1024-AMIWR2019

نقش آبزی‌پروری تلفیقی در سطوح مختلف تغذیه‌ای (IMTA) در ارتقاء بهره‌وری منابع آب

سمیرا ناظم رعایا[۱*]، شیرین جمشیدی[۲]

۱. پژوهشکده آبزی پروری جنوب کشور، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اهواز، ایران.

۲. پژوهشکده بیوتکنولوژی جانوری شمال کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رشت، ایران.

*مسؤول مکاتبات: **s.nazem@areeo.ac.ir**

چکیده

به منظور داشتن آبزی پروری پایدار باید رویکرد این صنعت از استفاده از روشهای قدیمی به نوین تغییر کند. روش‌های نوین همیشه شامل فناوری‌های سخت افزاری پیشرفته نمی‌باشد. «IMTA» یکی از راه حل‌های نوآورانه است که برای پایداری زیست محیطی (کاهش اثر بر محیط زیست توسط موجود زنده برای بهبود سلامت اکوسیستم)، پایداری اقتصادی (خروجی بهتر، هزینه‌های کمتر، تنوع بخشی به محصولات، کاهش ریسک و ایجاد شغل در جوامع محروم) و مقبولیت اجتماعی (عملیات مدیریت بهتر، حاکمیت قانونی بهتر و درک بهای محصولات متمایز و ایمن) پیشنهاد می‌شود. در این مقاله «IMTA» تعریف و نقش آن در ایجاد آبزی پروری مسؤولانه و افزایش بهره‌وری از منابع آب مطرح می‌شود.

واژه های کلیدی: آبزی پروری مسؤولانه، خدمات زیست محیطی، بهره‌وری، تنوع بخشی.

مقدمه

در مقیاس جهانی تولید ماهیان تجاری از صیادی طی صالهای اخیر نسبتاً ثابت مانده است به طوریکه در سال ۲۰۰۷ مقدار آن ۹۰/۸ میلیون تن و در سال ۲۰۱۶ مقدار آن ۹۰/۹ میلیون تن بوده است (FAO, 2018)، با وجود آنکه تقاضا برای ماهیان همراه با افزایش جمعیت انسانها در حال افزایش است. بنابراین با توجه به تقاضای جهانی فزاینده برای غذا، تامین منابع آبزیان از صید و صیادی امکان پذیر نخواهد بود. آبزی‌پروری فرصتی است که شکاف بین منابع و تقاضا را برای غذاهای دریایی در بیشتر نقاط دنیا پر می‌کند که با اثرات مثبت متعددی همراه است که شامل امنیت غذایی، ایجاد فرصت کاری در بالا دست و پایین دست این زنجیره باارزش و کاهش فقر می باشد. گرچه، در مقایسه با این اثرات مثبت، اثرات زیست محیطی منفی آبزی‌پروری توجه زیادی را در دهه های اخیر به خود جلب کرده است (Bureau and Hua, 2010)

مطالعات پیشین درباره آبزی پروری نیمه متراکم نشان داده است که تقریبا ٪۸۰ از نیتروژن و فسفر غذا و کود در رسوبات کف استخر تجمع می یابد و مابقی از طریق ماهی جذب می‌گردد. تجمع مواد مغذی در کف استخر موجب استرس و بیماری در ماهی پرورشی می گردد و در نتیجه تولید و بازگشت اقتصادی را کاهش می‌دهد. در حقیقت، آبزی پروری متراکم مبدل غذای ورودی به بیومس ماهی است که به ناچار در محیط بسته استخر مواد زائد تولید می‌کند. مواد زائد ایجاد شده در فرآیند آبزی-پروری به شکل ارگانیک (غذا و مواد دفعی) و غیرارگانیک (ترکیبات حاوی نیتروژن و فسفر) می باشند که منجر به کاهش کیفیت بدنه آبی می‌گردند (Bureau and Hua, 2010, Haque et al., 2016).

