





دانشگاه صنعتی اصفهان

دانشکده منابع طبیعی

بررسی برخی ویژگی‌های زیستی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) در رودخانه بهشت‌آباد چهارمحال و بختیاری

پایان‌نامه کارشناسی ارشد مهندسی منابع طبیعی - بوم‌شناسی آبزیان شیلاتی

مسیب عالی‌پور

استاد راهنما

دکتر یزدان کیوانی

سال ۱۳۹۳

کلیه حقوق مادی مترتب بر نتایج مطالعات
ابتکارات و نوآوری‌های ناشی از تحقیق موضوع
این پایان‌نامه (رساله) متعلق به دانشگاه صنعتی
اصفهان است.



دانشگاه صنعتی اصفهان

دانشکده منابع طبیعی

پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی منابع طبیعی - بوم شناسی آبریزان شیلاتی

تحت عنوان

بررسی برخی ویژگی های زیستی قزل آلاهی رنگین کمان (*Oncorhynchus mykiss*) در رودخانه بهشت آباد چهارمحال و بختیاری

در تاریخ ۱۳۹۳/۱۰/۹ توسط کمیته تخصصی زیر مورد بررسی و تصویب نهایی قرار گرفت.

- | | |
|-----------------------|-------------------------------|
| دکتر یزدان کیوانی | ۱- استاد راهنمای پایان نامه |
| دکتر عیسی ابراهیمی | ۲- استاد مشاور پایان نامه |
| دکتر امیدوار فرهادیان | ۳- استاد داور |
| دکتر سالار درافشان | ۴- استاد داور |
| دکتر محمدرضا وهابی | سرپرست تحصیلات تکمیلی دانشکده |

مکش و قدردانی

نت خدای را عزوجل که طاعتش موجب قربت است و به شکر اندرش مزید نعمت حریفی که فرومی رود مدحیاست و چون برمی آید مفرح ذات پس در حرفی دو نعمت موجود است و بر حرفت شکر واجب

از دست و زبان که برآید کز عمده شکرش به درآید

از محضر اساتید گرانقدرم جناب آقای دکتریزدان کیوانی و دکتر عیسی ابراهیمی که صبر و بردباری ایشان در کنار دانش و تجربه بالا، به راستی الگویی بسیار ارزنده برای من بوده و زحمات بی دریغ، تلاش های بی وقفه و راهنمایی های ارزشمندشان، شایسته نیکوترین پاسگذاری است. از اساتید گرامی جناب آقای دکتر و جناب آقای دکتر که زحمت داوری و بازخوانی این پایان نامه را به عهده داشتند کمال شکر را دارم. از جناب آقای مهندس سعید اسد... به خاطر همراهی ایشان در نمونه برداری و جناب آقای تقیانی بخاطر حل نمونه با به دانشگاه شکر و قدردانی میکنم. از دوستان و بهکلاسیان عزیزم شکر و قدردانی میکنم و آرزوی توفیق و سربلندی دارم. از بهر ای ها و حضور دوستان خوبم جناب آقای مسعود صیامی و یشم رانی کمال شکر و قدردانی را دارم.

خدای را بسی شاکرم که از روی کرم پرومادی خدا کار نصیص ساخته تا در سایه درخت پر بار وجودشان بیسایم و از ریشه آنا شاخ و برگ گیرم و از سایه وجودشان در راه کسب علم و دانش تلاش نمایم. والدینی که بودندشان تاج افتخاری است بر سرم و نشان دلیلی است بر بودنم چرا که این دو وجود پس از پروردگاری است؛ هستی ام بوده اند و تم را که فتنه و راه رفتن را در این واوی زندگی پر از فراز و نشیب آموختند. و از تنگ تنگ افراد خانواده ام بخاطر همراهی ایشان و محبتشان کمال تقدیر و شکر را دارم.

مسبب عالی پور

دی ماه ۱۳۹۳

اگر در خور باشد تقدیم به
یکایک اعضای خانواده ام

تقدیم با بوسه بردستان پدرم:
به او که نمی دانم از بزرگی اش بگویم یا مردانگی سخاوت، سکوت، مهربانی و.....

پدرم راه تمام زندگیت

پدرم دنجوشی بهنگیت

و

مادرم که پانزشت

تمام بهاری کند.

