

پرورش میگو با سیستم بیوفلاک

زکریا عبدی راد، بابک قانندیا

zakabdirad@gmail.com

پژوهشکده میگوی کشور، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، بوشهر، ایران

چکیده

تغییرات و آسیب‌های جبران‌ناپذیر نکند، ضرورت دوم در این زمینه محسوب می‌شود و نهایتاً سومین موضوع قابل توجه، به‌کارگیری سیستم‌هایی است که نسبت هزینه به فایده در بعد اقتصادی و اجتماعی را به صورت همزمان فراهم کند. این سه اصل مهم در توسعه صنعت آبی‌پروری را می‌توان به کمک سیستم بیوفلاک که در حال حاضر یکی از فناوری‌های مطرح در صنعت به خصوص پرورش میگو و تیلاپیا، به شمار می‌رود، فراهم کرد (Avnimelech, 2006).

سیستم بیوفلاک

به‌طوری‌که بیوفلاک به ذرات میکروسکوپی متشکل از باکتری‌ها، دیاتومه‌ها، جلبک‌ها، ذرات غذایی، ارگانسیم‌های مرده گفته می‌شود (شکل ۱). بیوفلاک‌ها در سیستم پرورشی دو نقش اساسی ایفا می‌کنند، اولاً حفظ کیفیت آب به کمک جذب ترکیبات نیترژن دار و در نتیجه کاهش نیاز به تعویض آب تا نزدیک به صفر درصد. دوم تولید پروتئین میکروبی قابل مصرف برای آبی (کاهش ضریب تبدیل غذایی).

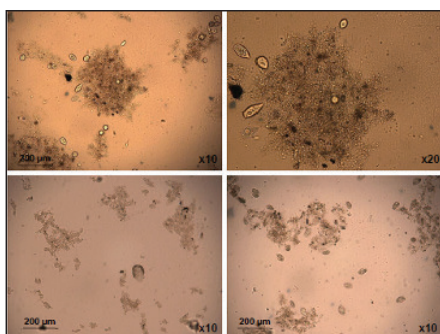
توسعه پایدار پرورش آبزیان باید به نحوی باشد که تولید حداکثری را بدون استفاده‌ی بیشتر از منابع اولیه مانند آب و خاک، عدم آسیب به محیط زیست و نسبت بهینه هزینه به فایده در بعد اقتصادی و اجتماعی را به صورت همزمان فراهم کند. سیستم بیوفلاک که در حال حاضر یکی از فناوری‌های مطرح در صنعت به خصوص پرورش میگو و تیلاپیا، به شمار می‌رود می‌تواند یاریگر توسعه صنعت آبی‌پروری با شرایط مذکور باشد. بیوفلاک‌ها با حفظ کیفیت آب باعث کاهش نیاز به تعویض آب و از طریق تولید پروتئین میکروبی قابل مصرف منجر به کاهش ضریب تبدیل غذایی می‌گویی پرورشی می‌شوند. اثرات منحصر به فرد کاربرد سیستم بیوفلاک در پرورش گونه لیتوپنئوس وانامی شامل؛ نیاز بسیار کم به تعویض آب، امکان پرورش میگو در تراکم بالا، کاهش خطر ورود بیماری‌ها و استفاده از آن در سیستم پرورش میگو در آب‌های لب شور داخلی می‌باشد که در این مقاله به جنبه‌های مختلف این سیستم نوین در پرورش میگو می‌پردازیم.

واژگان کلیدی: بیوفلاک، آبی‌پروری، پرورش متراکم، میگو

مقدمه

تأمین نیاز بشر به آبزیان در کره خاکی با بیش از هفت میلیارد جمعیت، تنها با افزایش تولیدات در صنعت آبی‌پروری امکان‌پذیر است. بنابراین توسعه و متراکم سازی پرورش آبزیان، امر حیاتی و اجتناب‌ناپذیر صنعت آبی‌پروری دنیا است. بدون شک اولین مهم در توسعه آبی‌پروری، تولید حداکثری آبزیان بدون استفاده‌ی بیشتر از منابع اولیه مانند آب و زمین است. توسعه پایدار آبی‌پروری به‌گونه‌ای که محیط‌زیست را دستخوش