در آبزی‌پروری بسیاری از گونه‌ها، اغلب کشت تک‌گونه از نظر فضایی و مدیریتی عملیاتی طبیعی است. گونه‌ها به شکل مستقل در نواحی مختلف پرورش داده می‌شوند. در نتیجه، دو نوع مختلف آبزی پروری (تغذیه در مقابل استحصال محصول) از نظر جغرافیایی از یکدیگر جدا هستند و به ندرت در مقیاس محلی یا ناحیه‌ای موجب متعادل کردن همدیگر می‌شوند؛ و بنابراین هرگونه پتانسیل هم‌افزایی بین آنها از دست می‌رود. راه حل برون رفت از غنی سازی محیط زیست که توسط غذای داده شده در آبزی پروری ایجاد می‌شود رقیق سازی نمی‌باشد، بلکه تبدیل مواد غذایی اضافی و انرژی به دیگر محصولات تولید شده در آبزی پروری استخراجی است. برای تداوم رشد صنعت آبزی‌پروری، همزمان با بهبود عملیات مدیریتی، به توسعه فناوری‌ها و عملیات نوآورانه، مسؤولیت‌پذیر، پایدار و پرسودی نیازمند است که باید از نظر اکولوژیکی کارا و از نظر زیست محیطی بی‌خطر باشد. همچنین همراه با تولید محصولات متنوع و از دیدگاه اجتماعی پرمنفعت باشد. حفظ پایداری نه تنها از چشم انداز زیست‌محیطی بلکه اقتصادی، اجتماعی و تکنیکی نیز یک مسأله کلیدی است که با بالارفتن آگاهی مصرف‌کنندگانی که کیفیت، ردیابی و شرایط محصول را در نظر می‌گیرند افزایش می‌یابد. آبزی‌پروری تلفیقی در سطوح مختلف غذایی (IMTA: Integrated Multi Trophic Aquaculture) پتانسیلی برای رسیدن به این اهداف از طریق پرورش گونه تغذیه شده (به‌طور مثال ماهی یا میگو تغذیه شده با جیره تجاری ثابت) به همراه گونه‌های حاصله می‌باشد، مانند گیاهان آبزی که مواد مغذی اضافی غیرارگانیک و تغذیه کنندگان از مواد معلق یا مواد پوسیده کف استخر که مواد مغذی اضافی ارگانیک را از عملیات آبزی پروری مصرف و حذف می‌کنند (Chopin, 2013).

«IMTA» چیست؟

«IMTA» پرورش گونه‌ها در آبزی‌پروری با سطوح مختلف تروفیک (تغذیه ای) در نزدیکی با عملکرد اکوسیستم مکمل می باشد، در مسیری که اجازه می‌دهد غذای خورده نشده، مواد دفعی و محصولات جانبی یک گونه به عنوان کود، غذا و انرژی به مصرف دیگر محصولات زراعی برسد و مزیت تعامل هم‌افزایی میان گونه ها را با خود به همراه دارد. در واقع «IMTA» کاهش اثر بر محیط زیست را از طریق موجود زنده با تنوع بخشی به عملیات کشت تک گونه به وسیله ترکیب آنها با گونه های دیگر دارد تا مزیت‌های زیست محیطی، اقتصادی و اجتماعی این روش را خاطر نشان سازد (Chopin et al., 2012). به طور مثال، در سیستم «IMTA» ماهی سالمون، درآمد حاصله از پرورش ماسل و گیاهان آبزی، ضرر و زیان اقتصادی را کاهش داده است و انعطاف پذیری اقتصادی بیشتری را در کل عملیات پرورش به‌همراه داشته است (Ridler et al., 2007). در بسیاری از موارد، «IMTA» مقبولیت اجتماعی را نیز در مقابل پرورش سنتی تک گونه‌ای در آمریکا و کانادا کسب کرده است، چون غذاهای دریایی تولید شده در سیستم «IMTA» برای محیط زیست و رفاه جانور بهتر و تاحدودی ایمن‌تر و سالم‌تر در نظر گرفته شده‌اند (Barrington et al., 2010).

