Archive of SID
محیط زیست طبیعی، منابع طبیعی ایران، دوره۷۳، شماره ۱، بهار ۱۳۹۹
صفحات ۱۸۵ تا ۱۹۷

ارزیابی میزان نیتروژن، فسفر و کربن آزاد شده به اکوسیستم ناشی از پرورش قزل‌آلای رنگین کمان (*Oncorhynchus mykiss*) در قفس‌های دریایی واقع در استان مازندران

سعید یزدانی[۱]؛ حامد رفیعی[۲]* و محمدرضا رمضانی[۳]

۱- استاد گروه اقتصاد کشاورزی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

۲- استادیار گروه اقتصاد کشاورزی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

۳- دانشجوی دوره کارشناسی ارشد اقتصاد کشاورزی دانشکد ه کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

(تاریخ دریافت ۹۸/۰۳/۰۳-تاریخ پذیرش ۹۸/۰۴/۰۶)

چکیده:

سیستم پرورش ماهی در قفس‌های دریایی به این دلیل که یک سیستم باز تلقی می‌شود، در صورت عدم استفاده بهینه از نهاده‌ها به ویژه غذای ماهیان می‌تواند موجب انتشار مقادیر قابل توجهی آلاینده به اکوسیستم دریایی شود. با این وجود، بررسی و اندازه‌گیری اثرات جانبی پرورش ماهی در قفس به همراه ارائه راهکارهایی برای استفاده بهینه از غذای ماهیان، می‌تواند به عنوان ابزاری موثر برای کاهش پیامدهای جانبی این سیستم به کار گرفته شود. از این رو بررسی حاضر با هدف اندازه‌گیری میزان نیتروژن، فسفر و کربن به عنوان مهم‌ترین آلاینده‌های آزاد شده به اکوسیستم دریایی ناشی از پرورش قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) در قفس و ارائه پیشنهادهایی برای کاهش انتشار این آلاینده‌ها در سطح استان مازندران انجام شده است. در فصل پرورشی ۹۶-۱۳۹۵ تعداد ۹ مزرعه فعال پرورش ماهی در قفس در این استان وجود داشته است که میزان انتشار آلاینده‌ها به محیط آبی در هر یک از مزارع، با روشی غیر مستقیم ارزیابی شد. بر پایه نتایج، به ازای هر تن ماهی قزل‌آلای تولید شده در قفس‌های پرورش ماهی به طور میانگین ۷۳/۹۷۹ کیلوگرم نیتروژن، ۱۳/۸۹۳ کیلوگرم فسفر و ۴۸۸/۳۵۳ کیلوگرم کربن به محیط آزاد شده است. نرخ تبدیل غذایی (نسبت غذای داده شده به ماهیان به میزان ماهی تولید شده) نیز بین ۴-۰/۸۹۷ با میانگین ۱/۲۴۹ بود که حاکی از تغییرات شدید کارایی تغذیه است. بر اساس یافته‌ها ضعف دانش فنی قفس‌داران به خصوص در انتخاب زمان مناسب شروع و پایان دوره و مدیریت تغذیه میزان آلاینده‌های آزاد شده به محیط را افزایش خواهد داد.

کلید واژگان: قزل‌آلای رنگین کمان، پرورش در قفس، انتشار آلاینده‌ها، نرخ تبدیل غذایی، استان مازندران

*نویسنده مسئول؛ تلفن: ۰۲۶۳۲۲۴۷۷۸ ایمیل: Hamedrefiee@ut.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

۱. مقدمه

با توجه به اهمیت تامین امنیت غذایی و تلاش دولت‌ها در به کارگیری حفظ سلامت شهروندان خود، همواره با افزایش میزان مصرف سرانه آبزیان در دنیا مواجه بوده‌ایم. روند افزایشی تقاضا برای ماهیان و فرآورده‌های آن باعث شده تا پاسخ به تقاضای جهانی تنها با اتکا به ذخایر طبیعی ماهی امکان‌پذیر نباشد به گونه‌ای که سهم ماهیان پرورشی از کل ماهیان مصرفی در جهان از ۲۸ درصد در سال ۱۹۹۵ به بیش از ۵۰ درصد در سال ۲۰۱۶ افزایش یافته و به رقم ۸۰ میلیون تن در سال رسیده است (FAO, 2018). سیستم‌های مختلف پرورشی نیز به منظور پرورش آبزیان به کار گرفته شده‌اند؛ اما کمیابی و افزایش قیمت زمین به دلیل استفاده‌های صنعتی باعث شده تا انسان‌ها به سیستم‌های پرورش در قفس‌های دریایی روی بیاورند (Iliyasu *et al.*, 2016). پرورش ماهی در قفس یک سیستم پرورشی است که طی آن پرورش‌دهندگان با استقرار قفس‌های به نسبت بزرگ در محیط‌های آبی مانند دریاها، دریاچه‌ها و پشت سدها اقدام به پرورش ماهی می‌کنند. برتری‌هایی همچون استفاده از منابع آبی موجود و حذف هزینه آب مصرفی، نیاز به سرمایه کمتر در مقایسه با سایر سیستم‌های پرورشی، برداشت آسان ماهی و ایجاد ظرفیت‌های شغلی موجب شده تا سیستم پرورش ماهی در قفس به یکی از پر طرفدارترین سیستم‌های پرورشی در دنیا تبدیل شود (Chen *et al.*, 2007; Mbowa *et al.*, 2017).