چکیده

ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) یک گونه غیربومی در آب‌های داخلی ایران است که اطلاعات کمی درباره آن در آب‌های ایران وجود دارد. در این مطالعه، برخی ویژگی‌های زیستی این ماهی با جمع‌آوری ۳۵۵ نمونه از رودخانه بهشت‌آباد استان چهارمحال و بختیاری، با استفاده از تور گوشگیر و پرتابی، از فروردین تا اسفند ۱۳۹۲ به صورت ماهیانه مورد بررسی قرار گرفت. دامنه طول کل ماده‌ها ۱۷/۱ تا ۴۰/۲ (SD=۴/۵۴±۲۶/۰۵) سانتی‌متر و دامنه طول کل برای ماهیان نر ۱۵/۵ تا ۴۰/۳ (SD=۵/۹۳±۲۴/۹) سانتی‌متر بود. از مجموع ۳۵۵ معده مورد بررسی، ۳۹ معده خالی بود (۱۰/۹۸٪) که شاخص تهی بودن دستگاه گوارش در فصول مختلف سال اختلاف معنی‌داری نداشت. بیشترین معده‌های خالی در بهار و کمترین آن در پاییز مشاهده شد. قزل‌آلای رنگین‌کمان، ۴۵ آرایه غذایی متعلق به ۱۰ گروه مختلف را مورد مصرف قرار داد. گروه‌های شناسایی شده شامل حلقویان (کم‌تاران و زالوها)، کرم‌های پهن (تیره‌گران)، بندپایان (سخت‌پوستان، حشرات و عنکبوتیان)، نرم‌تنان (دوکفه‌ای‌ها، شکم‌پایان)، مرجان‌ها (مرجانیان) و ماهیان استخوانی بود. گونه‌های متعلق به Lamellibranchiata و Teleostei, Gastropoda, Insecta, Crustacea, Hirudinea در تمام فصول سال در معده این ماهی مشاهده شد. گونه‌های متعلق به Teleostei, Gastropoda, Insecta, Crustacea در تمامی ماه‌های سال توسط این گونه مصرف شده بود. ترکیب جیره غذایی بین دو جنس نر و ماده تفاوت مشخصی را نشان نداد و گروه‌های غذایی پرمصرف توسط هر دو جنس مشابه بود، ولی با اندازه ماهی تفاوت معنی‌داری را نشان داد. میانگین اندازه طعمه با افزایش طول ماهی افزایش یافت. در مجموع ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان دامنه وسیعی از مواد غذایی جانوری را مصرف می‌کند و بنابراین، یک گونه گوشتخوار در زنجیره غذایی به شمار می‌رود. سن ماهیان نر بالغ بین ۱⁺ تا ۴⁺ سال و ماده‌ها بین ۲⁺ تا ۵⁺ سال تخمین زده شد. بیشترین فراوانی برای جنس نر و ماده به ترتیب در سنین ۱⁺ و ۲⁺ بود. نسبت جنسی ۱ نر: ۱/۳ ماده بود. بر اساس مشاهدات ماکروسکوپی گنادها، پنج مرحله رسیدگی جنسی شامل: نابالغ، در حال رسیدگی، قادر به تخم‌ریزی، بازگشت و احیا مشاهده شد. شاخص گنادوسوماتیک نشان داد که تولید مثل این ماهی در مهر تا بهمن رخ می‌دهد و حداکثر این شاخص برای نر در شهریور و دی (۵/۵) و برای ماده در آبان و دی (۹/۱ و ۸/۵) بدست آمد. دامنه قطر تخمک در طول سال بین ۰/۱۲۵ تا ۳/۵ میلی‌متر محاسبه شد. هم‌آوری مطلق بین ۶۸۱ و ۳۸۹۰ (SD=۱۷۴±۱۸۵۹) تخمک بدست آمد. هم‌آوری نسبی بین ۱۹۰۰ و ۹۰۰۰ (SD=۳۶۰±۴۶۰) تخمک به ازای هر کیلوگرم وزن بدن بدست آمد. رابطه طول-وزن در جنس ماده بصورت $W=0.054L^{3.087}$ ($r^2=0.944$) و در جنس نر به صورت $W=0.094L^{3.063}$ ($r^2=0.96$) بود. این رابطه نشان داد که برای هر دو جنس الگوی رشد از نوع ایزومتریک است. معادله رشد وان‌برتالانفی برای جنس نر بصورت $L_t=52.04[1-e^{-1.582(t-1/85)}]$ و برای جنس ماده $L_t=46.1[1-e^{-1.461(t-1/105)}]$ محاسبه شد. شاخص عملکرد رشد برای نر ۶/۰۶ و برای ماده ۶/۱۴ بدست آمد که نشان دهنده رشد سریع‌تر ماده‌ها نسبت به نرها بود.

کلمات کلیدی: آزادماهیان، تولیدمثل، رشد، عادات غذایی، هم‌آوری، *Oncorhynchus mykiss*

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
فهرست مطالب	هشت
فهرست جداول	یازده
فهرست اشکال	دوازده
چکیده	۱
فصل اول: مقدمه	
فصل دوم: مقدمه: بررسی منابع و تعاریف	
۱-۲. زیست‌شناسی ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان	۵
۲-۲. عادت غذایی	۶
۱-۲-۲. تقسیم‌بندی ماهیان براساس عادات تغذیه‌ای	۷
۲-۲-۲. عوامل موثر در تعیین عادات غذایی یک گونه	۷
۳-۲-۲. مطالعات مربوط به تغذیه	۸
۴-۲-۲. روش‌های مورد استفاده برای تعیین مقدار ماده غذایی موجود در دستگاه گوارش	۸
۳-۲. تعیین سن در ماهیان	۱۰
۱-۳-۲. فلس	۱۱
۴-۲. تولید مثل	۱۱
۱-۴-۲. تشریح دستگاه تولیدمثل در ماهیان استخوانی	۱۱
۲-۴-۲. تعیین جنسیت	۱۲
۳-۴-۲. سن بلوغ	۱۲
۴-۴-۲. شاخص گنادوسوماتیک	۱۳
۵-۴-۲. قطر تخمک‌ها	۱۳
۶-۴-۲. هم‌آوری	۱۳
۷-۴-۲. عوامل موثر بر هم‌آوری	۱۴
۸-۴-۲. مراحل رسیدگی اندام‌های جنسی	۱۵
۵-۲. تعیین الگوهای رشد	۱۶
۶-۲. سابقه تحقیق	۱۸
فصل سوم: مواد و روش‌ها	
۱-۳. جمع‌آوری نمونه‌ها	۲۱
۲-۳. زیست‌سنجی نمونه‌ها	۲۱
۳-۳. بررسی محتویات دستگاه گوارش	۲۲
۴-۳. تعیین سن	۲۴
۵-۳. تولید مثل	۲۴
۱-۵-۳. تعیین جنسیت	۲۴

۲۴	۲-۵-۳. شاخص گنادوسوماتیک.....
۲۴	۳-۵-۳. تعیین هم آوری و قطر تخمک.....
۲۵	۶-۳. پارامترهای رشد.....
۲۵	۱-۶-۳. رابطه طول و وزن.....
۲۶	۲-۶-۳. شاخص عملکرد رشد.....
۲۶	۳-۶-۳. محاسبه ضریب وضعیت (C).....
۲۶	۷-۳. آنالیز آماری داده‌ها.....

فصل چهارم: نتایج

۲۸	۱-۴. فاکتورهای فیزیکوشیمیایی رودخانه بهشت آباد در سال ۱۳۹۲.....
۲۸	۲-۴. زیست سنجی.....
۳۱	۳-۴. ویژگی‌های تغذیه‌ای.....
۳۱	۱-۳-۴. شدت تغذیه.....
۳۲	۲-۳-۴. رژیم غذایی.....
۳۶	۳-۳-۴. تغییرات فصلی در ترکیب جیره غذایی.....
۳۹	۴-۳-۴. تغییرات در ترکیب جیره در ارتباط با ماه.....
۴۰	۵-۳-۴. تغییرات در ترکیب جیره در ارتباط با جنسیت.....
۴۳	۶-۳-۴. تغییر در ترکیب جیره در ارتباط با فصل و جنسیت.....
۴۵	۷-۳-۴. تغییر در ترکیب جیره در ارتباط با گروه‌های طولی.....
۴۸	۴-۴. تولید مثل.....
۴۸	۱-۴-۴. بلوغ جنسی.....
۴۸	۲-۴-۴. نسبت جنسی.....
۴۹	۳-۴-۴. تکامل گنادها و فصل تخم ریزی.....
۵۰	۴-۴-۴. قطر تخمک.....
۵۰	۵-۴-۴. هم آوری.....
۵۲	۶-۴-۴. رشد ماکروسکوپی گنادها.....
۵۶	۵-۴. رشد.....
۵۶	۱-۵-۴. مقایسه میانگین طول و وزن ماهیان نر و ماده در سن‌های مختلف.....
۵۶	۲-۵-۴. رابطه طول و وزن.....
۵۸	۳-۵-۴. تعیین پارامترهای رشد (L_{∞} ، K و t_0) به کمک معادله رشد برتالنفی در جنس نر.....
۵۹	۴-۵-۴. تعیین پارامترهای رشد (L_{∞} ، K و t_0) به کمک معادله رشد برتالنفی در جنس ماده.....
۶۱	۵-۵-۴. تعیین پارامترهای رشد (L_{∞} ، K و t_0) به کمک معادله رشد برتالنفی در کل جمعیت.....
۶۱	۶-۵-۴. شاخص عملکرد رشد.....
۶۱	۷-۵-۴. ضریب وضعیت.....