مفهوم انعطاف پذیر و عملکردی «IMTA»

«IMTA» بسیار انعطاف‌پذیر است و مضمونی بسیار متنوع دارد که بر اساس شرایط زیست محیطی، بیولوژیکی، فیزیکی، شیمیایی، اجتماعی و اقتصادی در نقاط مختلف دنیا عمومیت پیدا می‌کند. این روش را می‌توان را آبهای آزاد یا سیستم‌های دریایی یا آب شیرین که اغلب آکواپونیک (Aquaponics) خوانده می‌شود و سیستم‌های معتدل یا گرمسیری به‌کار برد. آنچه مهم است این می‌باشد که جانداران مناسب همراه با در نظر گرفتن ارزش یا پتانسیل اقتصادیشان، بر اساس سطوح مختلف تغذیه‌ای با توجه به عملکردهای مکملی که در اکوسیستم دارند انتخاب شوند. در حقیقت، «IMTA» کاری بیشتر از بازسازی اکوسیستم ساده پرورش در تعادل با محیط اطرافش نمی کند؛ به جای اینکه بیومس یک نوع موجود معرفی شود که تصور می‌شود می توان به شکل جدا از دیگر موارد پرورش داده شود. عملیات تلفیق باید به صورت پرورش در مجاورت یکدیگر در نظر گرفته شود، به این صورت که در حالیکه فاصله مشخصی بین اجزاء وجود دارد، اما به لحاظ ویژگی‌های اکوسیستمی ارتباط وجود داشته باشد. باید این نکته روشن شود که در ذهن کسانی که مخفف «IMTA» را ایجاد کردند، هرگز نباید پنداشته شود

که به‌طور مثال چشم انداز کوتاهی از پرورش سالمون (*Salmo salar*)، انواع کلپ (*Saccharina latissimi* و *Alaria esculenta*) و ماسل (*Mytilus edulis*) تنها در فاصله چند صد متری مدنظر باشد: این تنها تفاوت‌هاست و مفهوم «IMTA» باید به اکوسیستم‌های بسیار بزرگ مانند دریاچه ها و دریاهای بزرگ گسترش یابد. به این معنا که انواع «IMTA» شامل سیستم‌های آبزی‌پروری در تلفیق با کشاورزی (IAAS: Integrated Agriculture Aquaculture System)، سیستم‌های آبزی‌پروری در تلفیق با جنگلداری (مانگروها) (ISAS: Integrated Sylviculture (mangrove) Aquaculture System)، سیستم‌های آبزی‌پروری آب سبز تلفیقی (IGWAS: Integrated Green Water Aquaculture System)، سیستم های آبزی‌پروری در تلفیق با صیادی (IFAS: Integrated Fisheries Aquaculture System)، سیستم‌های آبزی‌پروری اکولوژیکی پایدار (SEAS: Sustainable Ecological Aquaculture System)، سیستم‌های آبزی‌پروری تلفیقی موقتی (ITAS: Integrated Temporal Aquaculture System) و سیستم‌های آبزی‌پروری متوالی تلفیقی (ISAS: Integrated Sequential Aquaculture System که سیستم‌های آبزی‌پروری تقسیم شده (PAS: Partitioned Aquaculture System) نیز نامیده می‌شود) می‌باشد. هیچ انتهایی برای سیستم «IMTA» در دنیا وجود ندارد. تنها اقلیم، شرایط زیست محیطی، بیولوژیکی، فیزیکی، شیمیایی، اجتماعی و سیاسی است که منجر به انتخاب سیستم‌های مختلف می‌شود (Chopin, 2013).

«IMTA» در آبهای داخلی، ذاتاً درباره مصرف مواد مغذی نسبت به «IMTA» در آبهای آزاد کاراتر است. سیستم‌های واقع در آبهای داخلی به دلیل بسته بودن کنترل بهتری بر جریان مواد مغذی دارند و از دست دادن مواد مغذی را به حداقل می‌رسانند، همچنین در این سیستم‌ها جریانهای آبی مختلف در حرکت است که شانس بیشتری را برای دسترسی به مواد مغذی فراهم می‌سازند. در سیستم‌های تانکی یا نهری در آبهای داخلی نیز بر جریانهای ورودی و خروجی کنترل آسان وجود دارد و ارزیابی ساده‌ای از طریق تغییر کیفیت آب انجام می‌شود. ارزیابی «IMTA» در آبهای آزاد پیچیده‌تر است چون طبیعت غیرمحصور و رقیق‌سازی سریع مواد مغذی در این سیستم‌ها وجود دارد (Reid et al., 2018).

