هزینه – فایده IMTA: مقایسه‌ای از راندمان تولید صدف‌های ماسل و گیاهان آبزی (جلبک‌های دریایی)

مترجم: علی ایزدی

۱- دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران
۲- سازمان شیلات ایران

* alizadi2002@gmail.com

تاریخ دریافت: آبان ۱۳۹۵ تاریخ پذیرش: اسفند ۱۳۹۵

چکیده

این مقاله مقایسه‌ای از ظرفیت بیوفیلتری و هزینه فایده صدف ماسل آبی (*Mytilus edulis*) و جلبک‌های دریایی (Kelps) در طرح یکپارچه پرورش چندگانه آبزیان (IMTA) بر اساس تجارب به دست آمده در ایرلند و دانمارک است.
ضرورت نگرش اقتصادی به سیستم بیوفیلتری: با توجه به قابلیت جذب مقادیر نیتروژن، صدف‌ها پالایش‌کننده (بیوفیلتر) بهتری از جلبک‌ها هستند و هزینه بیوفیلتری صدف ۳۰ – ۱۱ یورو به ازاء هر کیلوگرم ازت خارج شده از سیستم می‌باشد.
ولی هزینه‌های تولید جلبک های *Laminaria digitata* ۶۷۲ – ۲۰۹ یورو و *Alaria esculenta* ۱۰۱۳ یورو به ازاء هر کیلوگرم ازت خارج شده از سیستم در شرایط آزمایشگاه و شرایط در دریا است.
جلبک دریایی (*Saccarina latissima*) هزینه تولید ۳۸ – ۱۰ یورو به ازاء هر کیلوگرم ازت خارج شده از سیستم دارد و قبل از انتخاب بیوفیلترها باید از مضرات آن‌ها هم اطلاع داشت بطور مثال برای جلبک‌ها به غیر از هزینه‌ها، پرندگانی مثل اردک‌ها و همچنین موجودات چسبنده به مجموعه اضافه می‌شوند.

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2026-11-22]

[DOR: 20.1001.1.24234575.1396.4.2.7.5]

مقدمه

مقابله با پدیده جهانی یوتریفیکاسیون و غنی شدن آب‌های ساحلی با نیتروژن یکی از دغدغه های امروز جامعه بشری می باشد. از طرفی طرح یکپارچه پرورش چندگانه آبزیان (IMTA) که با پرورش ترکیبی از گونه‌های آبزیان (به طور مثال ماهی و میگو به همراه صدف‌ها، جلبک‌ها، خارپوستان، پرتاران، باکتری‌ها و غیره) انجام می‌شود، برای به حداقل رساندن اثرگذاری پرورش متراکم ماهی بر محیط زیست و جذب ذرات مواد آلی (POM) یا TSS تولید شده و کاهش اثر آن‌ها بر محیط بستر و کفزیان اطراف و نیز زیر قفس‌ها و تولید نیتروژن غیر آلی محلول شده (DIN) یا TDS می‌باشد؛ بدین ترتیب با برداشت این گونه‌ها از محیط، مواد آلی تولید شده از پرورش متراکم ماهیان نیز از محیط حذف می‌شوند.

در سیستم‌های پرورشی، جذب نیتروژن غذا (N) از مواد آلی دفع شده از ماهیان توسط تولیدات فتوسنتزی (۴۲ – ۲۰ درصد) و گیاهخواران (۴۵ – ۲۹ درصد) صورت می‌گیرد.

جمعیت باکتری‌ها و کرم‌ها، از عوامل کوچک تبدیل کننده مواد مغذی و افزایش جذب آن‌ها به شمار می‌روند (به ترتیب ۷ و ۰.۰۰۶ درصد ازت غذا).

به هر حال، باکتری‌ها و کفزی‌خواران به ندرت در سیستم-های پرورش متراکم مورد توجه قرار می‌گیرند و پتانسیل آن‌ها اغلب دست کم گرفته می‌شوند.

در دانمارک، مجوزهای میزان تولید ماهی مطابق با دستورالعمل‌های آبزی‌پروری که افزایش مقادیر فسفر و ازت در محیط را محدود می‌نماید، صادر می‌گردد. همانطور که می‌دانید، مواد مغذی وارد شده به آب، عامل اصلی محدود کننده در صنعت آبزی‌پروری است.