اما پرورش آبزیان همواره با اثرات مطلوب و نامطلوب همراه بوده است که ضرورت توجه به پیامدهای محیط زیستی آبزی‌پروری در کنار توجه به اهمیت اقتصادی آن را گوش‌زد می‌کند. صنعت پرورش ماهی در قفس نیز با وجود جذابیت‌های زیاد آن، به این دلیل که یک سیستم باز تلقی می‌شود، در صورت عدم استفاده بهینه از نهاده‌ها به ویژه غذای ماهیان، می‌تواند منجر به انتشار حجم زیادی از آلاینده‌ها مانند نیتروژن، فسفر و کربن به محیط‌های دریایی شود (Price and Morris, 2013; Verdegem, 2013; Ballester-Moltó *et al.*, 2017; McIver *et al.*, 2018). پیامدهای انتشار آلاینده‌های یاد شده و به ویژه نیتروژن به اندازه‌ای بوده که تعداد زیادی از مطالعات (Croomey *et al.*, 2000; Pearson and Black, 2001; Brooks *et al*, 2002; Luo *et al.*, 2018) نشان داده‌اند که انتشار بیش از حد نیتروژن موجب ایجاد پدیده تغذیه‌گرایی شده و به صورت معنی‌داری مرگ و میر ماهیان را افزایش می‌دهد؛ افزایش میزان فسفر در آب موجب تشدید این پدیده خواهد شد (Cloern, 2001; Islam and Tanako, 2004; Verdegem, 2013) و انتشار کربن نیز با فرسایش میکروبی، موجب کاهش اکسیژن در آب و برخی تغییرات شیمیایی دیگر می‌شود (Islam, 2005; Price and Morris, 2013).

بنابراین بررسی و اندازه‌گیری اثرات جانبی پرورش ماهی در قفس به همراه ارائه راهکارهایی برای استفاده بهینه از غذای ماهیان (و در پی آن، کاهش نرخ تبدیل غذایی که برابر با نسبت غذای داده شده به ماهیان طی دوره به میزان ماهی تولید شده است)، می‌تواند به عنوان ابزاری موثر برای افزایش عملکرد اقتصادی و در عین حال، کاهش پیامدهای جانبی این سیستم به کار گرفته شود. به عبارت دیگر، شناسایی اثرات محیط زیستی،

www.SID.ir

Archive of SID

اندازه‌گیری این اثرات و ارزیابی عملکرد محیط زیستی واحدهای زراعی مختلف نه تنها ابزار مناسبی برای تحلیل، بررسی و ارزیابی واحدهای زارعی مختلف ارائه می‌دهد، بلکه ابزارهای مؤثری در جهت یافتن پیشنهادهایی در راستای کاهش پیامدهای محیط زیستی را به همراه خواهد داشت.

اهمیت بررسی میزان نیتروژن، فسفر و کربن آزاد شده به اکوسیستم آبی ناشی از پرورش ماهی در قفس‌های دریایی باعث شده تا پژوهشگران زیادی به ارزیابی و محاسبه این مقادیر بپردازند. به عنوان مثال Islam (۲۰۰۵) با استفاده از روشی غیر مستقیم و بر اساس میزان نیتروژن و فسفر موجود در ماهی برداشت شده، نیتروژن و فسفر موجود در غذا و نرخ تبدیل غذایی به محاسبه حجم انتشار آلاینده‌های یاد شده به ازای هر تن ماهی پرورش‌یافته در قفس‌های دریایی پرداخت و بر همین اساس حجم انتشار این آلاینده‌ها در دنیا را نیز محاسبه کرد. بر اساس محاسبات او به ازای هر تن ماهی تولید شده ۱۳۲/۵ کیلوگرم نیتروژن و ۲۵ کیلوگرم فسفر به محیط آزاد می‌شود. با در نظر گرفتن تولید سالانه ۱۰ هزار تن ماهی پرورش یافته در قفس‌های دریایی حجم انتشار کربن و فسفر به محیط دریایی به ترتیب برابر ۱۳۲۵ تن و ۲۵۰ تن بوده است. Aşır و Pulatsü (۲۰۰۸) به ارزیابی نیتروژن و فسفر آزاد شده به محیط توسط مزارع پرورش قزل‌آلا در قفس‌های دریایی واقع در دریاچه کسیکوپرو-دم[1] پرداختند. بررسی دو مزرعه که دارای ظرفیت تولید ۲۰ تن ماهی در سال بودند نشان داد که در صورت استفاده از غذای پلت شده[2](نوعی غذا که در فرآیندی با فشار زیاد به شکلی خاص و معمولا استوانه‌ای در آمده است) میزان نیتروژن و فسفر آزاد شده به محیط به ازای یک تن ماهی تولید شده به ترتیب در دامنه‌های ۶۲/۹۲-۵۶/۰۰ کیلوگرم و ۱۲/۱۷-۱۰/۶۶ کیلوگرم است. همچنین در صورت استفاده از غذای اکسترود شده[3](نوعی غذا که در فرآیندی با دمای زیاد فرآوری می‌شود و قابلیت هضم خوبی دارد) میزان نیتروژن و فسفر آزاد شده به محیط به ازای یک تن ماهی تولید شده به ترتیب در دامنه‌های ۲۵/۹۷-۳۳/۴۷ کیلوگرم و ۷/۹۶-۷/۳۲ کیلوگرم است. Gondwe و همکاران (۲۰۱۱) به محاسبه میزان نیتروژن، فسفر و کربن آزاد شده به محیط ناشی از پرورش ماهی تیلاپیا در قفس‌های دریایی و عوامل اثرگذار بر میزان انتشار این آلاینده‌ها در دریاچه مالاوی آفریقا پرداختند. آن‌ها به منظور جمع‌آوری داده‌های مورد نیاز تحقیق، ترکیب عناصر و مواد موجود در غذا، توده اولیه، ماهی تلف شده، فضولات و ماهی برداشت شده طی ۲۲ دوره پرورشی بین سال‌های ۲۰۰۴ تا ۲۰۰۸ در دریاچه مالاوی را بررسی کردند. سپس بر اساس مدل ساده بالانس نهاده-ستاده معرفی شده توسط Schmittou (۲۰۰۶) به تعیین میزان آلاینده‌های انتشار یافته به محیط پرداختند. همچنین در بررسی آن‌ها میزان مرگ و میر ماهیان به صورت مستقیم توسط غواصان شمرده و رصد میشد. میانگین ماهی برداشت شده از هر قفس در سال ۸۳۴ ± ۱۲۳۱۹ کیلوگرم بوده است. نرخ تبدیل غذایی نیز بین ۳/۹ و ۲/۱ با میانگین ۲/۷ بوده است. بر اساس یافته‌های آن‌ها میزان نیتروژن، فسفر و کربن آزاد شده به