فصل پنجم: بحث و نتیجه‌گیری

۶۳	.....	۱-۵. فاکتورهای زیست‌سنجی
۶۴	.....	۲-۵. ویژگی‌های تغذیه‌ای
۶۴	.....	۱-۲-۵. شدت تغذیه
۶۵	.....	۲-۲-۵. رژیم غذایی
۶۷	.....	۳-۲-۵. تغییرات در ترکیب جیره غذایی در ارتباط با ماه، فصل، جنسیت و اندازه ماهی
۷۰	.....	۳-۵. تولید مثل
۷۰	.....	۱-۳-۵. سن و نسبت جنسی
۷۱	.....	۲-۳-۵. بلوغ جنسی
۷۲	.....	۳-۳-۵. تکامل گنادی و فصل تخم‌ریزی
۷۳	.....	۴-۳-۵. قطر تخمک
۷۳	.....	۵-۳-۵. هم‌آوری
۷۴	.....	۴-۵. رشد
۷۵	.....	۱-۴-۵. ضریب وضعیت
۷۵	.....	۲-۴-۵. شاخص عملکرد رشد
۷۵	.....	۵-۵. نتیجه‌گیری
۷۶	.....	۶-۵. پیشنهادها
۷۷	.....	منابع

فهرست جداول

<u>عنوان</u>	<u>صفحه</u>
جدول ۱-۴. فاکتورهای فیزیکوشیمیایی آب رودخانه بهشت آباد استان چهارمحال و بختیاری در سال ۱۳۹۲.....	۲۸
جدول ۲-۴. نمونه‌های قزل‌آلای رنگین کمان جمع‌آوری شده از رودخانه بهشت آباد استان چهارمحال و بختیاری در سال ۱۳۹۲.....	۲۹
جدول ۳-۴. طول کل (TL)، طول استاندارد (SL) و وزن در ماهیان قزل‌آلای رنگین کمان در ماه‌های مختلف، جمع‌آوری شده از رودخانه بهشت آباد استان چهارمحال و بختیاری در سال ۱۳۹۲.....	۳۰
جدول ۴-۴. ترکیب جیره غذایی ماهی قزل‌آلای رنگین کمان به همراه شاخص فرکانس حضور (F%) و شاخص عددی (N%) محاسبه شده برای هر ماده غذایی.....	۳۴
جدول ۵-۴. تغییرات فصلی شاخص فرکانس حضور (F%) و شاخص عددی (N%) گروه‌های غذایی مصرف شده توسط قزل‌آلای رنگین کمان جمع‌آوری شده از رودخانه بهشت آباد استان چهارمحال و بختیاری در سال ۱۳۹۲.....	۳۸
جدول ۶-۴. تغییرات شاخص فرکانس حضور (F%) و شاخص عددی (N%) گروه‌های غذایی مصرف شده در جنس نر و ماده قزل‌آلای رنگین کمان جمع‌آوری شده از رودخانه بهشت آباد استان چهارمحال و بختیاری در سال ۱۳۹۲.....	۴۱
جدول ۷-۴. تغییرات ترکیب جیره غذایی مصرف شده در ارتباط با فصل در جنس نر ماهی قزل‌آلای رنگین کمان جمع‌آوری شده از رودخانه بهشت آباد استان چهارمحال و بختیاری در سال ۱۳۹۲.....	۴۴
جدول ۸-۴. تغییرات ترکیب جیره غذایی مصرف شده در ارتباط با فصل بر اساس شاخص فرکانس حضور در جنس ماده ماهی قزل‌آلای رنگین کمان جمع‌آوری شده از رودخانه بهشت آباد استان چهارمحال و بختیاری در سال ۱۳۹۲.....	۴۴
جدول ۹-۴. تغییرات در شاخص فرکانس حضور (F%) و شاخص عددی (N%) هر ماده غذایی مصرف شده توسط گروه‌های مختلف طولی قزل‌آلای رنگین کمان جمع‌آوری شده از رودخانه بهشت آباد استان چهارمحال و بختیاری در سال ۱۳۹۲.....	۴۷
جدول ۱۰-۴. تغییرات ماهیانه قطر تخمک در قزل‌آلای رنگین کمان جمع‌آوری شده از رودخانه بهشت آباد چهارمحال و بختیاری در سال ۱۳۹۲.....	۵۰
جدول ۱۱-۴. کمینه، بیشینه و میانگین هم‌آوری مطلق و نسبی قزل‌آلای رنگین کمان جمع‌آوری شده از رودخانه بهشت آباد استان چهارمحال و بختیاری ۱۳۹۲.....	۵۰
جدول ۱۲-۴. مقایسه توصیفی طول و وزن ماهی قزل‌آلای رنگین کمان در سنین مختلف در رودخانه بهشت آباد چهارمحال و بختیاری در سال ۱۳۹۲.....	۵۶
جدول ۱۳-۴. پارامترهای رشد برتالانفی و شاخص عملکرد رشد در جنس نر، ماده و کل جمعیت قزل‌آلای رنگین کمان قزل-آلای رنگین کمان در رودخانه بهشت آباد استان چهارمحال و بختیاری در سال ۱۳۹۲.....	۶۱