دولت دانمارک در ماه مارس سال ۲۰۱۴، در مورد برنامه اجرایی تجدید نظر نمود. درخواست وزارت محیط زیست این کشور مبنی بر کاهش ۱۰ درصدی میزان ازت وارد شده به محیط توسط شرکت‌های بزرگ اجرا شده و خود را مقید به انجام آن می‌دانند.

بدیهی است این امر می‌بایست با افزایش راندمان تولید یا کاهش برنامه تغذیه آبزیان و یا استفاده از بیوفیلترها صورت گیرد. از سوی دیگر با توجه به توسعه فن آوری ساخت خوراک ماهیان سردابی و روش‌های تغذیه آن‌ها، و از هدر رفت مواد مغذی خوراک تا حد زیادی جلوگیری می‌گردد. باید توجه داشت موجوداتی مانند جلبک و صدف می‌بایست به طور مرتب برداشت شوند تا مواد آلی اخذ شده از محیط دریایی و ذخیره شده در بیوفیلتر خارج گردد.

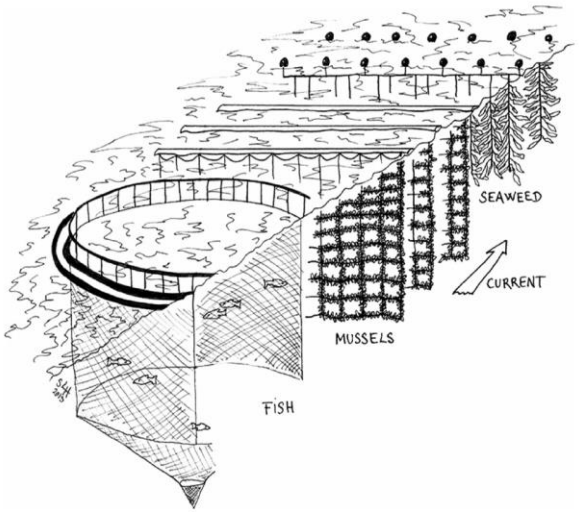
راندمان بیوفیلترها توسط تخمین و محاسبه میزان ازت و فسفر موجود در بافت های بیوفیلترهای خارج شده از محیط مشخص می‌گردند (کل تناژ برداشت شده از بیوفیلترها و محاسبه ازت و فسفر با آنالیز ترکیبی بافت).

بدیهی است راندمان جذب مواد را با آنالیز آب موجود در اطراف این سیستم‌ها و تعیین ورود و خروج مواد آلی نمی-توان انجام داد (با توجه به رقیق شدن بسیار زیاد مواد مغذی وارد شده به محیط دریا، نمی‌توان تغییرات تجمع مواد را در هر لحظه تعیین نمود).

ولی در عوض محاسبه میزان ازت خارج شده توسط بیوفیلتر هایی مانند جلبک و صدف و برداشت ها آنها امکان پذیر است.

تولید جلبک‌های دریایی و ظرفیت جذب مواد آن‌ها :

پرورش جلبک‌ها جزء فن‌آوری‌های جدید به کار رفته در اروپا می‌باشد، و مجموع تولیدات گیاهان آبزی ۲۷٪ کل تولیدات آبزی‌پروری (شیرین و شور) می‌باشد و آسیا از این مقدار به میزان ۹۹.۶ ٪ را به خود اختصاص داده است. چین به تنهایی ۵۸.۴ ٪ از سهم آسیا را دارد.



اقدامات انجام شده و گزارشات جهانی در زمینه پرورش جلبک‌ها نشان داده است که جلبک قهوه‌ای می‌تواند به میزان ۶۰ – ۱۲ تن ماده خشک در هر هکتار در سال با روش کشت طنابی تولید نماید.

تعدادی از گونه های کلپ اروپایی مانند *Laminaria digitata* , *S.latissima* , *Alaria esculenta* در روی رشته‌ها یا طناب‌ها پرورش داده می‌شوند. دوره زندگی، روش تولید و محصول گونه‌های فوق با هم مشابه هستند و می‌توانند با هم مقایسه شوند.