پارادوکسی که وجود دارد این است که «IMTA» مفهوم جدیدی نیست. کشورهای آسیایی که بیش از دو سوم تولید آبزی-پروری دنیا را انجام می‌دهند، «IMTA» را برای قرنها اغلب به شکل پرورش چندگونه (polyculture) به شکل آزمون و خطا انجام می‌داده اند. پس چرا این راه حل عقل سلیم به شکل گسترده پیاده‌سازی نشده است؟ دلایل آن عموماً به عادات و شیوه های اجتماعی و مدل‌های اقتصادی برخواسته از بازار برمی‌گردد. در بازار مواردی وجود دارد که هرکس با آنها آشناست و درحالیکه این موارد مستقیماً در برگیرنده فعالیت‌های اقتصادی نیستند اما، روی آنها اثر دارند. متاسفانه این موارد در نظر گرفته نمی شود، حتی اگر عقل سلیم موافق آن باشد. جوامع انسانی به سرعت تغییر نمی یابند مگر آنکه دلایل متقاعد کننده برای آن وجود داشته باشد (Chopin, 2013).

نیاز به تنوع بخشی به سیستم های آبزی پروری مسؤولانه و دست یافتن به یک اکوسیستم

یک ضرب المثل قدیمی وجود دارد که می‌گوید «تمام تخم مرغها را در یک سبد نگذار». این ضرب المثل در کشاورزی و دیگر فعالیت های تجاری نیز کاربرد دارد و باید برای آبزی‌پروری نیز به‌کار رود. تولید بیش از اندازه از یک گونه به دلیل قیمت‌های در حال نوسان بازار و عرضه بیش از اندازه کالا و امکان تخریب فاجعه بار محصولات (به دلیل بیماری یا شرایط آب و هوایی مخرب) ثبات تجارت را با آسیب مواجه می‌کند. در نتیجه، تنوع بخشی به صنعت آبزی پروری برای کاهش ریسک اقتصادی و حفظ پایداری و رقابت پذیری توصیه می‌گردد.

از دیدگاه اکولوژیکی، تنوع‌بخشی به معنای پرورش بیش از یک سطح تغذیه ای است. یعنی، نه اینکه تنها گونه‌های مختلفی از ماهیان که کشت چند گونه (polyculture) اطلاق می شود افزایش یابند، بلکه هدف افزودن ترکیبی از جانداران مختلف و سطوح تغذیه‌ای پایین‌تر است (یعنی گیاهان آبزی، بی‌مهرگان، سخت‌پوستان، خارپوستان، کرم‌ها، باکتری‌ها و غیره) تا عملکرد اکوسیستم طبیعی تقلید شود. ماندن در سطوح تغذیه ای یکسان، دربرگیرنده الگوهای زیست محیطی نیست. چون نیازهای

ورودی و خروجی متنوع نیستند، سیستم در حالت نامتعادل می‌ماند. باید این نکته مهم مدنظر باشد که برای نتیجه گرفتن از عملیات آبزی‌پروری، بیشتر به تغییر مفهومی از درک کارکرد سیستم‌های تولید غذا تا تمرکز بر راه حل‌های فناورانه نیاز است (Chopin, 2013).

