درصد را پیشنهاد می‌کند (بواف[4] و پایان[5]، ۲۰۰۱). در واقع تنظیم اسمزی یک پروسه انرژی خواه می‌باشد و زمانی که شوری به نحوی باشد که انرژی لازم برای نگه‌داشتن هموستازی بدن کاهش یابد رشد ماهی به حداکثر خود می رسد (سامپیو[6] و بیانچینی[7]، ۲۰۰۲). مشخص شده است که شوری یکی از پارامترهای مهم محیطی است که روی رشد، بقا و پراکنش ماهی‌ها نقش دارد (هالیدی[8]، ۱۹۶۹؛ بواف و پایان، ۲۰۰۱؛ وارساموس[9] و همکاران، ۲۰۰۵). شوری بالای آب می‌تواند بقای ماهی را تحت تاثیر قرار داده و همچنین باعث مصرف انرژی زیاد برای نگه‌داشتن تعادل یونی و اسمزی می‌شود (بواف و پایان، ۲۰۰۱).

---

[1] Houston
[2] Rupert
[3] Evans
[4] Boeuf
[5] Payan
[6] Sampio
[7] Bianchini
[8] Holliday
[9] Varsamos

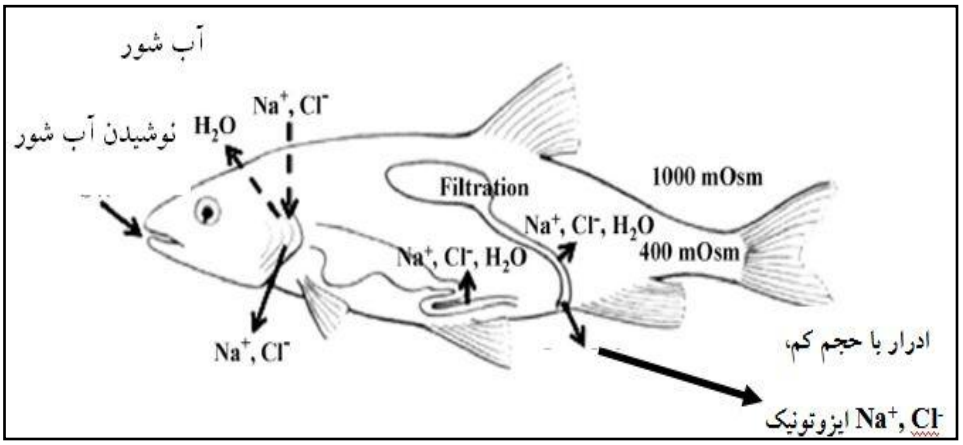
۱-۲-۱- روش‌های تنظیم اسمزی در ماهیان

آبزیان برای زنده ماندن به یک محیط با غلظت‌های خاص از مواد معین در فضای داخلی بدن خود (از جمله یون‌های محلول در آب) نیاز دارند. بنابراین، محیط داخلی بدن ماهیان باید دارای مجموعه‌ای از نمک‌های یونیزه‌ی موردنیاز و محلول در آب باشد. این در حالی است که محیط خارجی، دارای مجموعه‌ی متفاوتی از این عوامل می‌باشد که البته مسائلی خاص، مانند جابجایی بین محیط‌های آب شیرین و شور یا بقاء در زیستگاه‌هایی که در معرض یخبندان قرار دارند نیز، به مجموعه‌ی پیچیدگی‌های مربوط به حفظ محیط داخلی مناسب در بعضی از ماهیان افزوده می‌شود (ایوانز، ۲۰۰۸). ماهیان از حیث استراتژی‌های اصلی برای تنظیم تعادل یونی مایعات بدن (پلاسما، لنف، مایع بین سلولی) به سه دسته‌ی تطبیق‌دهنده‌های اسمزی، ماهیان دریایی و ماهیان ساکن آب شیرین تقسیم می‌شوند.

- ماهیان دریایی

در ماهیان آب شور غلظت نمک محیط داخلی آن‌ها، تقریبا یک سوم محیط زندگی آن‌هاست. بنابراین بدن آن‌ها نسبت به محیط خارج هیپواسمتیک[1] به شمار می‌آید و تمایل دارند که به طور دائم، آب را از طریق انتشار به محیط بیرون انتقال دهند (شکل ۱-۱). لذا این ماهیان دائما با مشکل کمبود آب مواجه هستند و ناچارند این مشکل را با نوشیدن آب جبران کنند. نتیجه‌ی این امر به طور طبیعی، جذب زیاد نمک از دستگاه گوارشی است که این مقدار نمک باید از طریق غشاهایی با تراوایی اسمزی پایین همچون بافت پوششی پوست و آبشش دفع گردند (ایوانز، ۲۰۰۸).