فهرست اشکال

<u>عنوان</u>	<u>صفحه</u>
شکل ۱-۲. نمونه‌های قزل‌آلای رنگین‌کمان جمع‌آوری شده از رودخانه بهشت‌آباد استان چهارمحال و بختیاری در سال ۱۳۹۲.....	۶
شکل ۱-۳. موقعیت منطقه مورد بررسی در استان چهارمحال و بختیاری.....	۲۲
شکل ۱-۴. تعداد نمونه‌های قزل‌آلای رنگین‌کمان در ماه‌های مورد بررسی، جمع‌آوری شده از رودخانه بهشت‌آباد استان چهارمحال و بختیاری در سال ۱۳۹۲.....	۲۹
شکل ۲-۴. توزیع فراوانی و دامنه طولی نمونه‌های قزل‌آلای رنگین‌کمان جمع‌آوری شده از رودخانه بهشت‌آباد استان چهارمحال و بختیاری در سال ۱۳۹۲.....	۲۹
شکل ۳-۴. فراوانی سنی ماهیان قزل‌آلای رنگین‌کمان جمع‌آوری شده از رودخانه بهشت‌آباد استان چهارمحال و بختیاری در سال ۱۳۹۲.....	۳۰
شکل ۴-۴. تغییرات فصلی شاخص تهی بودن دستگاه گوارش قزل‌آلای رنگین‌کمان جمع‌آوری شده از رودخانه بهشت‌آباد استان چهارمحال و بختیاری در سال ۱۳۹۲. خطوط عمودی: خطای معیار، n: تعداد نمونه.....	۳۱
شکل ۵-۴. تغییرات ماهیانه شاخص معدی قزل‌آلای رنگین‌کمان جمع‌آوری شده از رودخانه بهشت‌آباد استان چهارمحال و بختیاری در سال ۱۳۹۲. خطوط عمودی: انحراف معیار.....	۳۱
شکل ۶-۴. تغییرات ماهیانه شاخص معدی در جنس نر و ماده قزل‌آلای رنگین‌کمان جمع‌آوری شده از رودخانه بهشت‌آباد استان چهارمحال و بختیاری در سال ۱۳۹۲. خطوط عمودی: خطای معیار.....	۳۲
شکل ۷-۴. ذرات غذایی موجود در دستگاه گوارش قزل‌آلای رنگین‌کمان. الف: Hydra، ب: Corixidae، ج: Erpobdellidae، د: Valvatidae، ه: Gomphidae، و: Zygoptera، ز: Lamellibranchiata، ح: Cyprinodontidae، ط: Hydropsychidae.....	۳۳
شکل ۸-۴. تغییرات فصلی شاخص فرکانس حضور گروه‌های غذایی مصرف شده توسط قزل‌آلای رنگین‌کمان جمع‌آوری شده از رودخانه بهشت‌آباد استان چهارمحال و بختیاری در سال ۱۳۹۲.....	۳۷
شکل ۹-۴. تغییرات فصلی درصد اهمیت نسبی گروه‌های غذایی مصرف شده توسط قزل‌آلای رنگین‌کمان جمع‌آوری شده از رودخانه بهشت‌آباد استان چهارمحال و بختیاری در سال ۱۳۹۲.....	۳۷
شکل ۱۰-۴. تغییرات شاخص فرکانس حضور گروه‌های غذایی مصرف شده در جنس نر و ماده قزل‌آلای رنگین‌کمان صید شده در رودخانه بهشت‌آباد استان چهارمحال و بختیاری در سال ۱۳۹۲.....	۴۱
شکل ۱۱-۴. تغییرات ترکیب جیره غذایی مصرف شده در ارتباط با فصل بر اساس شاخص فرکانس حضور در جنس نر قزل‌آلای رنگین‌کمان جمع‌آوری شده از رودخانه بهشت‌آباد استان چهارمحال و بختیاری در سال ۱۳۹۲.....	۴۳
شکل ۱۲-۴. تغییرات ترکیب جیره غذایی مصرف شده در ارتباط با فصل بر اساس شاخص فرکانس حضور در جنس ماده قزل‌آلای رنگین‌کمان جمع‌آوری شده از رودخانه بهشت‌آباد استان چهارمحال و بختیاری در سال ۱۳۹۲.....	۴۴
شکل ۱۳-۴. تغییرات ترکیب جیره غذایی مصرف شده در ارتباط با گروه‌های طولی بر اساس شاخص فرکانس حضور در قزل‌آلای رنگین‌کمان جمع‌آوری شده از رودخانه بهشت‌آباد استان چهارمحال و بختیاری در سال ۱۳۹۲.....	۴۶