1- Kesikköprü Dam
2 -Pelleted Feed
3 -Extruded Feed

www.SID.ir

Archive of SID

اکوسیستم آبی به ازای هر قفس به ترتیب برابر با ۱۲۵/۴ ±۷ /۱۳۰۲ کیلوگرم، ۸/ ۴۶ ±۳ /۵۳۴ کیلوگرم و ۱۰۹۰/۱ ± ۱۲۳۴۱/۰ کیلوگرم بوده است که این مقادیر در صورت استفاده از غذای کم کیفیت، تراکم توده اولیه بیش از حد، استفاده از توده اولیه کم کیفیت و استفاده از نرخ تغذیه کمتر از حد توصیه شده، بیشتر خواهد شد و پیامدهای محیط زیستی مهمی را به دنبال خواهد داشت. با وجود مطالعات پر شمار در زمینه محاسبه میزان نیتروژن، فسفر و کربن آزاد شده به اکوسیستم آبی، تا کنون هیچ یک از مطالعات داخلی به ارزیابی این مقادیر نپرداخته‌اند. از این‌رو، بررسی حاضر با هدف ارزیابی مقادیر نیتروژن، فسفر و کربن آزاد شده به محیط ناشی از پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین کمان(*Oncorhynchus mykiss*) در قفس‌های دریایی واقع در استان مازندران و ارائه راهکارهایی برای کاهش این مقادیر انجام شده است.

۲. مواد و روش‌ها

۲-۱. منطقه مورد بررسی

استان مازندران با دارا بودن ۳۵۰ کیلومتر نوار ساحلی و تولید بالقوه ۳۶۰۰ تن در سال یکی از مناطقی است که به دلیل وجود شرایط مناسب پرورش ماهی در قفس‌های دریایی به ویژه برای ماهی قزل‌آلا توجه زیادی را به خود جلب کرده است (Izadi *et al.*, 2016). پرورش ماهی در قفس‌های دریایی در استان مازندران در فصل پرورشی ۹۶-۱۳۹۵ توسط ۹ مزرعه فعال و با استفاده از ۵۷ قفس در حال انجام بوده است که مشخصات هر یک از مزارع در جدول۱ ارائه شده است. داده‌های مورد نیاز تحقیق با مراجعه حضوری به همه مزارع پرورش ماهی در قفس و تکمیل پرسشنامه جمع‌آوری شد. در ضمن همه قفس‌ها از نوع پلی‌اتیلنی گرد هستند که عموما با قطر ۲۰ متر و عمق ۱۰ متر طراحی شده‌اند.

جدول ۱- مشخصات مزارع پرورش ماهی در قفس(استان مازندران)

ردیف	مشخصات مزرعه	شهرستان
۱	مزرعه شماره ۱	نوشهر
۲	مزرعه شماره ۲	بابلسر
۳	مزرعه شماره ۳	نوشهر
۴	مزرعه شماره ۴	نوشهر
۵	مزرعه شماره ۵	جویبار
۶	مزرعه شماره ۶	عباس آباد
۷	مزرعه شماره ۷	عباس آباد
۸	مزرعه شماره ۸	تنکابن
۹	مزرعه شماره ۹	تنکابن

منبع: اداره شیلات استان مازندران

www.SID.ir

Archive of SID

۲-۲. اندازه‌گیری میزان انتشار نیتروژن، فسفر و کربن

در ادامه با استفاده از روش غیر مستقیم به کار گرفته شده در سری مطالعات Hall و همکاران که طی سه سال پیاپی به چاپ رسیده است (Hall *et al.*, 1990; Holby and Hall, 1991; Hall *et al.*, 1992)، به توضیح روش محاسبه آلاینده‌ها پرداخته شده است و بر همین اساس، میزان انتشار آلاینده‌ها برای مزرعه شماره یک (که در فصل پرورشی ۹۶-۱۳۹۵ تعداد دو قفس فعال داشته و در شهرستان نوشهر واقع است) مورد ارزیابی قرار گرفته است. محاسبه میزان آلاینده‌ها برای مزارع دیگر نیز به روش مشابه انجام شده است. لذا به منظور کاهش حجم مقاله، جزئیات محاسبات تنها برای مزرعه شماره یک ارائه شده در مورد مزارع دیگر تنها به بیان نتایج اکتفا شده است.

داده‌های مورد نیاز برای انجام محاسبه بر اساس رهیافت به کار گرفته شده توسط Hall و همکاران عبارتند از: ۱) وزن و تعداد بچه‌ماهی ریخته شده به قفس‌ها به علاوه میزان نیتروژن، فسفر و کربن موجود در هر بچه‌ماهی ۲) وزن و تعداد ماهی برداشت شده از قفس‌ها به علاوه میزان نیتروژن، فسفر و کربن موجود در ماهی ۳) وزن و تعداد ماهی هدر رفته (مجموع ماهی تلف شده و فرار کرده) به علاوه میزان نیتروژن، فسفر و کربن موجود در ماهی ۴) وزن کل غذای ریخته شده به قفس‌ها به علاوه میزان نیتروژن، فسفر و کربن موجود در غذا. در زیر چگونگی محاسبه میزان نیتروژن، فسفر و کربن موجود در بچه‌ماهی، ماهی برداشت شده و ماهی هدر رفته به صورت مفصل مورد بحث قرار گرفته است.

۲-۲-۱. نیتروژن موجود در بچه‌ماهی، ماهی برداشت شده و ماهی هدر رفته

برای برآورد میزان نیتروژن موجود در بچه‌ماهی، ماهی برداشت شده و ماهی هدر رفته (مجموع ماهیانی که تلف شده و یا فرار کرده‌اند) از فرمولی که توسط Persson (۱۹۸۶) توسعه یافته است، استفاده شد. پرسون میزان نیتروژن موجود در ماهی را به صورت تابعی از وزن ماهی و بر اساس فرمول زیر ارائه کرد که در آن، W وزن ماهی تازه بر حسب گرم است.

$$\%N = 0.096 \times 17.4 \times W^{0.099} \qquad (۱)$$

لازم به بیان است که وزن کل ماهی هدر رفته (که مجموع ماهیان تلف شده و ماهیانی که فرار کرده‌اند، می‌باشد) بر اساس محاسبه‌هایی ساده به دست می‌آید. به این ترتیب که وزن هر بچه‌ماهی و تعداد بچه‌ماهی ریخته شده به قفس در ابتدای دوره مشخص است. وزن هر عدد ماهی برداشت شده و وزن کل ماهیان برداشت شده در پایان دوره نیز مشخص است. لذا تعداد ماهی در پایان دوره به دست می‌آید و می‌توان تعداد ماهیان هدر رفته را محاسبه کرد. وزن ماهیان هدر رفته نیز بر اساس بررسی Hall و همکاران (۱۹۹۲)، برابر با وزن بچه‌ماهی به علاوه نصف میانگین وزن اضافه شده به ماهیان در طی دوره در نظر گرفته شده است. سپس با ضرب تعداد ماهی هدر رفته در میانگین وزن ماهی هدر رفته، کل وزن ماهیان هدر رفته به دست خواهد آمد.