«IMTA» یکی از راه حل‌های نوآورانه است که برای پایداری زیست محیطی (کاهش اثر بر محیط زیست توسط موجود زنده برای بهبود سلامت اکوسیستم)، پایداری اقتصادی (خروجی بهتر، هزینه‌های کمتر، تنوع بخشی به محصولات، کاهش ریسک و ایجاد شغل در جوامع محروم) و مقبولیت اجتماعی (عملیات مدیریت بهتر، حاکمیت قانونی بهتر و درک بهای محصولات متمایز و ایمن) ترویج شده است. هدف این است که پایداری و سوددهی بلندمدت در واحد کشت (نه برای یک گونه که در پرورش تک گونه‌ای انجام می شود) افزایش یابد، بدین صورت که مقداری از غذای خورده نشده و مواد دفعی، مواد مغذی و محصولات جنبی یک محصول (جانور تغذیه شده) از بین نرود، بلکه دوباره به تسخیر درآید و به کود، غذا و منبع انرژی برای دیگر محصولات (گیاهان و جانوران حاصله) تبدیل شود. در عوض، این محصولات را می‌توان برداشت کرد و به عنوان غذای سالم به بازار عرضه کرد، درحالیکه هزینه های غذا به دلیل مصرف دوباره آن در کنج‌های اکولوژیک و کاهش اثر بر محیط زیست که توسط موجود زنده اتفاق می‌افتد (حذف بخشی از مواد مغذی، دی اکسید کربن و منبع اکسیژن) کاهش می‌یابد. در این مسیر، تمام اجزاء کشت ارزش تجاری دارند و هچنین نقش کلیدی در فرایندهای بازیافت و کاهش تأثیر بر محیط زیست از طریق موجود زنده را دارند (Chopin, 2013).

مسائل پیش روی «IMTA»

روش «IMTA» هرگز به عنوان راه‌حل برای همه چیز به تصویر کشیده نشده است. برای مثال، «IMTA» مسائل مربوط به فرار ماهیان را از مزارع خارج از خشکی در نظر نمی‌گیرد. البته که در صنعت پرورش ماهی، هر پرورش دهنده‌ای دوست ندارد با فرار ماهیان پولی از دست دهد. هرچند، این مورد مسأله مهندسی سیستم‌های پرورش (مواد تورسازی و قفس) است و با مناسب بودن محیط برای بقا، ناگزیر فرار اتفاق می‌افتد. برای برطرف کردن مشکل فرار، پیشنهاد می‌شود که مزارع ماهی از آبهای آزاد دور نگه داشته شوند و در خشکی یا محیط بسته ذخیره‌سازی صورت گیرد. به شکل ایده‌آل، سیستم‌های مداربسته در خشکی احتمال فرار ماهیان را کاهش می‌دهند. هرچند، بعید نیست که سیستم‌های آبزی پروری در خشکی بتوانند صد درصد مانع فرار ماهیان شوند، و بنابراین باید استراتژی‌های ضد فرار مانند حوضچه سیل بند، حصار الکتریکی، توری‌ها با سوراخ‌های مناسب و حوضچه صید تعبیه شود (Chopin, 2013).

رفتن به سمت عملیات ذخیره‌سازی در محیط بسته یکی از رهیافت‌هایی است که می‌تواند به مسائل مربوط به پایداری کمک کند اما بدون مشکل نخواهد بود. مقدار زیادی انرژی که اغلب دیزل یا الکتریسیته می‌باشد، برای پمپاژ و هوادهی نیاز می‌باشد. مواد مغذی نیز به آب پمپاژ می‌شوند یا جایی ته‌نشین می‌شوند و از دسترس خارج می‌شوند. تمام این فرآیندها «اثر انگشت کربن» را بر جای می‌گذارند و تنها به شکل جزئی مشکل مواد مغذی بیش از اندازه حل می‌شود. «IMTA» یا نوعی از آن که آکواپونیک می‌باشد باید به عملیات پرورش در محیط بسته یا سیستم‌های وابسته به آب شیرین اضافه شوند تا پساب را تصفیه کنند. یک تأثیر ممکن است به سادگی با تأثیری دیگر جایگزین شود. محققان در ارزیابی فناوری‌های آبزی‌پروری جایگزین هشدار داده‌اند که یک تأثیر در مورد مسائل زیست محیطی می‌تواند جابجا شود، اما برطرف نشود. به‌طور مثال در حالیکه اثرات اکولوژیک محلی کاهش می‌یابد، تقاضا برای ماده و انرژی افزایش می‌یابد و این می‌تواند منجر به افزایش مشخص نگرانی‌های جهانی درباره اثرات زیست محیطی مانند گرمایش جهانی زمین، تمام شدن منابع تجدیدناپذیر و اسیدی شدن شود (Ayer and Tyedmers, 2009).