- شکل ۴-۱۴. تغییرات ماهیانه شاخص گنادوسوماتیک در جنس ماده (الف) و جنس نر (ب) قزل‌آلای رنگین‌کمان جمع‌آوری شده از رودخانه بهشت‌آباد استان چهارمحال و بختیاری در سال ۱۳۹۲. ماه‌های دارای حروف مشابه فاقد اختلاف معنادار هستند..... ۴۹
- شکل ۴-۱۵. رابطه بین هم‌آوری و سن در قزل‌آلای رنگین‌کمان جمع‌آوری شده از رودخانه بهشت‌آباد استان چهارمحال و بختیاری در سال ۱۳۹۲..... ۵۱
- شکل ۴-۱۶. رابطه بین هم‌آوری و طول کل در قزل‌آلای رنگین‌کمان جمع‌آوری شده از رودخانه بهشت‌آباد استان چهارمحال و بختیاری در سال ۱۳۹۲..... ۵۱
- شکل ۴-۱۷. رابطه بین هم‌آوری و وزن کل در قزل‌آلای رنگین‌کمان جمع‌آوری شده از رودخانه بهشت‌آباد استان چهارمحال و بختیاری در سال ۱۳۹۲..... ۵۲
- شکل ۴-۱۸. گناد در مرحله نابالغ در ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان جمع‌آوری شده از رودخانه بهشت‌آباد استان چهارمحال و بختیاری در سال ۱۳۹۲..... ۵۲
- شکل ۴-۱۹. تخمدان (الف) و بیضه (ب) مرحله در حال توسعه در قزل‌آلای رنگین‌کمان جمع‌آوری شده از رودخانه بهشت‌آباد استان چهارمحال و بختیاری در سال ۱۳۹۲..... ۵۳
- شکل ۴-۲۰. تخمدان (الف) و بیضه (ب) مرحله بلوغ نهایی در قزل‌آلای رنگین‌کمان جمع‌آوری شده از رودخانه بهشت‌آباد استان چهارمحال و بختیاری در سال ۱۳۹۲..... ۵۴
- شکل ۴-۲۱. تخمدان (الف) و بیضه (ب) مرحله بازگشت در قزل‌آلای رنگین‌کمان جمع‌آوری شده از رودخانه بهشت‌آباد استان چهارمحال و بختیاری در سال ۱۳۹۲..... ۵۵
- شکل ۴-۲۲. رابطه طول-وزن در جنس ماده قزل‌آلای رنگین‌کمان جمع‌آوری شده از رودخانه بهشت‌آباد استان چهارمحال و بختیاری در سال ۱۳۹۲..... ۵۷
- شکل ۴-۲۳. رابطه طول-وزن در جنس نر قزل‌آلای رنگین‌کمان جمع‌آوری شده از رودخانه بهشت‌آباد استان چهارمحال و بختیاری در سال ۱۳۹۲..... ۵۷
- شکل ۴-۲۴. رابطه طول-وزن در کل نمونه‌های قزل‌آلای رنگین‌کمان جمع‌آوری شده از رودخانه بهشت‌آباد استان چهارمحال و بختیاری در سال ۱۳۹۲..... ۵۸
- شکل ۴-۲۵. برآورد طول بی‌نهایت بر اساس طرح فورد-والفورد در جنس نر قزل‌آلای رنگین‌کمان جمع‌آوری شده از رودخانه بهشت‌آباد استان چهارمحال و بختیاری در سال ۱۳۹۲..... ۵۸
- شکل ۴-۲۶. رابطه سن و $-\ln(1-L_t/L_{\infty})$ در جنس نر قزل‌آلای رنگین‌کمان جمع‌آوری شده از رودخانه بهشت‌آباد استان چهارمحال و بختیاری در سال ۱۳۹۲..... ۵۹
- شکل ۴-۲۷. برآورد طول بی‌نهایت بر اساس طرح فورد-والفورد در جنس ماده قزل‌آلای رنگین‌کمان جمع‌آوری شده از رودخانه بهشت‌آباد استان چهارمحال و بختیاری در سال ۱۳۹۲..... ۶۰
- شکل ۴-۲۸. رابطه سن و $-\ln(1-L_t/L_{\infty})$ در جنس ماده قزل‌آلای رنگین‌کمان جمع‌آوری شده از رودخانه بهشت‌آباد استان چهارمحال و بختیاری در سال ۱۳۹۲..... ۶۰
- شکل ۴-۲۹. تغییرات ماهیانه ضریب وضعیت در جنس ماده (الف) و جنس نر (ب) قزل‌آلای رنگین‌کمان. خطوط عمودی: انحراف معیار..... ۶۲

فصل اول

مقدمه

ماهیان اهمیت زیادی در زندگی انسان‌ها دارند. گوشت ماهی به عنوان یک منبع غنی پروتئین به شمار رفته و با قابلیت هضم بالا و ارزش زیستی مطلوب، روند رشد بالایی در مصارف انسانی دارد. ماهیان همچنین برخی از فرآورده‌های مفید دیگر را تأمین می‌کنند و در افزایش درآمد اقتصادی برخی ملل نقش دارند [۹۲]. شناخت، بررسی زیست‌شناسی و بوم‌شناسی گونه‌های مختلف ماهیان در یک اکوسیستم آبی سبب حفظ و بازسازی ذخایر آنها شده و در این راستا تمامی گونه‌ها (اقتصادی و غیراقتصادی) به دلیل نقش‌شان در اکوسیستم‌های آبی از اهمیت و ارزش زیادی برخوردارند [۵]. زیست‌شناسی ماهی‌ها به مطالعه ریخت‌سنجی، ارتباط وزن و طول، ضریب کیفیت، رشد، تکثیر، تغذیه و عادت‌های غذایی ماهی می‌پردازد [۲۶]. بدون شناخت از زیست‌شناسی ماهی‌ها برنامه‌ریزی و تدوین برنامه‌های شیلاتی جهت آبرزی‌پروری و تکثیر و رهاسازی انواع گونه‌ها جهت بازسازی ذخایر موفق نخواهد بود [۲].

بررسی ماهیان از ضروری‌ترین ابعاد مطالعات اکوسیستم‌های آبی محسوب می‌شود. از اساسی‌ترین قدم‌ها در بررسی گونه‌ها، شناخت ویژگی‌های فیزیولوژیک، دانستن رژیم غذایی گونه‌های مورد مطالعه [۲۱] و شناخت برهمکنش میان گونه‌های غیربومی و بومی برای مدیریت مناسب آبریان است. مطالعه ترکیب غذایی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است، زیرا برهم‌کنش غذایی بین گونه‌ها (رقابت‌کننده و شکارچی) یک مکانیسم مهم در تعیین پراکنش جوامع آبرزی است [۳۳، ۶۰]. آنالیز محتویات معده راه مناسبی برای مطالعه ترکیب رژیم غذایی ماهیان وحشی است [۴۶].

رشد و تولیدمثل از جنبه‌های مهم زیست‌شناسی یک گونه محسوب می‌شود تا حدی که بقاء و فراوانی افراد به آن وابسته است [۱۰۶]. مطالعات در زمینه شناخت الگوهای تولیدمثلی و رفتارهای مربوطه در طی سال‌های اخیر رو به رشد بوده و استفاده از تکنیک‌ها و روش‌های جدید علمی عامل مؤثری در تسریع این روند بوده است [۱۳]. مطالعه فرایند تولیدمثل صرف نظر از کاربرد در علم ارزیابی ذخایر، بهره‌برداری از الگوهای طبیعی در تکثیر و پرورش آبریان را نیز فراهم می‌آورد [۲]. در واقع موفقیت در تولید مثل مهمترین امری است که می‌تواند سازگاری فرد یا جمعیت را در مسیر تکاملی نمایان سازد که خود بستگی به زمان و مکان تولیدمثل و اختصاص انرژی به آن دارد. لازمه ارزیابی پتانسیل تولیدمثلی ذخایر ماهی، شناخت خصوصیات تولیدمثلی آن و مکانیسم مورد استفاده آن می‌باشد. برخی از خصوصیات که مکانیسم و استراتژی تولیدمثل یک گونه را القاء می‌کنند شامل هم‌آوری، زمان بندی

تخم‌ریزی، رفتارهای جنسی، اندازه در زمان بلوغ، بقای لاروها و چرخه فصلی و سالانه تخم‌ریزی است [۸۹]. بسیاری از این خصوصیات به دلیل حضور جمعیت‌های مختلف در شرایط زیستی متفاوت، تفاوت‌های زمانی و مکانی نشان می‌دهد [۷۳ و ۸۵] و از آنجا که ماهیان نشان دهنده تنوع شرایط محیطی در چرخه زندگی خودشان است [۸۸]، می‌توان با مطالعه آنها در محیط‌های اصلی زندگی‌شان اطلاعات مفیدی در زمینه رفتارهای فردی و اجتماعی، تغذیه، رشد، تولیدمثل و سایر مسائل بوم‌شناختی بدست آورد [۱۳].