۲-۲-۲. فسفر موجود در بچه‌ماهی، ماهی برداشت شده و ماهی هدر رفته

برای برآورد میزان فسفر موجود در بچه‌ماهی، ماهی برداشت شده و ماهی هدر رفته (مجموع ماهیانی که تلف

www.SID.ir

Archive of SID

شده و یا فرار کرده‌اند) از فرمولی که توسط Persson (۱۹۸۶) توسعه یافته است، استفاده شد. پرسون میزان فسفر موجود در ماهی را به صورت تابعی از وزن ماهی و معادل ۰/۴۰۶ درصد از وزن ماهی تازه می‌داند.

۲-۲-۳. کربن موجود در بچه‌ماهی، ماهی برداشت شده و ماهی هدر رفته

به منظور برآورد میزان کربن موجود در بچه‌ماهی، ماهی برداشت شده و ماهی تلف شده نیز از فرمول ارائه شده توسط Persson (۱۹۸۶) استفاده شد. پرسون میزان کربن موجود در ماهی را به صورت تابعی از وزن ماهی و بر اساس فرمول زیر ارائه کرد که در آن، W وزن ماهی تازه بر حسب گرم است.

$$\%C = 0.55 \times 17.4 \times W^{0.099} \qquad (۲)$$

داده‌های لازم برای محاسبه میزان نیتروژن، فسفر و کربن آزاد شده به محیط آبی ناشی از پرورش ماهی در مزرعه شماره یک در جدول ۲ ارائه شده است.

جدول۲- میزان نیتروژن، فسفر و کربن موجود در بچه‌ماهی، ماهی برداشت شده و ماهی هدر رفته برای مزرعه شماره یک

	وزن (کیلوگرم وزن تازه)	اندازه (گرم وزن تازه)	نیتروژن (درصد از وزن تازه)	فسفر (درصد از وزن تازه)	کربن (درصد از وزن تازه)
بچه‌ماهی	۸۰۰۰[a]	۲۰۰[a]	۲/۸۲۲[b]	۰/۴۰۶[b]	۱۶/۱۷۰[b]
ماهی برداشت شده	۳۰۰۰۰[a]	۱۰۰۰[c]	۳/۳۱۰[b]	۰/۴۰۶[b]	۱۸/۹۶۳[b]
ماهی هدر رفته	۶۰۰۰[d]	۶۰۰[e]	۳/۱۴۷[b]	۰/۴۰۶[b]	۱۸/۰۲۸[b]

a: داده‌ها توسط مدیر مزرعه ارائه شده است.

b: میزان نیتروژن، فسفر و کربن بر اساس فرمول ارائه شده توسط Persson (۱۹۸۶) محاسبه شده است.

c: معادل میانگین وزن هر ماهی برداشت شده در پایان دوره در نظر گرفته شده و آمار آن توسط مدیر مزرعه ارائه شده است.

d: ابتدا تعداد ماهیان هدر رفته (که معادل با اختلاف بین تعداد بچه‌ماهی در ابتدای دوره و تعداد ماهی برداشت شده از قفس‌ها است) محاسبه شده است. سپس با ضرب آن در میانگین وزن ماهی هدر رفته، کل وزن ماهیان هدر رفته محاسبه شده است.

e: معادل وزن بچه‌ماهی به علاوه نصف میانگین وزن اضافه شده به ماهیان در طی دوره در نظر گرفته شده است.

تا به اینجا میزان میزان نیتروژن، فسفر و کربن موجود در بچه‌ماهی، ماهی هدر رفته و ماهی برداشت شده از قفس‌ها، مشخص شد. عوامل مزرعه شماره یک، طی دوره پرورشی ۹۶-۱۳۹۵ مقدار ۲۶ تن غذای ماهی به قفس‌ها

www.SID.ir

Archive of SID

ریخته‌اندکه میزان نیتروژن، فسفر و کربن موجود در غذا بر اساس اظهارات مدیر مزرعه به ترتیب برابر با ۸، ۱/۳۵ و ۵۱ درصد از وزن خشک غذا در نظر گرفته شده است. با وجود آمار و ارقام بالا، محاسبه میزان انتشار آلاینده‌ها به اکوسیستم دریایی برای مزرعه شماره یک، به آسانی و بر اساس رابطه ۳ انجام می‌شود. در مورد میزان نیتروژن (فسفر/کربن) موجود در ماهی هدر رفته که در رابطه زیر لحاظ شده است، لازم به بیان است که از ۶۰۰ گرم وزن منظور شده برای هر یک از این ماهیان، ۲۰۰ گرم آن مربوط به همان بچه‌ماهی اولیه بوده است که یک بار در میزان عناصر موجود در بچه‌ماهی به حساب آمده است. لذا برای جلوگیری از دو بار شماری نیاز است تا تعداد ماهی هدر رفته (که از تقسیم وزن کل ماهی هدر رفته بر وزن هر ماهی هدر رفته به دست می‌آید) در وزن هر بچه ماهی ضرب شده و میزان نیتروژن (فسفر/کربن) موجود در آن از کل نیتروژن (فسفر/کربن) وارد شده به مجموعه کسر گردد. (۳)

$$T.A.P_i = Juv \times P_i ContentOfJuv + FishLose \times P_i ContentOfLostFish + Feed \times P_i ContentOfFeed - HarvestedFish \times P_i ContentOfHarverstedFish - NumberOfLostFish \times WeightOfEachJuv \times P_i ContentOfJuv$$