عملیات آبزی‌پروری در محیط‌های محصور یا خشکی نیز به عنوان راهی برای کنترل بیماری‌ها و انتقال آنها شناخته می‌شوند. این نگرانی‌ها وجود دارد که حضور گونه‌های مختلف در سایت پرورش احتمال انتقال بیماری‌ها را افزایش دهند. گرچه، باید مشخص شود که سایت‌های پرورش در دریا و خشکی همیشه گونه‌های ناخواسته را همراه با عملیات پرورش دارند. این عوامل

بسته به موقعیت از میکروارگانیسم‌ها تا پستانداران دریایی تغییر می‌کنند. مسأله این نیست که تنها یک گونه در محل داشته باشیم، اما اینکه در چه تراکمی کنش‌های منفی با انواع موجودات ناخواسته اتفاق می‌افتد و آیا آنها هیچ کنش مثبتی با سیستم‌های متنوع تر دارند یا خیر. در حقیقت دو مطالعه اثبات کرده است که در آزمون‌های آزمایشگاهی ماسل آبی (*Mytilus edulis*) قادر به غیر فعال کردن ویروس عفونی کم خونی سالمون (ISAV) و ویروس نکروز عفونی پانکراتیک (IPNV) می‌باشد. بنابراین ماسل ها مخزن، میزبان یا ناقل این ویروس‌ها نیست و این موضوع بدین معناست که می‌توان الوارهای حاوی ماسل را به عنوان خط قرنطینه بهداشتی و امنیت زیستی حوالی قفس ماهی سالمون تعبیه کرد تا با بیماری‌های مشخصی مبارزه کند (Skår and Mortensen, 2007). همچنین گزارش شده است که تعداد کل باکتری در سیستم «IMTA» دارای گیاهان آبزی و آبه‌لون کاهش یافته است. مطالعات دیگر درباره احتمال خطر پارازیت‌ها در سیستم «IMTA» نشان داده است که ماسل آبی می‌تواند کپه‌پودها، مرحله پلانکتونیک و بیماری‌زای شپش دریایی و زئوپلاکتون‌های ریز را مصرف کند. امید است با داشتن گونه‌های مختلف در یک مزرعه، تعاملات مثبت بین گونه‌ها منجر به کنترل بیولوژیک عوامل بیماری‌زا و انگل‌ها گردد، از این رو تعداد تیمارهای شیمیایی هزینه‌بردار کاهش می‌یابد. با تأیید این موضوع، مشخص شده است که فیلترکنندگان نقشی فراتر از کاهش بار مواد معلق در پایداری آبزی‌پروری دارند (Chopin, 2013).

گفتنی است، توسعه مدل‌های جدید «IMTA» به راحتی نخواهد بود. باید شناخت کافی و اطلاعات جامع فیزولوژیک برای گونه‌هایی است که با هم پرورش داده می‌شوند داشت (Ren et al., 2012).

شناخت و ارزش‌گذاری خدمات کاهش اثر بر محیط زیست توسط «IMTA»

آنالیزهای اقتصادی اندکی بر این موضوع اشاره کرده‌اند که چشم انداز افزایش سودآوری از طریق «IMTA» امیدوار کننده است. گرچه، این آنالیزها تنها بر اساس ارزش تجاری بیومس فروش رفته از ماهی، نرم‌تنان و یا گیاهان است و همچنین بر پایه تخمین قیمت محافظه کارانه برای جاندارانی است که با هم پرورش داده می‌شوند. یک جنبه ای که در این آنالیزها در نظر گرفته نشده است این حقیقت است که اجزاء استخراج شده از سیستم «IMTA» نه تنها بیومس چند منظوره با ارزش تولید می‌کنند بلکه، باعث کاهش مواد زائد در محیط می‌شوند. به ویژه مشخص است که زمانی‌که مواد مغذی به اکوسیستم‌ها وارد می‌شوند، راه‌های حذف بسیاری برای آنها وجود ندارد. استفاده از گونه‌های حاصله یکی از انتخاب‌های واقع بینانه و مقرون به-صرفه است. بنابراین، می‌بایست ارزش اقتصادی خدمات اجتماعی و زیست محیطی گونه‌های حاصله شناخته شود و در ارزیابی ارزش واقعی اجزاء «IMTA» به حساب آید. به مدلهای اقتصادی پیشرفته نیاز است تا به جذابیت «IMTA» از دید اقتصادی (جامعه) و تجاری (صنعت) کمک شود (Ridler et al., 2007).