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2026-11-22]
[DOR: 20.1001.1.24234575.1396.4.2.7.5]

در این مقاله ما از تولید ۱۲۰ تن وزن تر جلبک *S. latissima* در هر هکتار استفاده خواهیم نمود (معادل ۱۸ تن ماده خشک در هکتار در سال می‌باشد با ضریب تبدیل به ماده خشک ۱۵٪) که می‌تواند مقدار ۵۷۶ کیلوگرم ازت را جذب و تثبیت نماید (۳.۲ ٪ ازت در ماده خشک).

رشد این جلبک‌ها علاوه بر فسفات به ازت محلول در آب، بویژه در اشکال نیترات و آمونیوم نیاز دارد و در انواع کلپ‌ها مقدار جذب ازت متفاوت بوده و بستگی به عوامل محیطی از جمله غلظت DIN دارد. به عبارتی هزینه‌های تولید به ازاء هر تن وزن تر جلبک بین ۳۲۲۵ – ۲۳۸۰ یورو در ادوارد و واتسون بوده است و ۵۰۰۰ یورو به ازاء هر تن وزن تر تولید شده در آربونا و موللا ولی با تولید گونه دیگری از جلبک‌های اقتصادی در دانمارک (جلبک *S.latissima*)، می‌توان به ازاء هر تن تولید کمتر از ۴۰ یورو هزینه و محصول را برداشت نمود.

این هزینه ها شامل کلیه مراحل تولید تا برداشت می‌باشد. البته در یک مقیاس پایلوت در هلند هزینه‌های تولید هر تن وزن تر جلبک *S.latissima* میانگین ۱۸۰ یورو بوده است که طی ده سال می‌توان آن را به ۹۰ – ۷۵ یورو کاهش داد.

برای به حداقل رساندن هزینه‌های تولید می‌بایست از مقیاس‌های بزرگ استفاده نمود.

تولید صدف‌های دریایی و ظرفیت جذب مواد آن‌ها: کل تولید صدف در دنیا ۱.۸ میلیون تن که ۹.۸ ٪ آن مربوط به صدف آبی است که بیشترین میزان آن در اروپا تولید می‌شود (۸۵٪)(FAO, 2013). صدفچه‌ها (اسپات) در اغلب سطوح می شیند و بویژه بر روی طناب‌های جمع‌آوری صدفچه می‌نشینند. این فرآیند برای پرورش صدفچه بر روی طناب مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرد و تا زمان برداشت آن‌ها بصورت عمودی و آویزان نگهداری می‌شوند. صدف‌ها به روش‌های مختلف پرورش می‌یابند مانند پرورش در کف، بر روی طناب‌های آویزان از شناور و یا سیستم رشته قلاب‌های طویل، صدف‌ها با روش فیلتر نمودن آب تغذیه می‌نمایند و می‌توانند مقادیر POM را در بدن جذب نمایند که به شکل فیلتر نمودن فیتوپلانکتون‌هایی که از محل قفس‌ها عبور نموده‌اند و یا ذرات مدفوع و غذای خورده نشده می‌توانند در تغذیه این گونه مورد استفاده قرار گیرند. صدف‌ها می‌توانند بصورت غیرمستقیم مقادیر DIN را در بدن جذب نمایند، بطوریکه با مصرف فیتوپلانکتون‌ها و ضرورت رشد فیتوپلانکتون‌ها به ازت محلول این کار صورت می‌گیرد. در حقیقت صدف‌ها با رشد خودشان همکاری مثبتی در تولید سالمون دارند.



- مقادیر قابل اندازه‌گیری و جذب شده ازت در بافت جلبک‌ها و صدف‌ها که در زمان برداشت ازمحیط خارج می‌شوند.
- مدل‌سازی و محاسبات مقادیر مذکور در دانمارک در سه مزرعه نزدیک بهم صورت گرفت.
- گزارش‌ها، هزینه فایده پرورش صدف آبی را تقریباً ۰.۱۱ یورو به ازاء هر کیلوگرم
- خارج نمودن هر کیلو ازت هزینه‌ای معادل ۱۱.۴ یورو در گریت بلت دانمارک داشته است.
- در آب‌های با جریان کمتر، هزینه تولید صدف بطور معنی‌داری کمتر بود.
- تراکم صدف نیز عامل مهمی است که در انتخاب محل مناسب و طراحی امکانات موجود در منطقه، باید به آن توجه نمود.