در این رابطه $T.A.P_i$ کل آلاینده iام آزاده شده به محیط آبی بر حسب کیلوگرم، Juv وزن کل بچه‌ماهی‌های ریخته شده به قفس‌ها بر حسب کیلوگرم، $P_i ContentOfJuv$ درصد آلاینده iام از وزن هر بچه‌ماهی، $FishLose$ وزن کل ماهیان هدر رفته بر حسب کیلوگرم، $P_i ContentOfLostFish$ درصد آلاینده iام از وزن هر ماهی هدر رفته، $Feed$ وزن کل غذای ریخته شده به قفس‌ها بر حسب کیلوگرم، $P_i ContentOfFeed$ درصد آلاینده iام از وزن غذا، $HarvestedFish$ وزن کل ماهیان برداشت‌شده از قفس‌ها، $P_i ContentOfHarverstedFish$ درصد آلاینده iام از وزن هر ماهی برداشت شده، $NumberOfLostFish$ تعداد کل ماهیان هدر رفته و $WeightOfEachJuv$ وزن هر عدد بچه‌ماهی است. در ضمن در رابطه بالا i معرف آلاینده‌ها است که با توجه به اینکه سه آلاینده نیتروژن، فسفر و کربن وجود داشته است، $i = 1,2,3$ خواهد بود.

پس از انجام محاسبات بر اساس رابطه بالا مشخص شد که کل نیتروژن، فسفر و کربن آزاد شده به محیط آبی طی دوره پرورشی ۹۶-۱۳۹۵ در مزرعه شماره یک، به ترتیب برابر ۱۴۴۵/۱۶۶، ۲۷۷/۹۲۰ و ۹۶۲۲/۹۲۸ کیلوگرم بوده است. ضمن اینکه میزان ماهی تولید شده (که برابر با اختلاف بین میزان ماهی برداشت شده از قفس‌ها و میزان بچه‌ماهی ریخته شده به قفس‌ها است) برابر ۲۲ تن بوده است و به این بدان معناست که مزرعه یاد شده به ازای تولید هر تن ماهی، ۶۵/۶۸۹ کیلوگرم نیتروژن، ۱۲/۶۳۳ کیلوگرم فسفر و ۴۳۷/۴۰۶ کیلوگرم کربن به محیط آزاد کرده است. نرخ تبدیل غذایی نیز برابر ۱/۱۸۲ بوده است.

۳. نتایج

با انجام محاسبات مشابه برای سایر مزارع، میزان نیتروژن، فسفر و کربن آزاد شده به محیط آبی به ازای هر تن ماهی تولید شده و همچنین نرخ تبدیل غذایی در مزارع مختلف، محاسبه شد که نتایج آن در جدول ۳ ارائه شده است. با محاسبه میانگین وزنی که وزن‌ها در آن برابر میزان ماهی تولید شده در هر یک از مزارع بود، مشخص شد که به ازای هر تن قزل‌آلای تولید شده در قفس‌های پرورش ماهی به طور میانگین ۷۳/۹۷۹

www.SID.ir

Archive of SID

کیلوگرم نیتروژن، ۱۳/۸۹۳ کیلوگرم فسفر و ۴۸۸/۳۵۳ کیلوگرم کربن به محیط آزاد شده است که این مقادیر برای مزرعه شماره سه، بیشینه و برای مزرعه شماره هشت، کمینه است. با توجه به اینکه وزن کل ماهیان تولیدی در مزارع پرورش ماهی در قفس‌های دریای طی فصل پرورشی ۹۶-۱۳۹۵ برابر ۵۰۹/۱۸۰ تن بوده است، می‌توان بیان داشت میزان کل نیتروژن، فسفر و کربن آزاد شده به اکوسیستم آبی ناشی از پرورش ماهی در قفس‌های دریایی در استان مازندران به ترتیب برابر با ۳۷۶۶۸/۶۲۷ کیلوگرم، ۷۰۷۴/۰۳۸ کیلوگرم و ۲۴۸۶۵۹/۵۸۱ کیلوگرم بوده است.

جدول ۳- نیتروژن، فسفر و کربن آزاد شده به محیط به ازای هر تن ماهی تولید شده و نرخ تبدیل غذایی برای هر یک از مزارع پرورش قزل‌آلا در قفس

مشخصات مزرعه	کل غذای مصرفی (تن)	کل ماهی تولید شده (تن)	نرخ تبدیل غذایی	نیتروژن (کیلوگرم بر تن ماهی تولیدی)	فسفر (کیلوگرم بر تن ماهی تولیدی)	کربن (کیلوگرم بر تن ماهی تولیدی)
مزرعه شماره ۱	۲۶	۲۲	۱/۱۸۲	۶۵/۶۸۹	۱۲/۶۳۳	۴۳۷/۴۰۶
مزرعه شماره ۲	۴۰	۳۱/۲۸	۱/۲۷۹	۹۴/۹۳۸	۱۶/۷۹۴	۶۰۹/۹۸۵
مزرعه شماره ۳	۸۰	۲۰	۴	۳۴۱/۰۷۶	۵۷/۵۵۳	۲۱۶۰/۷۴۷
مزرعه شماره ۴	۵۲/۸	۴۸	۱/۱۰۰	۵۷/۲۹۹	۱۱/۲۱۳	۳۸۵/۱۰۷
مزرعه شماره ۵	۲۴۰	۲۰۸	۱/۱۵۴	۶۱/۶۲۹	۱۱/۹۹۵	۴۱۲/۶۹۵
مزرعه شماره ۶	۲۰	۱۵	۱/۳۳۳	۹۷/۰۲۷	۱۷/۱۹۹	۶۲۴/۷۷۱
مزرعه شماره ۷	۱۱۲	۱۰۵/۴	۱/۰۶۳	۵۶/۲۹۷	۱۰/۹۹۴	۳۷۷/۴۳۹
مزرعه شماره ۸	۳۵	۳۹	۰/۸۹۷	۳۹/۸۷۸	۸/۱۸۹	۲۷۴/۸۳۶
مزرعه شماره ۹	۳۰	۲۰/۵	۱/۴۶۳	۹۳/۵۶۰	۱۷/۰۹۹	۶۱۱/۸۵۹

