مبانی هوادهی در استخرهای پرورش میگو

علی قوام پور، وحید یگانه، سمیرا مبارکی

alighawam@yahoo.com

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

چکیده

دستگاه های هوادهی در آبزی پروری در انواع مختلفی برای افزایش غلظت اکسیژن محلول در استخرهای پرورش آبزیان معرفی شده اند عملکرد دستگاه های هواده، با یکی از دو شکل نرخ استاندارد انتقال اکسیژن (SOTR) و یا بازده استاندارد هوادهی(SAE) اندازه گیری می شود. انتخاب درست با تعداد (مقدار) مناسب سیستم هوادهی جهت حصول اطمینان از دستیابی به سطح مناسب اکسیژن محلول برای آبزی پرورشی دارای اهمیت بسیاری است. انتخاب سیستم هوادهی مناسب علاوه بر تأمین نیاز آبزی پرورشی به منظور افزایش رشد و بازماندگی مناسب، هزینه مصرف انرژی در مزرعه را نیز به حداقل کاهش می دهد. هرچند استفاده از هوادهی از بسیاری جهات در مزارع پرورش آبزیان از مزایای بسیار مهم تلقی می شود اما بکارگیری نامتعارف و نامناسب دستگاه های هواده نیز می تواند موجب خساراتی در مزارع گردد.در این مقاله به مبانی هوادهی و انواع هواده های متعارف در مزارع پرورش آبزیان پرداخته می شود.

کلمات کلیدی: هوادهی، پرورش میگو، اکسیژن محلول

مقدمه

اکسیژن محلول (Dissolved Oxygen) یکی از مهمترین عامل کیفی آب در هرگونه عملیات آبزی پروری است چرا که تمامی آبزیان هوازی برای زنده ماندن به تأمین دائمی اکسیژن محلول نیازمندند. به این ترتیب، درک اساسی از مکانیسم تولید، انتقال و مصرف اکسیژن برای کمک به آبزی پروران در مدیریت موفق سیستم های پرورش در استخر ضروری است (Abdelrahman & Boyd, 2018).

اگرچه برخی متغیرهای مؤثر بر پویائی اکسیژن محلول در آب به آسانی با روش های مدیریتی قابل تغییر نمی باشند اما می توان با دستکاری بعضی از عوامل و با هدف پرورش موفق آبزیان، موجب بهبود در کیفیت آب گردید.

مبانی هوادهی در استخرهای پرورش میگو

بطور کلی، دو منبع اصلی برای تولید اکسیژن محلول در شرایط طبیعی در آب عبارتند از (۱) جو، و (۲) فتوسنتز توسط گیاهان آبزی، جلبک ها و برخی از باکتری ها (Boyd, 1998).

هوا حاوی ۲۰٪ گاز اکسیژن است. در فشار استاندارد (۷۶۰ میلی متر جیوه) ،فشار یا "تنش" جزئی اکسیژن در هوا ۱۵۹ میلی متر جیوه می باشد. فشار اکسیژن موجود در هوا موجب انتقال اکسیژن از اتمسفر به درون ستون آب می گردد. این انتقال تا جایی ادامه خواهد داشت که فشار اکسیژن موجود در آب با میزان آن در اتمسفر برابر و حرکت مولکول های اکسیژن از جو به درون آب متوقف شود. در این حالت گفته می شود اکسیژن محلول در آب در حالت اشباع قرار گرفته است. مقدار اکسیژن محلول در حالت اشباع تحت تأثیر عوامل زیادی منجمله دما، شوری و فشار

انتخاب سیستم هوادهی مناسب علاوه بر تأمین نیاز آبزی پرورشی به منظور افزایش رشد و بازماندگی مناسب، هزینه مصرف انرژی در مزرعه را نیز به حداقل کاهش می دهد.

اتمسفر می باشد (Benson & Krause Jr, 1984). در دما و شوری مشخص، غلظت اکسیژن در حالت اشباع، در رابطه مستقیم با فشار اتمسفر خواهد بود و هرچه فشار جزئی اکسیژن در جو افزایش یابد، میزان اکسیژن محلول در ستون آب نیز در حالت اشباع بیشتر است. از طرفی، افزایش شوری آب موجب کاهش غلظت اکسیژن در حالت اشباع می باشد (جدول ۱).

جدول ۱- میزان غلظت اکسیژن محلول در حد اشباع تحت شوری و دماهای مختلف با فشار اتمسفر ۷۶۰ میلی متر جیوه (Benson & Krause Jr, 1984).