بسیاری از ماهیان در سراسر زندگی به رشد خود ادامه می‌دهند، بنابراین، رشد یکی از جنبه‌های زیستی ماهی است که بیش از سایر مباحث مورد مطالعه قرار گرفته است، زیرا رشد شاخص خوبی برای تعیین سلامت افراد یک جمعیت و جمعیت‌های ماهیان است [۶]. مطالعه سن و رشد نمونه‌ها در یک جمعیت برای درک زیست‌شناسی عمومی گونه‌ها و به خصوص پویایی جمعیت، پایه‌ای و اساسی است. برای گونه‌هایی که در معرض بهره‌برداری قرار دارند، اطلاعات در مورد ساختار سنی برای تخمین نرخ مرگ و میر، تعیین سن در اولین صید و سن در اولین رسیدگی جنسی و نیز برای ارزیابی ذخایر ضروری هستند. بنابراین، داده‌های مربوط به رشد به عنوان یکی از ابزارهای مؤثر در مدیریت شیلاتی محسوب می‌شود [۲۰].

آزادماهیان از خانواده Salmonidae و راسته Salmoniformes هستند. این خانواده دارای هشت جنس می‌باشد که در آب‌های سرد و شفاف با اکسیژن بالا زیست کرده و از حشرات آبی و ماهیان تغذیه می‌نمایند. در این خانواده ماهیان رود کوچ^۱ وجود دارند که برای تخم‌ریزی از دریا وارد آب شیرین می‌شوند، به‌علاوه ماهیان مهاجر رود^۲ نیز در بین آنها یافت می‌شوند که در رودخانه‌ها و دریاچه‌ها زندگی می‌کنند و در همان محل نیز مهاجرت-هایی به قسمت‌های بالاتر داشته و تخم‌ریزی می‌نمایند [۵].

ورود ماهیان غیربومی به آب‌های شیرین می‌تواند ساختار و عملکرد اکوسیستم آن را تهدید کند و به عنوان یک اتفاق خطرناک برای اکوسیستم گیرنده به حساب می‌آید [۶۴] که منجر به کاهش جمعیت ماهیان بومی به دلیل شکار، رقابت برای مواد غذایی و زیستگاه می‌شود [۶۴]. آبی‌پروری به طور فزاینده‌ای جایگاه مهمی در پرورش حیوانات بدست آورده است [۳۸] و به سرعت در حال توسعه در سراسر جهان، بخصوص برای آزادماهیان و قزل‌آلا است که یک مسیر مهم برای استقرار ماهیان غیربومی فراهم می‌کند. فرار آزادماهیان پرورشی در طول عملیات روزمره (فرار تصادفی مربوط به جابجایی ماهی) و یا در نتیجه حوادث شدیدتر مانند طوفان یا آسیب شکارچیان و درندگان به سازه‌ها رخ می‌دهد. در نتیجه افزایش تعداد کارگاه‌های پرورش ماهی هر ساله ماهیانی به اکوسیستم آب شیرین وارد می‌شوند. آزادماهیان وارد شده به اکوسیستم‌های آب شیرین موجب کاهش جمعیت‌های طبیعی آزادماهیان نیمکره شمالی شده است، همچنین در نیمکره جنوبی نیز اثرات منفی بر ماهیان بومی داشته است. آبی-پروری مدرن برای آزادماهیان از سال ۱۹۸۰ شروع شد و بیشترین سهم مربوط به قزل‌آلای رنگین‌کمان

۱- Anadromous

۲- Potamodromous

Oncorhynchus mykiss و سپس آزادماهی اطلس *Salmo salar*، کوهو *Oncorhynchus kisutch* و چینوک *Oncorhynchus tshawytscha* بوده است [۱۹].

اگرچه اطلاعاتی در مورد خصوصیات زیست شناختی گونه قزل‌آلای رنگین‌کمان از جمله ویژگی‌های تولید مثلی، عادات غذایی و رشد در منابع آبی کشورهای دیگر و جود دارد، اما بسیاری از این خصوصیات برای این گونه در آب‌های ایران ناشناخته است. در کشور ما اطلاعات موجود در ارتباط با پرورش و تولید مثل این ماهی مربوط به شرایط اسارت است.

هدف از این مطالعه دستیابی به اطلاعات زیست‌شناسی این ماهی در محیط‌های طبیعی می‌باشد. بدین منظور، عادات غذایی گونه با بررسی محتویات معده و اندازه‌گیری برخی شاخص‌های تغذیه‌ای مانند شاخص فرکانس حضور، شاخص عددی، درصد اهمیت نسبی و شاخص تهی بودن در ارتباط با جنس، ماه و فصل بررسی شد. همچنین، عادات تولیدمثلی مانند هم‌آوری مطلق و نسبی و همبستگی آن با طول، وزن، و سن، رسیدگی جنسی و زمان تولید مثل با استفاده از اندازه‌گیری شاخص گنادی^۱ (GSI) و اطلاعات پایه در ارتباط با سن، الگوی رشد و پارامترهای رشد برتالنفی، صورت گرفت. از این اطلاعات می‌توان برای بررسی جایگاه و نقش این گونه در اکوسیستم‌های طبیعی و خسارات یا منافع احتمالی آن برای این اکوسیستم‌ها استفاده نمود.

۱- Gonadosomatic Index

فصل دوم

کلیات و بررسی منابع

۱-۲. زیست‌شناسی قزل‌آلای رنگین‌کمان

این ماهی دارای یک نوار پهن به صورت رنگین‌کمان در طرفین بدن می‌باشد. بر روی سر، بدن، پشت، باله چربی و باله دمی این ماهی لکه‌های تیره رنگ دیده می‌شوند. حداکثر طول آن به ۷۰ سانتی‌متر و وزن بدن به ۷ کیلوگرم می‌رسد. از سال ۱۸۸۰ دو نوع از این ماهیان از آمریکای شمالی به سایر نقاط دنیا انتقال یافته‌اند. ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان که یک ماهی رودرو می‌باشد، یعنی تمامی مهاجرت‌های تولیدمثلی خود را در آب شیرین انجام می‌دهد. این ماهی در سواحل غربی شمال آمریکا زندگی می‌کند. دوره تخم‌ریزی از ماه‌های آخر زمستان تا اواخر بهار و تعداد تخم‌ها بین ۱ تا ۵ هزار عدد است [۱۳]. قزل‌آلای رنگین‌کمان ماهی پرورشی مهمی است که به طور گسترده‌ای وارد آب‌های سرد دنیا شده است (شکل ۱-۲). قزل‌آلای رنگین‌کمان در سال ۱۹۶۰ از اروپا وارد ایران شد و تقریباً تمام مزارع تکثیر و پرورش ماهیان سردآبی کشور را به اشغال خود درآورد. کارگاه‌های تکثیر مصنوعی این ماهی سالیانه میلیون‌ها قطعه بچه ماهی انگشت‌قد را پرورش داده و توزیع می‌کنند [۱۰].