با بررسی انجام شده مشخص شد که نزدیک به همه نیتروژن (۸۴/۷۲۱-۹۳/۸۱۹ درصد)، فسفر (۸۶/۵۲۱-۹۴/۳۲۶ درصد) و کربن (۸۶/۰۵۳-۹۴/۴۱۰ درصد) ورودی به قفس‌ها به وسیله غذای ماهی بوده و درصد اندک باقی‌مانده، مربوط به بچه‌ماهی بوده است. یافته اخیر منطبق بر نتایج Hall و همکاران است که بیان کردند نزدیک به همه نیتروژن (۹۵-۹۳ درصد)، فسفر (۹۷-۹۴ درصد) و کربن (۹۶-۹۴ درصد) ورودی به قفس از طریق غذای ماهی بوده است و باقی آن، از طریق بچه‌ماهی به قفس وارد می‌شوند. از سویی بر اساس اطلاعات جدول ۳ به نظر می‌رسد بین نرخ تبدیل غذایی و میزان آلاینده‌های آزاد شده به محیط رابطه مثبت وجود دارد و بنابراین، ارائه راهکارهایی برای کاهش نرخ تبدیل غذایی، به عنوان یکی از عوامل موثر بر کاهش انتشار

www.SID.ir

Archive of SID

آلاینده‌ها مطرح است. به منظور اثبات آماری ادعای اخیر، رابطه نرخ تبدیل غذایی و میزان انتشار هر یک از آلاینده‌ها با استفاده از آزمون همبستگی اسپیرمن بررسی شد که نتایج آن در جدول۴ ارائه شده است. لازم به بیان است که با توجه به محدود بودن تعداد مشاهدات، آزمون همبستگی اسپیرمن در حالت بوت‌استرپ انجام شده است که رهیافتی برای شبیه‌سازی داده و افزایش تعداد مشاهدات است. بر پایه نتایج، بین نرخ تبدیل غذایی و میزان انتشار نیتروژن، فسفر و کربن به محیط آبی، همبستگی مثبت و شدیدی وجود دارد. لذا با اطمینان می‌توان گفت که از طریق کاهش نرخ تبدیل غذایی، می‌توان علاوه بر صرفه‌جویی قابل توجه در هزینه‌ها و کسب سود بیشتر، تا حد زیادی از بروز نارسایی‌های محیط زیستی ناشی از پرورش ماهی در قفس جلوگیری کرد.

جدول ۴- آزمون همبستگی اسپیرمن بین نرخ تبدیل غذایی و میزان انتشار آلاینده‌ها در مزارع پرورش ماهی در قفس‌های دریایی

	نیتروژن (کیلوگرم بر تن ماهی تولیدی)	فسفر (کیلوگرم بر تن ماهی تولیدی)	کربن (کیلوگرم بر تن ماهی تولیدی)
نرخ تبدیل غذایی (Feed Conversion Ratio)	۰/۹۵۰**	۰/۹۸۳**	۰/۹۸۳**
	(۰/۰۰۰)	(۰/۰۰۰)	(۰/۰۰۰)

**: معنی‌دار در سطح یک درصد

۴. بحث و نتیجه‌گیری

چنان که بیان شد بررسی حاضر با هدف ارزیابی میزان نیتروژن، فسفر و کربن آزاد شده به اکوسیستم آبی ناشی از پرورش ماهی در قفس‌های دریایی واقع در استان مازندران انجام شد. بر پایه نتایج، به ازای هر تن قزل‌آلای تولید شده در قفس‌های پرورش ماهی به طور میانگین ۷۳/۹۷۹ کیلوگرم نیتروژن، ۱۳/۸۹۳ کیلوگرم فسفر و ۴۸۸/۳۵۳ کیلوگرم کربن به محیط آزاد شده است. نرخ تبدیل غذایی نیز بین ۴-۰/۸۹۷ با میانگین ۱/۲۴۹ بود که حاکی از تغییرات شدید کارایی تغذیه است. مقادیر میانگین انتشار آلاینده‌های یاد شده به ازای هر تن ماهی، کمتر از مقادیر محاسبه شده توسط Hall و همکاران (۱۹۹۲) است که برای نیتروژن، فسفر و کربن به ترتیب برابر ۱۰۲-۹۵ کیلوگرم، ۲۲/۴-۱۹/۶ کیلوگرم و ۹۵۲-۸۷۸ کیلوگرم به ازای یک تن ماهی تولیدی، ارزیابی شده بود. البته در مطالعه آن‌ها مقادیر نرخ تبدیل غذایی در دامنه ۲/۳۳-۲/۰۹ بود که بالاتر از مقادیر محاسبه شده برای منطقه مورد بررسی تحقیق حاضر است. Islam (۲۰۰۵) نیز میانگین انتشار جهانی نیتروژن و فسفر به ازای یک تن ماهی تولید شده در قفس را به ترتیب ۱۳۲/۵ کیلوگرم و ۲۵ کیلوگرم برآورد کرده‌اند. البته در مطالعه Bureau و همکاران (۲۰۰۳) نرخ تبدیل غذایی برای مزارع پرورش ماهی قزل‌آلا در قفس، کمتر و بین ۱/۱۴ تا ۱/۲۹ بود و میزان نیتروژن و فسفر آزاد شده به

www.SID.ir

Archive of SID

محیط به ازای یک تن قزل‌آلای تولید شده در قفس‌های دریایی نیز به ترتیب در دامنه‌های ۷۱-۴۷ کیلوگرم و ۱۵/۲-۷/۵ کیلوگرم قرار داشت که در مجموع وضعیت بهتری را نسبت به منطقه مورد بررسی نشان می‌دهد.

همان‌طور که بیان شد بخش عمده نیتروژن، فسفر و کربن ورودی به قفس‌ها از راه غذای ماهیان بوده است و بخش بسیار کمی به وسیله بچه‌ماهی به قفس‌ها وارد شده است. موضوع اخیر باعث شده است تا همبستگی مثبت و شدیدی بین نرخ تبدیل غذایی و میزان انتشار نیتروژن، فسفر و کربن به محیط آبی به وجود آید. به عبارت دیگر، بهترین راهکار به منظور جلوگیری از انتشار بی‌رویه آلاینده‌ها به محیط آبی، کاهش نرخ تبدیل غذایی (یا همان افزایش کارایی تغذیه) است. پیش از این نیز مطالعات زیادی از جمله (Islam, 2005; Aşır and Pulatsü, 2008; Gondwe *et al.*, 2011) مدیریت تغذیه و کاهش نرخ تبدیل غذایی را بهترین راهکار به منظور کاهش انتشار نیتروژن، فسفر و کربن معرفی کرده‌اند.