**بیوفلاک‌ها
با حفظ کیفیت آب
باعث کاهش نیاز
به تعویض آب،
و از طریق تولید
پروتئین میکروبی
قابل مصرف منجر
به کاهش ضریب
تبدیل غذایی
میگویی پرورشی
می‌شوند.**



شکل ۱- تصویر ذرات بیوفلاک زیر میکروسکوپ نوری

در سیستم پرورشی بیوفلاک (که الهام گرفته از سیستم تصفیه‌ی پساب خانگی است) با

موجود در پسماندهای غذایی و فضولات در دسترس باکتری‌های هتروتروف قرار می‌گیرد. نسبت کربن به نیتروژن (C/N Ratio) اگر نسبت کربن به نیتروژن در آب محیط پرورشی در حدود ۱۰ تا ۱۵ باشد، رشد باکتری‌های هتروتروف تحریک شده و به دنبال آن بیوفلاک تشکیل خواهد شد. عموماً مقدار کربوهیدرات در غذاهای مورد استفاده در پرورش آبزیان کمتر از مقدار مورد نیاز است که این نقصان از دو طریق قابل جبران است: اولاً افزودن مواد کربوهیدراتی (ملاس، شکر، آرد و...) به آب بر اساس درصد پروتئین جیره و میزان غذادهی روزانه، دوم کاهش پروتئین جیره و تنظیم نسبت کربن به نیتروژن. در حال حاضر عمدتاً از روش اول در سیستم‌های بیوفلاک استفاده می‌شود (Avnimelech, 2009).

هوادهی و جابجایی آب

حرکت آب و اکسیژن‌دهی در سیستم بیوفلاک بسیار مهم و ضروری است. جابجایی و حرکت آب برای معلق نگه‌داشتن ذرات، مهم و حیاتی است. زیرا اگر ذرات بیوفلاک ته‌نشین شود بخش‌های بی‌هوایی در میان لجن‌های کف ایجاد می‌شود که می‌تواند تولید آمونیاک، متان و سولفید هیدروژن کند. حفظ اکسیژن محلول نیز از موارد مهم و اساسی در عملکرد درست این سیستم است. چگالی آب در حالت هوادهی و وجود حباب‌های هوا در ستون آب، کمتر از حالت ساکن (بدون هوادهی) است. این امر باعث کشش آب از کف به سطح می‌شود که از رسوب و لایه‌بندی آب جلوگیری می‌شود. در این سیستم، اکسیژن‌دهی و جابجایی آب به صورت توأم و با تجهیزات مشابه حاصل می‌شود که با توجه به ابعاد و شرایط محیط پرورشی متفاوت است. به‌عنوان مثال در استخرهای پرورشی بزرگ از پدل ویل‌هایی با بازوهای بلند و زوایای مشخص برای ایجاد چرخش و حرکت در ستون آب استفاده می‌شود. در استخرهای کوچک‌تر و محیط‌های مسقف از ایرلیفت، دفیوژر و ... استفاده می‌شود. میزان تقریبی هوادهی در استخرهای پرورش میگو به روش بیوفلاک معادل ۲۵ تا ۳۵ hp/ha و در پرورش تیلایپا ۱۰۰ تا ۱۵۰ hp/ha است. این میزان هوادهی را به دلیل اثر فرسایشی

تحریک تولید باکتری‌های هتروتروفیک درون استخرهای پرورشی و ایجاد بیومس باکتریایی، مواد زائد ناشی از فضولات و غذاهای خورده نشده باز جذب شده و یا حذف می‌شوند. به عبارت دیگر در این سیستم به کمک اضافه کردن مقدار مشخصی مواد کربوهیدراتی به آب، نسبت کربن به نیتروژن افزایش می‌یابد و در یک تعادل مناسب قرار می‌گیرد. این امر سبب تحریک رشد باکتری‌های هتروتروفیک شده که منجر به جذب آمونیاک و دیگر مواد زائد نیتروژن دار همراه با تولید بیومس باکتریایی می‌شود. در این روش جذب نیتروژن و عمل کاهش آمونیاک بسیار سریع‌تر از روش نیتریفیکاسیون (مورد استفاده در سیستم‌های مداربسته) انجام می‌گیرد به این دلیل که سرعت رشد و تولید بیومس میکروبی برای باکتری‌های هتروتروف حدود ۱۰ برابر بیشتر از باکتری‌های نیتریفیکاسیون کننده یا اتوتروف‌ها می‌باشد (Avnimelech, 1999).