محدوده زیستگاه اصلی قزل‌آلای رنگین‌کمان از رودخانه کاسکو کوئیم^۱ در آلاسکا به سمت جنوب ادامه می‌یابد و با عبور از بخش بریتیش کلمبیا به منطقه باجا^۲ در کالیفرنیا می‌رسد. این ماهی اصولاً بومی رودخانه‌های سواحل شمال غرب آمریکا است، اما در کناره شرقی انشعاب اصلی در آب‌های سخت رودخانه بریتیش کلمبیا و آتاباسکا^۳ (در آلبرتا) نیز وجود دارد. جمعیتی از این ماهی نیز به صورت بومی در استان چی‌هواها^۴ در کشور مکزیک وجود دارد. ماهیان نژاد مهاجر عموماً از نژاد غیرمهاجر که تمام دوره زندگی خود را در رودخانه سپری می‌کنند، بزرگ‌تر هستند [۸].

۱- Kuskokwim

۲- Baja

۳- Athabasca

۴- Chihuahua



شکل ۱-۲. نمونه‌های قزل‌آلای رنگین کمان جمع‌آوری شده از رودخانه بهشت‌آباد استان چهارمحال و بختیاری در سال ۱۳۹۲.

۲-۲. عادت غذایی

مطالعه در مورد تغذیه یک گونه کلید اصلی در شناخت بسیاری از جنبه‌های زیست‌شناسی، اکولوژی، فیزیولوژی و رفتاری آن گونه می‌باشد که به کمک آن می‌توان جایگاه تغذیه‌ای گونه در اکوسیستم، عادات تغذیه‌ای آن و ارتباط و هم‌بستگی‌اش با دیگر گونه‌ها را درک کرد [۴۳]. مطالعات غذا و عادات غذایی ماهیان دارای اهمیت زیادی است که نیاز به کار صحرایی و آزمایشگاهی فراوانی دارد. مشاهده مستقیم عادات غذایی ماهیان در محیط طبیعی در واقع غیرممکن است، بنابراین بهترین و دقیق‌ترین راه تحقیق ماهیت غذایی یک ماهی، آزمایش محتویات دستگاه گوارش می‌باشد. در ضمن هر ماده‌ای که در روده یافت می‌شود را نمی‌توان به عنوان غذا در نظر گرفت [۲۵].

با آنالیز محتویات معده که برای توصیف جیره غذایی نمونه‌های ماهی متعلق به یک جمعیت صورت می‌گیرد، می‌توان هم‌پوشانی آشیان اکولوژیکی و رقابت بین شکارچیان و روابط متقابل درون‌گونه‌ای و بین‌گونه‌ای را مورد بررسی قرار داد و نقش یک گونه در زنجیره غذایی را مشخص نمود [۴۹]. این آنالیزها بطور گسترده برای تعیین ترکیب غذا، استراتژی‌های تغذیه‌ای، موقعیت تغذیه‌ای، جریان انرژی، ساختار تغذیه‌ای و تفکیک تغذیه شکار و شکارچی استفاده می‌شود [۴۵، ۱۰۲]. این روش دارای مشکلات و محدودیت‌هایی به شرح ذیل می‌باشد:

- ۱) شناسایی تاکسونومیک طعمه‌ها به دلیل فرایند هضم دشوار است و یا در مورد بعضی از اجزای جیره مثل دتریتوس‌ها تعیین کمیت آنها دشوار است [۵۰، ۸۵].
- ۲) ماهی در زمان صید و یا هنگام تثبیت در فرمالین، اغلب آخرین غذایش را در نتیجه یک شک پی در پی بالا می‌آورد [۲۵].

۳) هر نوع موادی که در دستگاه گوارش پیدا می‌شود نمی‌تواند غذا در نظر گرفته شود. برای مثال در شکم *Labeo* *dero* که یک کفزی‌خوار است ذره‌های شن با کمیت بالایی یافت می‌شود که نمی‌تواند غذای ماهی محسوب شود و غیرقابل هضم باقی می‌ماند [۲۴]. علیرغم محدودیت‌هایی که وجود دارد، این روش کاربرد وسیعی در پی بردن به غذا و عادات غذایی گونه‌های ماهیان دارد [۲۵].

۲-۲-۱. تقسیم‌بندی ماهیان براساس عادات تغذیه‌ای

براساس غذای خورده شده، گونه‌های ماهیان به صورت زیر تقسیم‌بندی می‌شوند [۱۴]:

(۱) گیاهخواران^۱: این دسته کمتر از ۵٪ ماهیان استخوانی را در بر می‌گیرند و شامل چراکنندگان انتخابی که فقط گیاه می‌خورند و چراکنندگان کمتر انتخابی می‌باشد.

(۲) پوده‌خواران^۲: این دسته ۵ تا ۱۰٪ همه گونه‌های ماهیان را در بر می‌گیرند و از مواد آلی در حال تجزیه تغذیه می‌کنند.

(۳) گوشتخواران^۳: ماهیان گوشتخوار خود به چند دسته تقسیم می‌شوند که شامل تغذیه‌کنندگان از بی‌مهرگان کفزی، ماهی‌خواران و زئوپلانکتون‌خواران می‌باشد. ۸۵٪ گونه‌های ماهیان در این دسته قرار دارند، مانند قزل‌آلا.

(۴) همه‌چیزخواران^۴: ماهیان همه‌چیزخوار مثل کپور ماهیان، این گروه از طعمه‌های گیاهی و جانوری مصرف می‌کنند [۲۵].