نکته قابل توجه این است که دو حالت حدی در جدول۳ مشهود است. اول، میزان نرخ تبدیل غذایی و مقادیر عناصر انتشار یافته برای مزرعه شماره هشت و دوم، میزان نرخ تبدیل غذایی و مقادیر عناصر انتشار یافته برای مزرعه شماره سه. به دنبال بررسی علل موفقیت مزرعه شماره هشت مشخص گردید که مدیریت مزرعه یاد شده به واسطه تجربه بالا در زمینه پرورش ماهی در قفس در کشوری دیگر و شرکت در دوره‌های آموزشی خارجی اطلاعات بسیار خوبی در مورد چگونگی مدیریت تغذیه، لنگربندی و چیدمان مناسب قفس‌ها دارد که متاسفانه بقیه قفس‌داران از آن بی‌اطلاع بوده و یا توجه اندکی به آن داشته‌اند. به عنوان مثال استفاده از غذای متناسب با شرایط جوی بسیار مهم است. مدیریت مزرعه شماره هشت بیان داشت که باید در شرایطی که دریا کمی مواج است از غذای سنگین استفاده شود تا از هدر رفت آن جلوگیری شود. بدیهی است که توجه به این نکته علاوه بر کاهش هزینه غذای ماهیان باعث خواهد شد تا نرخ تبدیل غذایی کاهش یافته و به دنبال آن، انتشار آلاینده‌ها نیز کاهش یابد. عامل دیگر موفقیت مزرعه شماره هشت را می‌توان وجود استخر مجهز دانست که افزون بر پرورش توده اولیه، از آن برای نجات ماهیان از گرما در اواخر دوره برداشت و در نتیجه جلوگیری از تلفات زیاد استفاده شده است. از آنجا که ماهی قزل‌آلا یک ماهی سردابی است، حساسیت بالایی نسبت به تغییرات دما دارد به گونه‌ای که به گفته قفس‌داران دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد آستانه خطر تلقی شده و دمای بالاتر منجر به تلفات بالا می‌شود. اهمیت موضوع اخیر تا حدی است که یکی از قفس‌داران بیان داشته است که گرمای زیاد می‌تواند روزانه منجر به مرگ ۴۰۰۰ قطعه ماهی در هر قفس شود. عوامل مزرعه شماره هشت در صورت بروز گرما در اواخر دوره پرورشی، اقدام به انتقال ماهیان از قفس‌ها به استخر کرده که این امر علاوه بر جلوگیری از تلفات زیاد، منجر شده تا مدیریت مزرعه بتواند در زمان مناسب اقدام به فروش ماهیان تولیدی خود کند و از معامله با دلالان که با آگاهی از شرایط به وجود آمده سعی در خرید ماهی با قیمت‌های اندک را دارند بی نیاز باشد.

حالت حدی دوم در میزان نرخ تبدیل غذایی و مقادیر انتشار آلاینده‌ها به محیط، مربوط به مزرعه شماره سه بوده است که مشخصا دو عامل عمده منجر به عدم کارایی تغذیه و افزایش نرخ تبدیل غذایی در این مزرعه شده

www.SID.ir

Archive of SID

است. اول اینکه مدیریت مزرعه یاد شده بسیار دیر و در بهمن ماه اقدام به شروع دوره کرده است در حالی که اکثر قفس‌داران به محض رسیدن دمای آب به شرایط مطلوب (حدود ۱۶-۱۳ درجه سانتی‌گراد) که معمولا در اواخر آبان رخ می‌دهد اقدام به شروع دوره کرده‌اند. عامل دوم، برداشت دیر هنگام ماهی بوده است به گونه‌ای که عوامل مزرعه در پایان خرداد ماه و پس از گرم شدن آب اقدام به برداشت ماهی کرده‌اند که در نتیجه آن حدود نصف ماهیان تلف شده و از هر قفس تنها ۶ تن ماهی برداشت شده است که این میزان برابر با نصف میانگین ماهی برداشت شده و حدود ۲۵ درصد از بیشترین ماهی برداشت شده توسط مزارع پرورش ماهی در قفس در استان مازندران است. لذا با در نظر داشتن زمان مناسب شروع و پایان دوره، می‌توان علاوه بر بهبود سودآوری مزارع، از بروز پیامدهای محیط زیستی ناشی از انتشار بی‌رویه آلاینده‌ها به محیط جلوگیری کرد چرا که کاهش تلفات منجر به کاهش نرخ تبدیل غذایی شده که به طور مستقیم با میزان انتشار آلاینده‌ها در ارتباط است. در این راستا پیشنهاد می‌شود علاوه بر راهنمایی کردن قفس-داران در انتخاب زمان شروع و پایان دوره، قوانینی وضع شود که به واسطه آن نگهداری ماهی قزل‌آلا در قفس‌ها پس از شروع گرمای شدید ممنوع شود چرا که پیامدهای محیط زیستی این فعالیت بسیار جدی است.