[1] Hypoosmotic

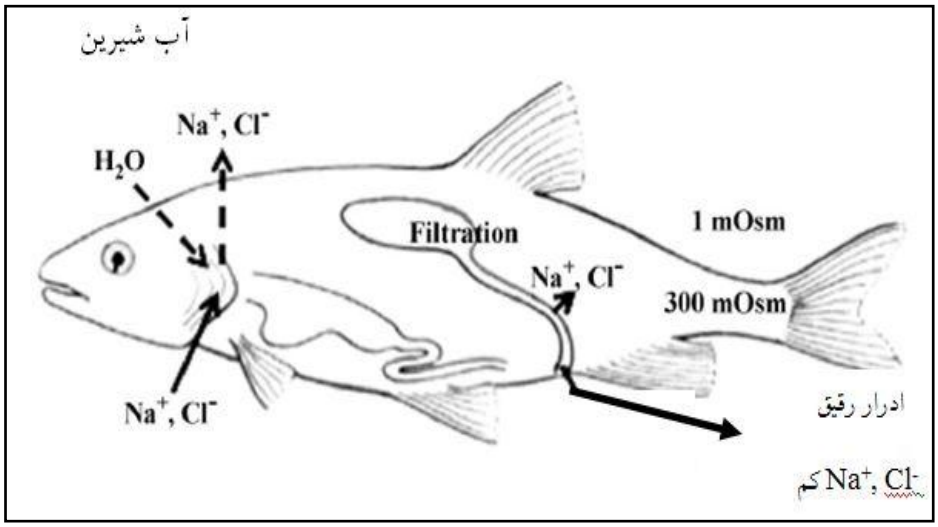


شکل ۱-۱- فرایندهای کلی تنظیم اسمزی در ماهیان استخوانی دریایی (ایوانز، ۲۰۰۸)

- ماهیان ساکن آب شیرین

در ماهیان استخوانی آب شیرین و همچنین ماهیان غضروفی که نسبت به محیط خود هایپراسمتیک[1] هستند. از آنجا که محیط داخلی آن‌ها غلیظ‌تر از آب شیرین می‌باشد، لذا آب به طور دائم از طریق انتشار به درون بدن آن‌ها نفوذ می‌کند (شکل ۱-۲). آب اضافی دائما توسط کلیه‌های تکامل یافته به صورت مقادیر زیادی ادرار رقیق (بیش از یک سوم وزن بدن در روز) دفع می‌شود. از طرف دیگر بعضی از یون‌های کوچک به طور اجتناب ناپذیری از راه ادرار و همچنین از طریق انتشار از آبشش‌ها تلف می‌شوند. اگرچه تعدادی از این مواد محلول مجددا توسط مواد موجود در غذا جایگزین می‌شوند، اما بیش‌تر آن‌ها از طریق آبشش‌ها و توسط مکانیسم‌های انتقال فعال بازجذب می-شوند (ستاری، ۱۳۸۱).

[1] Hyperosmotic



شکل ۱-۲- فرایندهای کلی تنظیم اسمزی در ماهیان استخوانی آب شیرین (ایوانز، ۲۰۰۸)

۱-۳- تنش شوری

تنش شوری به شدت روی بقاء بچه‌ماهیان کپور (یگ گونه‌ی استنوهالین) و در نتیجه موفقیت عملیات بازسازی ذخایر موثر می‌باشد و یافته‌های موجود نشان‌دهنده‌ی آن است که محل‌های رهاسازی لاروهای کپور وحشی به علت کم‌آبی و یا برگشت آب دریا در مصب‌ها و تبخیر زیاد، گاهی در مناطقی دارای شوری بالاتر از حد نرمال می‌باشد. لذا باید تمهیداتی جهت افزایش بقاء کپورماهیان رهاسازی شده، اندیشید. در کنار ارتقاء مدیریت رهاسازی، یکی از تمهیداتی که می‌توان برای مقابله با این فرآیند زیست‌محیطی به کار برد، افزایش تحمل استرس از طریق دستکاری جیره‌ی غذایی ماهیان است.

۱-٤- استرس

به نقل از بایونوا[1] و همکاران (۲۰۰۲) ماهیان مکرراً در معرض عوامل استرس‌زا هم در محیط طبیعی و هم در شرایط پرورشی قرار دارند. به نقل از بارتون[2] و ایواما[3] (۱۹۹۱) پاسخ به استرس یک مکانیسم سازشی است که به ماهی اجازه می‌دهد تا به مقابله با عوامل استرس‌زای دریافتی بپردازد، به عبارتی از این طریق وضعیت طبیعی یا هموستاتیک[4] بدن خود را حفظ می‌کند (محمدی مکوندی، ۱۳۸۹).

۱-٤-۱- عکس العمل فیزیولوژیک در برابر استرس‌دهنده‌ها

به‌طور کلی عکس‌العمل‌های فیزیولوژیک ماهی در برابر استرس دهنده‌های محیطی به سه گروه اول و دوم و سوم تقسیم می‌شوند (سانتاماریا[5] و کاسالاس[6]، ۲۰۰۸). پاسخ‌های اول (پاسخ نورواندوکرینی[7]) شامل رهاسازی کاتیکول‌آمین[8]ها از بافت کرومافین[9] و تحریک محور هیپوتالاموس- هیپوفیز- بین کلیوی (HPI[10]) به منظور رهاسازی هورمون‌های کورتیکواستروئیدی[11] به جریان خون می‌باشد. واکنش‌های دوم شامل تغییراتی در متابولیت‌ها و یون‌های بافت و پلاسمای خون، سلول‌های خونی و پروتئین‌های استرس (HSP[12]) است که همه‌ی این تغییرات با هدف تنظیم فیزیولوژیک متابولیسم، تنفس، وضعیت اسید- باز، بالانس یونی، عملکرد ایمنی و سلولی انجام می‌گیرد (مامسن[13] و همکاران، ۱۹۹۹). در پاسخ‌های سوم تغییراتی در کل بدن موجود (همچنین رشد، مقاومت به بیماری، تغییر الگوهای رفتاری و سرانجام بازماندگی) رخ می‌دهد (بارتون، ۲۰۰۲).

---

[1] Bayunova
[2] Barton
[3] Iwama
[4] Homeostatic
[5] Santamaria
[6] Casallas
[7] Neuroendocrine
[8] Catecholamine
[9] Chromaffin
[10] hypothalamous Piturity Interrenal
[11] Corticosteroid
[12] Heat Shock proteins
[13] Mommsen