در سیستم‌های مداربسته (بیوفیلترها) باکتری‌های اکسیدکننده آمونیوم و باکتری‌های اکسیدکننده نیتريت بر روی فیلترهای ثابت، آمونیوم را به نیتريت و نیتريت را به نیترات تبدیل می‌کنند. فعالیت باکتری‌های هتروتروف در این سیستم‌ها در حداقل است. در حالی که در سیستم بیوفلاک با کمک اضافه کردن منابع کربوهیدراتی، باکتری‌های هتروتروفیک آمونیوم را مستقیماً جذب و به پروتئین سلولی تبدیل می‌کنند. آنالیز تولیدات یک سیستم بسته (بدون تعویض آب) نشان می‌دهد که مسیره‌های متفاوتی برای حذف نیتروژن وجود دارد که به دسترسی به کربن با فرم‌های آلی (کربن موجود در غذا و فضولات) و غیر آلی (آلکالینیتی) بستگی دارد (Avnimelech, 2006). در یک سیستم چرخشی (مداربسته) به دلیل حذف سریع مواد معلق جامد (که حاوی کربن آلی هستند) سیستم بر پایه باکتری‌های اتوتروف و جذب کربن غیر آلی عمل می‌کند. ولی در سیستم بیوفلاک کربن آلی و نیتروژن در اختیار باکتری‌های هتروتروفیک قرار می‌گیرد. در این شرایط تولید باکتری‌های اتوتروف محدود شده و در صورتی که منابع کربوهیدراتی به میزان کافی به سیستم اضافه شود، تمام نیتروژن و کربن

**اثرات منحصر
به فرد کاربرد
سیستم بیوفلاک
در پرورش گونه
وانامی شامل؛
نیاز بسیار کم به
تعویض آب، امکان
پرورش میگو در
تراکم بالا، کاهش
خطر ورود بیماری‌ها
و استفاده از آن در
سیستم پرورش
میگو در آب‌های
لب شور
داخلی می‌باشد.**



عوامل بیماری‌زا متمرکز است، زیرا شیوع بیماری در خلال سال‌های گذشته بار مضاعفی را بر صنعت آبی‌پروری وارد آورده است. بیماری‌ها به عنوان مهم‌ترین عامل مرگ و میر و ضررهای اقتصادی کلان به شمار می‌روند. اگرچه در موارد مشخص استفاده از آنتی‌بیوتیک‌ها در خصوص برخی بیماری‌ها مؤثر واقع می‌شود اما استفاده از این داروها مشکلاتی از جمله مقاومت عوامل بیماری‌زا را به همراه دارد و متأسفانه تعداد زیادی از باکتری‌های بیماری‌زا در مقابل این‌گونه داروها مقاوم شده‌اند و استفاده از آن‌ها اثر چندانی در درمان بیماری‌های مربوطه ندارند. بنابراین نیازمندی به تکنیک‌هایی با پایداری بیشتر به شدت احساس می‌شود. صنعت پرورش میگو نیز با وجود موفقیت‌های بسیار با شیوع بیماری‌های حاد عفونی مواجه است که تاکنون ضررهای اقتصادی زیادی را سبب شده است (Crab et al., 2009).