در مواردی نیز ضعف مدیریتی و ناکافی بودن دانش قفس‌داران منجر به محدود شدن دستیابی آن‌ها به عملکرد محیط زیستی مناسب‌تر شده است. به عنوان مثال با وجود فناوری‌های مناسب جهت جلوگیری از رشد جلبک‌ها و صدف‌ها در اطراف و روی توری قفس، هیچ فناوری خاصی توسط قفس‌داران بکار گرفته نشده است. در مجموع شواهد در منطقه حاکی از آن است که موانعی همچون عدم توجه به انتخاب زمان مناسب شروع و پایان دوره، در اختیار نداشتن استخر پشتیبان، عدم مدیریت صحیح تغذیه، استفاده از غذای کم کیفیت، لنگربندی و چیدمان نامناسب قفس‌ها، ضعف دانش فنی قفس‌داران و عدم استقبال آن‌ها از شیوه‌های نوین پرورش ماهی در قفس‌های دریایی نرخ تبدیل غذایی را افزایش داده و موجب انتشار بیش از حد آلاینده‌ها به محیط آبی می‌شود که بروز نارسایی‌های زیان‌بار محیط زیستی را در پی خواهد داشت. بنابراین پیشنهاد می‌شود روند دریافت تسهیلات بانکی و اعطای مجوز احداث استخر پشتیبان تسهیل گردد. همچنین پیشنهاد می‌شود که با اعمال سیاست‌های تشویقی، مزارع موفق تجربه‌های خود را به دیگر مزارع منتقل کنند. این امر می‌تواند با برگزاری دوره‌های آموزشی با به کارگیری مدرسین کار آزموده و قفس‌داران موفق عملی شود.

www.SID.ir

Archive of SID

References

Aşır, U., Pulatsü, S., 2008. Estimation of the Nitrogen-Phosphorus Load Caused by Rainbow Trout (Oncorhynchus mykiss Walbaum, 1792) Cage-Culture Farms in Kesikköprü Dam Lake: A Comparison of Pelleted and Extruded Feed. Available from from http://www.fao.org. Accessed 25th October 2018.

Ballester-Moltó, M., Sanchez-Jerez, P., Cerezo Valverde, J., Aguado-Giménez, F., 2017. Particulate waste outflow from fish-farming cages. How much is uneaten feed?. Marine Pollution Bulletin, 119(1): 23-30.

Brooks, K.M., Mahnken, C., Nash, C., 2002. Environmental effects associated with marine net pen waste with emphasis on salmon farming in the Pacific Northwest. In: Stickney, R.R., McVey, J.P. (Eds.), Responsible Marine Aquaculture. CAB International, Cambridge, pp. 149–203.

Bureau, D.P., Gunther, S.J., Cho, C.Y., 2003. Chemical Composition and Preliminary Theoretical Estimates of Waste Outputs of Rainbow Trout Reared in Commercial Cage Culture Operations in Ontario. North American Journal of Aquaculture, 65: 33-38.

Chen, J., Guang, C., Xu, H., Chen, Z., Xu, P., Yan, X., Wang, Y., Liu, J., 2007. A review of cage and pen aquaculture: China. In M. Halwart, D. Soto, and J.R. Arthur (eds). Cage aquaculture – regional reviews and global overview. Fisheries Technical Paper 498, FAO, Rome.

Cloern, J.E., 2001. Our evolving conceptual model of the coastal eutrophication problem. Marine Ecology Progress Series, 210: 223–253.

Croomey, C.J., Nickell, T.D., Black, K.D., 2000. DEPOMOD— modeling the deposition and biological effects of waste solids from marine cage farms. Aquaculture, 214: 211–239.

FAO. 2018. FAO aquaculture newsletter. Available at www.fao.org/ag/ca/.

Gondwe, J., Guildford, S.J., Hecky, R.E., 2011. Carbon, nitrogen and phosphorus loadings from tilapia fish cages in Lake Malawi and factors influencing their magnitude. Great Lakes Research, 37:93-101.

Hall, P.O.J., Anderson, L.G., Holby, O., Kollberg, S., Samuelsson, M.O., 1990. Chemical fluxes and mass balances in a marine fish cage farm. I. Carbon. . Marine Ecology Progress Series, 61: 61–73.

Hall, P.O.J., Holby, O., Kollberg, S., Samuelsson, M.O., 1992. Chemical fluxes and mass balances in a marine fish cage farm. IV. Nitrogen. Marine Ecology Progress Series, 89: 81–91.

Holby, O., Hall, P.O.J., 1991. Chemical fluxes and mass balances in a marine fish cage farm. II. Phosphorus. . Marine Ecology Progress Series, 70: 263–272.

Iliyasu, A., Mohamed, Z. A., Ismail, M. M., Amin, A. M., Mazuki, H., 2016. Technical efficiency of cage fish farming in Peninsular Malaysia: a stochastic frontier production approach. Aquaculture Research, 47: 101-113.

Islam, M.S., Tanaka, M., 2004. Impacts of pollution on coastal and marine ecosystems including coastal and marine fisheries and approach for management: a review and synthesis. Marine Pollution Bulletin, 48 (7-8): 624–649.

Islam, S.M., 2005. Nitrogen and phosphorus budget in coastal and marine cage aquaculture and impacts of effluent loading on ecosystem: review and analysis towards model development. Marine Pollution Bulletin, 50: 48-61.

Izadi, A., Seyedi Ghomi, M.K. and Haghighi, S., 2016. Investment opportunities in marine fish cage culture. Iran Fisheries Organization. (in Persian).

Luo, Z., Hu, S., Chen, D., 2018. The trends of aquacultural nitrogen budget and its environmental implications in China. Scientific Reports 8, 10877.

Mbowa, S., Odokonyero, T., Munyaho, A.T., 2017. Harnessing floating cage technology to increase fish production in Uganda. Economy policy research centre.

www.SID.ir

Archive of SID

McIver, R., Milewski, I., Loucks, R., Smith, R., 2018. Estimating nitrogen loading and far-field dispersal potential from background sources and coastal finfish aquaculture: A simple framework and case study in Atlantic Canada. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 205: 46-57.

Pearson, T.H., Black, K.D., 2001. The environmental impacts of marine fish cage culture. In: Black, K.D. (Ed.), Environmental Impacts of Aquaculture. Sheffield Academic Press, pp. 1–30.

Persson, G., 1986. Kassodling av regnb8ge; Narsaltemissioner och miljo vid tre odlingslagen langs Smalandskusten. Report 3215. Nat. Swed. Envlron Prot. Bd., Solna, p. 1-42.

Price, S.C., Morris, J., 2013. Marine Cage Culture and the Environment, first ed. National oceanic and atmospheric administration, United States, 172 p.

Schmittou, H.R., 2006. Cage culture. In: Lim, C., Webster, C.D. (Eds.), Tilapia: Biology, Culture and Nutrition. Haworth Press. Binghamton, New York, pp. 313–342.

Verdegem, M.C.J., 2013. Nutrient discharge from aquaculture operations in function of system design and production environment. Reviews in Aquaculture, 5: 158–171.

www.SID.ir