چه چیزی باعث می شود که پذیرش «IMTA» به عنوان آبزی پروری مسؤولانه در آینده مطرح شود؟

سیستم‌های «IMTA» پیشرفته در آبهای باز دریایی و آبزی پروری در خشکی سه جزء مشخص دارند: ماهی، تغذیه کنندگان معلق یا چراکنندگان مانند نرم تنان و گیاهان آبزی که در قفس، الوارهای شناور در آب و ریسمان‌های شناور جای می‌گیرند، اما آنها مسلماً سیستم‌های ساده‌ای هستند (Neori et al., 2004). در واقع این گونه‌ها که با هم پرورش داده می‌شوند در سه کنج مختلف و بر اساس نوع جریان‌های مواد مغذی دفعی که مورد مصرف قرار می‌گیرند دسته‌بندی می‌شوند. آنها شامل گونه‌هایی هستند که می‌توانند غذای خود را از ذرات مواد آلی ته‌نشین شده یا معلق به‌دست آوردند، و گیاهان آبزی یا غیر آبزی است که می‌توانند مواد مغذی محلول را جذب کنند. از یک سو تعداد کنج‌های اکولوژیک اشغال شده پتانسیل بازیافت مواد مغذی را افزایش می‌دهند، از سویی دیگر پیچیدگی کشت را بالا می‌برند (Reid et al., 2018). در سیستم‌های پیشرفته تر اجزاء متعدد دیگری (مانند سخت‌پوستان در جزیره نماهای میان آبی؛ دپوزیت‌خواران مانند خیارهای دریایی، خارپوستان و کرم‌های پرتار در کف قفس‌ها یا سینی‌های معلق؛ و ماهیان کفزی در کف قفس) وجود دارند تا عملکردهایی هم متفاوت و هم مشابه را برای اندازه‌های متفاوت ذرات داده باشند یا بر اساس حضور آنها در زمان‌های مختلف سال (به طور مثال گونه‌هایی از گیاهان آبزی) انتخاب شوند. سیستم‌های بسیار پیشرفته از «IMTA» در مقیاس تجاری را می‌توان در کانادا، شیلی، آفریقای جنوبی و چین

یافت (Barrington et al., 2009). پروژه‌های تحقیقاتی ادامه داری نیز در رابطه با توسعه «IMTA» در انگلستان (اغلب اسکاتلند)، ایرلند، اسپانیا، پرتغال، فرانسه، نروژ، ژاپن، کره جنوبی، تایلند، ایالات متحده آمریکا و مکزیک در حال انجام است.

در جمع بندی باید گفت «IMTA» بر اساس اصولی منطقی استوار است:

- راهکار حذف مواد مغذی رقیق‌سازی نیست، بلکه استخراج و تبدیل آنها به موجودی دیگر از طریق تنوع‌بخشی به آبزی-پروری است
- در حقیقت، بازگویی اصل اولیه ترمودینامیک است که هیچ چیز از بین نمی‌رود، چیزی خلق نمی‌شود، همه چیز تغییر می‌کند.
- آنچه به عنوان مواد دفعی شناخته می‌شود، برای دیگری ارزشمند است.
- تمام تخم مرغ‌ها در یک سبد قرار نمی‌گیرد.

انتخابِ ترکیب درستی از گونه‌ها بسیار مهم است. آنها باید برای محیط مناسب باشند، فناوری و نیروی کار آنها در دسترس باشد و شرایط زیست محیطی و اقلیمی منطقه در نظر گرفته شود. باید در عملکرد اکوسیستمی مکمل یکدیگر باشند؛ در بیومس مشخصی رشد کنند تا بتوانند کارایی مناسب برای کاهش اثرات زیست محیطی آبزی پروری داشته باشند؛ به شکل ماده خام قیمت قابل توجهی داشته باشند یا محصولات خشک آنها دارای ارزش افزوده باشد. میان‌کنش-های اکولوژیکی و هم افزایی در یک سیستم «IMTA» باید مشخص گردد و از مزایای آنها به شکل کامل استفاده شود (Reid et al., 2018).