هزینه فایده و سطح مورد نیاز برای تولید بیوفیلترهای جلبک و صدف: جلبک‌ها می‌توانند مقادیر DIN را در بافتشان جذب می‌نمایند.

صدف‌ها با فیلتر نمودن فیتوپلانکتون‌ها و ذرات غذایی بصورت غیرمستقیم باعث جذب DIN , POM می‌شوند. با تعیین مقادیر جذب می‌توان میزان راندمان هر دو را مقایسه نمود. بصورت میانگین می‌توان گفت که به میزان ۱٪ وزن توده زنده صدف (پوسته و گوشت)، ازت جذب شده است. به میزان ۰.۴۸ درصد وزن توده زنده جلبک، ازت جذب شده است (تقریباً نصف صدف). هزینه جذب ازت توسط صدف‌ها به عنوان یک بیوفیلتر در دامنه ۱۹.۲ – ۱۱.۴ یورو به ازاء هر کیلوگرم ازت برآورد شده است. برای بیوفیلتر جلبکی این هزینه در ایرلند ۲۰۹ یورو در هر کیلوگرم ازت خارج شده مشخص گردید.

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2026-11-22]

[DOR: 20.1001.1.24234575.1396.4.2.7.5]

کل سرمایه‌گذاری مورد نیاز برای فیلتر جلبکی ۶۷۲ – ۴۹۶ یورو به ازاء هر کیلوگرم خروج ازت برآورد شده است. در مقیاس اقتصادی در دانمارک، هزینه بیوفیلتر جلبکی ۸ یورو به ازاء هر کیلوگرم خروج ازت و در شرکت‌های معمولی در هلند ۳۸ یورو بوده است. مساحت مورد نیاز برای تولید ۱۰۰۰ تن حجم توده زنده بیوفیلتر، در صدف ۷.۵ هکتار و برای جلبک ۸ هکتار می‌باشد.

بحث

تولید غذا چه در خشکی و چه در دریا، در میان سایر فعالیت-های انسان همواره مخاطرات منفی بر روی محیط اطراف و زیستگاه بسته به شدت پرورش و یا نوع روش های برداشت اثر متفاوتی بر بانک ژنی و منابعی که اغلب محدود شده‌اند، داشته است.

پرورش تک گونه‌ای ماهیان باعث تهدیدات و تغییر در تعادل مواد مغذی محیط طبیعی و اکوسیستم‌های دریایی شده است. به عبارت دیگر افزایش ورود درشت مغذی‌ها (نیتروژن و فسفر) سواحل را به سمت نابودی و یوتروفی پیش می‌برد.

توسعه آبزی‌پروری مدرن و پایدار با نگرش زیست محیطی و کاهش اثرات پرورش تک‌گونه‌ای مورد توجه قرار گرفته است. بنابراین سیستم IMTA به عنوان یک ابزار و بهترین فن‌آوری در دسترس مطرح می‌باشد.

بیوفیلترها که نباید به صدف و جلبک محدود شوند می-توانند تعادل اکولوژیک را بوجود آورند. موجودات دیگری که به فضای بیشتر در سیستم IMTA نیاز ندارند مانند خیار دریایی که می‌توان از آن‌ها در زیر مزارع پرورش ماهی استفاده نمود. در این مقاله هدف مقایسه کارایی دو بیوفیلتر جلبکی و صدفی می‌باشد ولی ضروری است این تجربیات در آینده تکرار شوند و گونه‌های بیشتری را وارد این سیستم نمایند تا راندمان فیلترکنندگی افزایش یابد.

در مقایسه وزن به وزن صدف و جلبک، مشخص شد که صدف قدرت پالایش بیشتری را نسبت به جلبک که جذب نیتروژن در توده زنده آن ۵۰ درصد صدف می‌باشد.

بهینه‌سازی پرورش صدف و جلبک، به همان میزان تولید را در بر خواهد داشت (۱۰۰۰ تن در ۸ هکتار). اما بصورت واقع گرایانه و معنی‌دار، پرورش جلبک سطح بیشتری از صدف نیاز دارد(بر اساس گزارشات طرح پایلوت جلبک در دانمارک).