در برخی از مطالعات بیان شده است که وجود تولیدات اولیه و جوامع میکروبی در محیط پرورش (مشابه آنچه در سیستم بیوفلاک وجود دارد) قادر است از گونه‌های آبی‌زی در مقابل بیماری‌زایی ویبریوهاروی (*Vibrio Harveyi*) محافظت کند. باکتری‌های گرم منفی ویبریو به عنوان عامل مرگ و میر میگوهای خانواده پنائیده شهرت دارند. مشخص شده است که بیماری‌زایی گونه‌های ویبریو به کروم سنسینگ (*Quorum sensing*) مرتبط است. کروم سنسینگ ارتباط سلولی باکتری‌ها از طریق سیگنال‌های مولکولی است و در واقع مکانیسمی است که از طریق آن باکتری‌ها در پاسخ به حضور یا عدم حضور سیگنال‌های مولکولی، بیان ژن‌های مشخص را مدیریت می‌کنند. فنوتیپ‌های مشخص‌شده برای ویبریوهای لومینوسنت در محیط *in vitro* که توسط کروم سنسینگ کنترل می‌شود شامل سیستم ترش‌شی نوع III، سموم خارجی سلولی، siderphor و کیتیناز است. علاوه بر این، بیان‌شده که کروم سنسینگ شدت بیماری‌زایی باکتری‌ها را برای میزبان‌های مختلف تنظیم می‌کند. بنابراین قطع این ارتباط بین سلولی به عنوان یک استراتژی ضد بیماری‌زایی پیشنهاد شده است. سیستم بیوفلاک به دلیل فعالیت رنج بالایی از باکتری‌های مفید و تأثیر آن‌ها در قطع کروم سنسینگ بین سلول‌های پاتوژن، تأثیر قابل توجهی در جلوگیری از بروز بیماری‌های باکتریایی دارد. جلوگیری از بروز بیماری‌های

ناشی از آن نمی‌توان در استخرهای خاکی پکار گرفت، بنابراین چنین استخرهایی عمدتاً به صورت لاینینگ شده یا سیمانی دیده می‌شوند (Azim & Little, 2008).

کنترل مواد معلق

میزان مواد جامد معلق در سیستم بیوفلاک از جمله پارامترهای مهم و ضروری در حفظ و کنترل شرایط پرورشی است. در این سیستم به دلیل ورود حجم زیادی از مواد غذایی و کربوهیدراتی و به دنبال آن تولید ذرات بیوفلاک و تعویض حداقلی آب، مقدار مواد جامد معلق به سرعت افزایش می‌یابد. در پرورش میگو ۳۰۰ تا ۵۰۰ mg/l مواد جامد معلق، برای جذب آمونیاک و جلوگیری از مصرف بیش از حد اکسیژن مناسب است. برای اندازه‌گیری تقریبی این مقدار در مزارع معمولاً از قیف‌های مدرجی به نام ایمهوف یا از استوانه‌های مدرج استفاده می‌شود (شکل ۲).

گونه‌های پرورشی مناسب برای سیستم بیوفلاک

مناسب‌ترین گونه‌های آبی‌زی برای پرورش در چنین سیستمی گونه‌هایی هستند که توانایی تحمل مقادیر بالایی از مواد معلق جامد و همچنین قابلیت تغذیه مستقیم از ذرات بیوفلاک را داشته باشند. گونه‌هایی مانند میگو و تیلاپیا از نظر فیزیولوژیکی توانایی سازگاری در این سیستم و قابلیت تغذیه و جذب پروتئین میکروبی را دارا هستند. در حال حاضر تقریباً تمام سیستم‌های بیوفلاک در دنیا در حال پرورش میگو، تیلاپیا و کپور هستند (Crab et al., 2012).



شکل ۲- قیف ایمهوف

بیوفلاک و ایمنی زیستی

بخش زیادی از تحقیقات در سال‌های اخیر بر روی دیگر فواید سیستم بیوفلاک به‌ویژه کنترل

سیستم بیوفلاک

به دلیل فعالیت رنج بالایی از باکتری‌های مفید و تأثیر آن‌ها در قطع کروم سنسینگ بین سلول‌های بیماری‌زا، تأثیر قابل توجهی در جلوگیری از بروز بیماری‌های باکتریایی دارد.

بیوفلاک با توجه به ویژگی‌های ذکر شده قادر است این نگرانی‌ها را برطرف کند (Azim & Little, 2008).

از طرف دیگر این سیستم می‌تواند به‌عنوان یکی از راهکارهای مؤثر و راهبردی برای امکان پرورش ماهی تیلاپیا در کشور باشد. به دلیل خطرات زیست محیطی پرورش تیلاپیا و امکان ورود این گونه به منابع آبی مانند رودخانه‌ها و دریاچه‌ها، پرورش این گونه در مناطق دوردست، به‌صورت کاملاً کنترل شده و بدون تعویض آب با بهره‌گیری از این روش امکان‌پذیر است. این فناوری همچنین می‌تواند در ارتقاء کیفی و کمی پرورش ماهیان گرمابی در استان‌های جنوبی و شمالی کشور تأثیر به‌سزایی داشته باشد.