در نهایت باید گفت این به ما بستگی دارد که حاضر باشیم روش‌های آبزی‌پروری بهتری را برای آینده توسعه دهیم یا هنوز با روش‌های سنتی غیرمسؤولانه این صنعت را در کشور دنبال کنیم !!

منابع

AYER, N. W. & TYEDMERS, P. H. 2009. Assessing alternative aquaculture technologies: life cycle assessment of salmonid culture systems in Canada. *Journal of Cleaner production*, 17**,** 362-373.

BARRINGTON, K., CHOPIN, T. & ROBINSON, S. 2009. Integrated multi-trophic aquaculture (IMTA) in marine temperate waters. *Integrated mariculture: a global review. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper*, 529**,** 7-46.

BARRINGTON, K., RIDLER, N., CHOPIN, T., ROBINSON, S. & ROBINSON, B. 2010. Social aspects of the sustainability of integrated multi-trophic aquaculture. *Aquaculture International*, 18**,** 201-211.

BUREAU, D. P. & HUA, K. 2010. Towards effective nutritional management of waste outputs in aquaculture, with particular reference to salmonid aquaculture operations .*Aquaculture Research*, 41**,** 777-792.

CHOPIN, T. 2013. Aquaculture, Integrated Multi-trophic (IMTA). *In:* CHRISTOU, P., SAVIN, R., COSTA-PIERCE, B. A., MISZTAL, I. & WHITELAW, C. B. A. (eds.) *Sustainable Food Production.* New York, NY: Springer New York.

CHOPIN, T., COOPER, J. A., REID, G., CROSS, S. & MOORE, C. 2012. Open- water integrated multi-trophic aquaculture: environmental biomitigation and economic diversification of fed aquaculture by extractive aquaculture. *Reviews in Aquaculture*, 4**,** 209-220.

FAO 20 .۱۸The state of world fisheries and aquaculture. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations.

HAQUE, M. M., BELTON, B., ALAM, M. M., AHMED, A. G. & ALAM, M. R. 2016. Reuse of fish pond sediments as fertilizer for fodder grass production in Bangladesh: Potential for sustainable intensification and improved nutrition. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 216**,** 226-236.

NEORI, A., CHOPIN, T., TROELL, M., BUSCHMANN, A. H., KRAEMER, G. P., HALLING, C., SHPIGEL, M. & YARISH, C. 2004 .Integrated aquaculture: rationale, evolution and state of the art emphasizing seaweed biofiltration in modern mariculture. *Aquaculture*, 231**,** 361-391.

REID, G. K., LEFEBVRE, S., FILGUEIRA, R., ROBINSON, S. M., BROCH, O. J., DUMAS, A. & CHOPIN, T. B. 2018 .Performance measures and models for open- water integrated multi- trophic aquaculture. *Reviews in Aquaculture*.

REN, J. S., STENTON-DOZEY, J., PLEW, D. R., FANG, J. & GALL, M. 2012. An ecosystem model for optimising production in integrated multitrophic aquaculture systems. *Ecological Modelling*, 246**,** 34-46.

RIDLER, N., WOWCHUK, M., ROBINSON, B., BARRINGTON, K., CHOPIN, T., ROBINSON, S., PAGE, F., REID, G., SZEMERDA, M. & SEWUSTER, J. 2007. Integrated multi− trophic aquaculture (IMTA): A potential strategic choice for farmers. *Aquaculture Economics & Management,* 11**,** 99-110.

SKÅR, C. K. & MORTENSEN, S. 2007. Fate of infectious salmon anaemia virus (ISAV) in experimentally challenged blue mussels *Mytilus edulis*. *Diseases of aquatic organisms,* 74**,** 1-6.