برای مثال در ایرلند سطح مورد نیاز برای جلبک ۱۹ برابر بیشتر از صدف بود. فضای مورد نیاز برای تامین بذر جلبک ۵ برابر بیشتر از صدف بوده است و این دلیل توجه بیشتر به بهینه‌سازی سیستم دارد.

در صورت وجود محدودیت در سایت‌های آبزی‌پروری برای جذب و خروج نیتروژن از محیط، پرورش صدف جذابیت بیشتری نسبت به جلبک دارد.

در این مطالعه مشخص گردید *A.esculenta* توانست مقادیر ۴.۸ - ۴.۴ کیلوگرم ازت را به ازاء هر تن وزن تر جذب نماید.

این ظرفیت بیوفیلتری در جلبک *S.latissima* کمتر بوده و به میزان ۲.۳ کیلوگرم ازت به ازاء هر تن وزن تر محاسبه گردید(۲۰۱۳).

تولید ۶۳ تا ۹۵ تن در هکتار و حتی بیشتر در گونه‌های *A.esculenta* و *S.latissima* و برای هر دو طرح در ایرلند و دانمارک مشاهده گردید.

جلبک‌ها و صدف‌ها می‌توانند اشکال مختلف مواد مغذی را جذب نمایند. جلبک‌ها مواد محلول و صدف‌ها مواد جامد مدفوع و شبه مدفوع ماهیان را می‌توانند جذب و تبدیل نمایند. باعث جذب DIN ,POM و دفع آن‌ها از محیط شوند غلظت آمونیاک در مناطق پرورش صدف افزایش می‌یابد، در ارزیابی‌های اخیر بر اساس مدل‌ها در پرورش اقتصادی صدف در خلیج بنتری ایرلند، تایید گردید که در این مناطق با افزایش مقادیر DIN تا ۲۵٪ در نتیجه تبدیل مواد معدنی به آلی مواجه گردید.

صدف‌ها می‌توانند تا ۴۵٪ ازت را جذب نمایند (تقریباً 0.02 گرم در هر گرم بافت صدف در هر روز).

جداسازی فضایی مواد مغذی در سیستم IMTA، مفهوم قابل قبولی در پالایش سیستم است. مزارع ماهیان دریایی بر روی محیط زیست تاثیر متفاوتی دارند و در مناطق باز دریایی این اثر کمتر است (رقیق شدن و حل شدن بیشتر مواد مغذی). یک مزرعه دار پرورش ماهی در دانمارک ۳۳ یورو به ازاء هر کیلوگرم خروج ازت هزینه داشته است. در دانمارک پرورش صدف بر روی طناب ۳۵ سال قدمت دارد، در صورتیکه پرورش جلبک حداکثر ۱۵ سال است. اختلاف هزینه‌های تولید در دانمارک و ایرلند (۴۰ یورو به ازاء هر تن) ناشی از اختلاف در روش‌های تولید می‌باشد. میانگین تولید هر دو گروه مساوی و ۱۰ کیلوگرم در هر متر طناب می‌باشد.

روش دانمارکی از طناب اصلی افقی، طناب های به طول ۵ متر عمودی آویزان روش ایرلندی از یک شبکه تور مانند طناب‌ها و تولید ۱۰ برابر بیشتر از روش دانمارکی میزان تولید در جلبک *S.latissima* با افزایش عمق کمتر می‌شود. در عمق

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2026-11-22]

[DOR: 20.1001.1.24234575.1396.4.2.7.5]

۱ متری آب ۸ کیلوگرم وزن تر در هر متر و در عمق ۷ متری به ۲ کیلوگرم در هر متر رسیده است. میانگین ۴ کیلوگرم در متر طول در طناب‌های آویزان تولید گردید.

دو سیستم شامل " لانگ لاین و مزرعه هوشمند " بصورت متراکم و گسترده سیستم سنتی لانگ لاین فقط بخشی از کارها مکانیزه می‌باشد و در نتیجه مراقبت و تمیز نمودن طناب‌ها وقت گیر و هزینه‌های تولید افزایش هر دو روش در چند سال اخیر مکانیزه‌تر شده‌اند (کاشت، داشت و برداشت) و برداشت محصول در حداقل زمان انجام می شود که باعث کاهش در هزینه کشت کلپ ها بر روی طناب در اروپا در یک دوره ۶ – ۴ ماهه مناسب برای سیستم IMTA هستند.