فهرست منابع

- 1- Avnimelech, Y. (1999). Carbon/nitrogen ratio as a control element in aquaculture systems. *Aquaculture*, 176(3), 227235-.
- 2- Avnimelech, Y. (2006). Bio-filters: the need for an new comprehensive approach. *Aquacultural engineering*, 34(3), 172178-.
- 3- Avnimelech, Y. (2009). *Biofloc technology: a practical hand book*. EUA, Baton Rouge.
- 4- Azim, M. E., & Little, D. C. (2008). The biofloc technology (BFT) in indoor tanks: water quality, biofloc composition, and growth and welfare of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture*, 283(1), 2935-.
- 5- Crab, R., Defoirdt, T., Bossier, P. and Verstraete, W. (2012). Biofloc technology in aquaculture: beneficial effects and future challenges. *Aquaculture*, 356, 351-356.
- 6- Crab, R., Kochva, M., Verstraete, W. and Avnimelech, Y. (2009). Bio-flocs technology application in over-wintering of tilapia. *Aquacultural Engineering*, 40(3), 105112-.

ویروسی مانند لکه سفید مستقیماً به رعایت مسائل بهداشتی مربوط می‌شود. یکی از راه‌های اصلی شیوع این بیماری در مزارع، تعویض‌های مکرر آب و ورود عامل بیماری‌زا است. در سیستم پرورشی بیوفلاک به دلیل عدم تعویض مداوم آب امکان ورود عوامل ویروسی از این دست به شدت کاهش می‌یابد (Avnimelech, 2006).

از دیگر ویژگی‌های جالب توجه، توانایی ارتقاء سیستم ایمنی توسط بیوفلاک‌ها است. بهبود سیستم ایمنی آبزیان پرورشی می‌تواند منجر به افزایش مقاومت آن‌ها در مقابل بیماری‌ها شود. به‌طور کلی محرک‌های سیستم ایمنی، شامل باکتری‌ها و تولیدات آن‌ها، کربوهیدرات‌های پیچیده، فاکتورهای تغذیه‌ای، عصاره‌های حیوانی، Cytokin، Lectin، عصاره‌های گیاهی و داروهای سنتتیک مانند لوامیزول می‌باشند. سیستم بیوفلاک به دلیل دارا بودن مقادیر قابل توجه از باکتری‌ها و ترکیبات آن‌ها می‌تواند محرک مناسبی برای سیستم ایمنی است (Avnimelech, 1999).

به‌طور کلی می‌توان گفت استفاده از این فناوری به دلیل حفظ کیفیت آب، ایمنی زیستی و مقابله با باکتری‌های پاتوژن، حذف و باز جذب دوباره پسماندها، کاهش ضریب تبدیل غذایی و کاهش قابل توجه اثرات زیست محیطی می‌تواند جایگزین مناسبی برای دیگر روش‌ها باشد.

فرصت‌های استفاده از سیستم

بیوفلاک در ایران

در کشور ما استفاده از فناوری بیوفلاک در مقیاس تجاری تاکنون انجام نگرفته است اما پتانسیل‌ها و فرصت‌های قابل توجهی برای بهره‌گیری از این سیستم در کشور وجود دارد. از جمله آن امکان استفاده از این تکنیک در پرورش میگوی وانامی در آب‌های لب شور داخلی و زمین‌های شور و بایر موجود در کشور است. به دلیل ویژگی‌های منحصر به فرد سیستم بیوفلاک مانند نیاز بسیار کم به تعویض آب، امکان پرورش میگو در تراکم بالا و کاهش خطر ورود بیماری‌ها، می‌توان آب‌های لب شور داخلی را به‌عنوان یکی از فرصت‌های قابل توجه در پرورش گونه وانامی دانست. همچنین به دلیل گسترش پرورش میگو در استان گلستان و توجه به ضرورت پیشگیری از بروز بیماری‌ها و اثرات مخرب زیست‌محیطی در بخش شمالی کشور، استفاده از روش‌هایی با حداقل تعویض آب اجتناب‌ناپذیر است. تکنیک