۲-۲-۲. عوامل موثر در تعیین عادات غذایی یک گونه

عوامل متعددی در تعیین عادات تغذیه‌ای یک گونه ماهی نقش دارد. در حقیقت می‌توان گفت تغییر در عادات غذایی یک گونه تحت تأثیر عوامل متعددی از جمله زمان و مکان می‌باشد. مانند عمقی که گونه مورد نظر در آن زیست می‌کند و ساعتی از روز یا فصلی از سال که تغذیه می‌کند، هم‌چنین عواملی مثل سن و اندازه ماهی، فراوانی و تنوع گونه‌های موجود در محل زندگی و ریخت‌شناسی یک گونه از عوامل تأثیرگذار بر تغییر عادات تغذیه‌ای آن گونه است [۷۲]. در ارتباط با خصوصیات ریخت‌شناسی، مثلاً اندازه بدن یکی از مهمترین ویژگی‌هایی است که انتخاب غذا در موجودات را تحت تأثیر قرار می‌دهد [۶۲]. ویژگی‌های ریخت‌شناسی و توانایی‌های مرتبط با سیستم تغذیه‌ای، مثل اندازه حفره دهانی، توانایی گرفتن غذا [۴۹]، دستکاری و قدرت مکش شکارچیان [۳۰] با افزایش اندازه شکارچی، افزایش می‌یابد. هم‌زمان با رشد یک گونه و افزایش اندازه آن، نسبت حضور طعمه‌های کوچک در جیره غذایی کاهش و نسبت حضور طعمه‌های بزرگ افزایش می‌یابد تا ماهی بتواند انرژی به ازای هر واحد تلاش را بهینه کند. داشتن چشم‌های بزرگ به عنوان یک سازگاری مورفولوژیک دیگر در برخی گونه‌ها است [۷۲]. حالت و تعداد دندان‌ها، موقعیت دهان، طول نسبی روده، تعداد و ارتفاع خوارهای آبششی از دیگر خصوصیات مورد استفاده در تعیین رژیم تغذیه‌ای یک گونه می‌باشد. مثلاً خارهای آبششی در ماهیان نقش هدایت‌کننده‌ای در تعیین اندازه ذرات غذایی خورده شده توسط ماهی دارد. ساختار و تعداد خارها دارای ارتباط نزدیکی با رفتار تغذیه‌ای می‌باشد و ممکن است با رشد ماهی تغییر کند [۶۸]. ماهیانی با خارهای متعدد و کشیده فیلترکنندگان کارآمد می‌باشند، در حالی که گونه‌هایی با خارهای کوتاه عمدتاً همه‌چیزخوار و گوشت‌خوار هستند [۶۵]. محل قرارگیری دهان در ماهیانی که غذا را از ستون آب می‌گیرند مثل آزاد ماهیان در نوک پوزه است ولی در ماهیان خاویاری که غذا را از کف بستر می‌-

۱-Herbivorous
۲-Detritivorous
۳-Carnivorous
۴-Omnivorous

گیرند در موقعیت شکمی است. شکل و فرم بدن در ماهیان شکارچی (ماهی آزاد و قزل آلا) دوکی شکل و شبیه زبردریایی است و در ماهیان غیرشکارچی (کپور معمولی و سیم) بدن تقریباً تخت و از طرفین فشرده می‌باشد. شکل دندان‌ها در ماهیان مخروطی (ساده یا نوک‌دار) و در ماهیان گیاهخوار و ماهیانی که مواد غذایی را خرد می‌کنند، پهن و سنگ‌فرشی می‌باشد [۶].

۲-۲-۳. مطالعات مربوط به تغذیه

مطالعات مربوط به تغذیه در دو گروه اساسی خلاصه می‌شوند:

۱) مطالعاتی که جیره غذایی جمعیتی از ماهیان را با هدف تعیین جایگاه تغذیه‌ای^۱ آنها مورد بررسی قرار می‌دهند. چنین مطالعاتی تغییرات فصلی در رژیم تغذیه‌ای را مد نظر قرار داده و یا رژیم تغذیه‌ای زیرگروه‌های مختلف گونه‌های مشابه، مثلاً رده‌های سنی یا گونه‌های مختلفی که در مکان‌های مشابه یا مکان‌هایی که قابل مقایسه باشند، را مقایسه می‌کنند. در هر دو حالت هدف این است که مشخص کنند که آیا رقابت برای غذا وجود دارد یا نه. هم‌چنین مطالعاتی که شدت تغذیه یک جمعیت ماهی در طول روز را پایش می‌کند تا آهنگ تغذیه‌ای^۲ را مشخص کند، نیز شامل می‌شود [۹۹].

۲) مطالعاتی که مقدار کل غذای مصرف شده توسط یک جمعیت ماهی را تخمین می‌زند. این مطالعات محاسبات مربوط به مقدار غذای مصرفی روزانه یا بودجه انرژی که براساس بررسی‌های آزمایشگاهی یا میدانی است، را در بر می‌گیرد [۹۹].

۲-۲-۴. روش‌های مورد استفاده برای تعیین مقدار ماده غذایی موجود در دستگاه گوارش

روش‌های متعددی برای بررسی محتویات و تعیین مقدار ماده غذایی موجود در دستگاه گوارش وجود دارد که هیچ یک از این روش‌ها دارای دقت و صحت کافی جهت پاسخگویی به جنبه‌های کمی و کیفی تغذیه نمی‌باشند، هم‌چنین زمان‌بر و خسته‌کننده می‌باشند [۸۷]. به این دلیل که کاربرد یکی از این روش‌ها به تنهایی امکان‌پذیر نیست، ترکیبی از این روش‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد [۱۱]. بسیاری از محققین از جمله هیسلوپ^۳ (۱۹۸۰) و بوان^۴ (۱۹۸۳) چهار روش اصلی را مورد بحث و بررسی قرار دادند که شامل روش وزن‌سنجی، حجم‌سنجی، عددی و وقوع (حضور مواد غذایی) می‌باشد [۴۹].

روش وزن‌سنجی^۵: روش وزن‌سنجی اهمیت یک ذره طعمه را بر اساس میزان انرژی نشان می‌دهد. در این روش وزن خشک یا تر مواد غذایی موجود در معده یا روده تعیین می‌شود. در مواردی که مقدار مواد غذایی موجود در دستگاه گوارش زیاد باشد، وزن‌تر معیار مناسب‌تری می‌باشد. برای تخمین وزن تر نمونه‌ها، آب سطحی ذرات غذایی باید

۱- Nutritional standing

۲- Feeding periodicity

۳- Hyslop

۴- Bowen

۵- Gravimetric metod