نژادهای اصلاح شده پر محصول با محتوی پروتئین بالا و مقاوم در برابر بیماری‌ها، باعث افزایش ظرفیت بیوفیلتری سیستم IMTA و افزایش جذب ازت با افزایش بیوماس البته این مزارع (صدف و جلبک) تهدیدات آب و هوایی، برخورد شناورها و غیره را نیز دارد.

آمار آبزی‌پروری دانمارک در سال ۲۰۱۱ ، برداشت ۵۴۰ تن صدف آبی (۱۶۱ تن محصول زنده برای صادرات و ۳۷۹ تن برای مصارف انسانی) با ارزش ۲۶۹ هزار یورو (۰.۵ یورو برای هر کیلوگرم) را گزارش نموده است.

در ایرلند کل تولید صدف آبی (پرورش روی طناب و پرورش در کف) در سال ۲۰۰۷ ، ۲۹۴۷۰ تن با ارزش ۲۸.۷ میلیون یورویی(۰.۹۷ یورو برای هر کیلوگرم) بیوفیترها می‌توانند جلبک‌های مضر و سمی را فیلتر نمایند که باعث سمیت صدف می‌شود.

تولیدکنندگان آن‌ها را برای مصارف انسانی نمی‌توانند وارد بازار نماید. همین سناریو برای جلبک‌هایی که در مناطق با غلظت زیاد فلزات سنگین کشت شده‌اند وجود دارد، ارسال آن‌ها به بازار وجود ندارد. معمولاً این مقادیر در صدف و جلبک در زیر حد مجاز می‌باشند. در محصولات خوراکی مانند اسنک و سوشی استفاده می‌شوند.

از جلبک‌ها به عنوان سوخت زیستی، انواع کودها و محصولات مراقبتی نیز بهره‌برداری می‌گردد. از همه مهمتر باعث افزایش تولید ماهی با بهینه کردن شرایط آب می‌گردند. در صورت عدم وجود بیوفیلترها در اطراف مزارع دانمارک و آلودگی بیشتر محیط و کاهش تولید، خسارت ۱.۵ میلیارد یورویی تخمین زده شده است. در آینده نزدیک می‌توان کمبود مواد مغذی در زمین‌های کشاورزی را با استفاده از مواد مغذی ذخیره شده در بیوفیلترها جبران نمود و یک اثر متقابل مثبت بین خشکی و دریا ایجاد نمود.

جمع بندی

صدف آبی و جلبک‌ها (کلپ‌ها) به عنوان بیوفیلترهای مواد مغذی (بویژه نیتروژن) در سیستم IMTA

بیوفیلترها مکانیسمی برای پرورش دهندگان ماهی سالمون در قفس ، نسبت به کاهش مقادیر مواد مغذی مزارع

بیوفیلترها به عنوان فن‌آوری در دسترس می‌توانند در بهبود وضعیت تولید مزارع استفاده شوند.

هر دو بیوفیلتر نیاز به مساحت‌های بزرگی برای پرورش دارند

صدف‌ها راندمان بیشتری و هزینه فایده بهتری نسبت به جلبک‌ها دارند، اگرچه کشت جلبک‌ها مراحل اولیه توسعه در اروپا را طی می‌نمایند.

بیوفیلترها از نظر مکان قرارگیری در نقاط مختلفی قرار می‌گیرند (بستگی به شرایط مناسب بستر) و باعث افزایش راندمان اقتصادی می‌گردد.

خطرات تحدیدکننده توده‌های جلبکی و صدفی (مانند شکارچیان و مواد چسبنده به تور و غیره)

ارزش توده‌های زنده تولید شده، توسعه روش‌های کشت و پذیرش اجتماعی محصولات از عوامل مهم و قابل توجه می-باشند.

منبع:

L.Holdt, S. and D.Edwards, M., 2014. Cost-effective IMTA: a comparison of the production efficiencies of mussels and seaweed, J Appl Phycol.

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2026-11-22]
[DOR: 20.1001.1.24234575.1396.4.2.7.5]