شوری / دما	۰	۵	۱۰	۱۵	۲۰	۲۵	۳۰	۳۵	۴۰
۰	۱۴/۶۲۱	۱۴/۱۲۰	۱۳/۶۳۶	۱۳/۱۶۷	۱۲/۷۱۴	۱۲/۲۷۷	۱۱/۸۵۴	۱۱/۴۴۵	۱۱/۰۵۱
۵	۱۲/۷۷۰	۱۲/۳۵۲	۱۱/۹۴۷	۱۱/۵۵۴	۱۱/۱۷۵	۱۰/۸۰۷	۱۰/۴۵۱	۱۰/۱۰۷	۹/۷۷۴
۱۰	۱۱/۲۸۸	۱۰/۹۳۳	۱۰/۵۹۰	۱۰/۲۵۷	۹/۹۳۴	۹/۶۲۱	۹/۳۱۸	۹/۰۲۴	۸/۷۳۹
۱۵	۱۰/۰۸۴	۹/۷۸۰	۹/۴۸۵	۹/۱۹۸	۸/۹۲۱	۸/۶۵۱	۸/۳۸۹	۸/۱۳۵	۷/۸۸۸
۲۰	۹/۰۹۲	۸/۸۲۸	۸/۵۷۲	۸/۳۲۳	۸/۰۸۱	۷/۸۴۶	۷/۶۱۷	۷/۳۹۵	۷/۱۸۰
۲۵	۸/۲۶۳	۸/۰۳۲	۷/۸۰۷	۷/۵۸۸	۷/۳۷۵	۷/۱۶۸	۶/۹۶۷	۶/۷۷۱	۶/۵۸۱
۳۰	۷/۵۵۸	۷/۳۵۴	۷/۱۵۵	۶/۹۶۱	۶/۷۷۲	۶/۵۸۹	۶/۴۱۰	۶/۲۳۶	۶/۰۶۶
۳۵	۶/۹۴۹	۶/۷۶۷	۶/۵۹۰	۶/۴۱۷	۶/۲۴۸	۶/۰۸۴	۵/۹۲۴	۵/۷۶۸	۵/۶۱۷
۴۰	۶/۴۱۲	۶/۲۴۹	۶/۰۹۰	۵/۹۳۵	۵/۷۸۳	۵/۶۳۶	۵/۴۹۲	۵/۳۵۲	۵/۲۱۵

تا زمانی که میزان اکسیژن محلول در آب کمتر از حد اشباع باشد، مولکول های اکسیژن از طریق انتشار به درون ستون آب منتقل می شوند (شکل ۱).

شکل ۱- انتقال اکسیژن از جو به درون ستون آب در شرایط DO پائین تر از حد اشباع

وقتی اکسیژن آب به حد اشباع رسید (که این میزان در هر دما، شوری و فشار جو، مختلف است) تعداد مولکول های اکسیژن انتقال یافته به ستون آب با مولکول های خارج شده از آن در هر زمان برابر می گردد (شکل ۲).

شکل ۲- برقراری تعادل بین آب و هوا در شرایط اشباع

اکسیژن موجود در جو از طریق انتشار یا تلاطم ناشی از برهم زدن فیزیکی سطح آب وارد آب استخر می گردد. انتشار مستقیم فرآیندی بسیار کند است زیرا سرعت انحلال اکسیژن در آب اندک می باشد. بنابراین، اختلاط و برهم زدن آب های سطحی توسط باد یا سایر ادواتی که موجب اختلاط آب با هوا می شود، موثرترین راه برای افزودن اکسیژن اتمسفر به ستون آب محسوب می گردد (Boyd, 1998). فرآیند اختلاط آب با هوا با هدف افزایش اکسیژن محلول به آب به هوادهی معروف است.

تولید اکسیژن از طریق فتوسنتز توسط گیاهان و سایر موجودات فتوسنتز کننده آبزی، منبع اصلی اکسیژن محلول در سامانه های پرورش آبزیان در استخر به شمار می رود. تولید اکسیژن توسط گیاهان آبزی و فیتوپلانکتون ها طی ساعات روز به حدی سریع انجام می شود که اغلب تا ساعات میانی روز، میزان اکسیژن محلول آب از حد اشباع فراتر می گردد. در این حالت گفته می شود غلظت اکسیژن به حد فوق اشباع رسیده است (شکل ۳).

تولید اکسیژن توسط گیاهان آبزی و فیتوپلانکتون ها طی ساعات روز به حدی سریع انجام می شود که اغلب تا ساعات میانی روز، میزان اکسیژن محلول آب از حد اشباع فراتر می گردد.

شکل ۳- انتشار اکسیژن از سطح آب به اتمسفر در وضعیت فوق اشباع

فتوسنتز در استخرهای آبزی پروری با انرژی حاصل از نور خورشید به انجام می رسد. موجودات آبزی دارای کلروفیل همچون گیاهان غوطه ور و یا در سطح آب، فیتوپلانکتون ها و باکتری های فتوسنتز کننده تا زمانی که نور در دسترس آن ها قرار داشته باشد قادرند اکسیژن را به ستون آب منتقل نمایند Benson & Krause Jr,) (1984.

انتظار می رود در ماه های گرم سال، و طی ساعات شب، میزان اکسیژن محلول در آب استخر به واسطه تنفس موجودات آبزی شامل گیاهان، جانوران، میکروارگانیسم ها و تقاضای بیوشیمیائی اکسیژن، در مقایسه با آب های ضدعفونی شده و فاقد ارگانیسم های مصرف کننده‌ی اکسیژن، کمتر از حد اشباع باشد. اما در دماهای پائین، به دلیل کاهش نرخ تنفس توسط موجودات آبزی، کاهش جمعیت پلانکتونی و از طرفی، افزایش ظرفیت نگهداری و حد اشباع اکسیژن، این میزان در ساعات شب، نسبت به ماه های گرم بیشتر است (Cole & Boyd, 1986).

در این زمینه، روابط و معادلات ذیل به منظور محاسبه کمّی برخی پارامترهای یاد شده فوق پیشنهاد شده است (Boyd, 1998):

معادله۱: محاسبه غلظت اشباع اکسیژن محلول (در دمای مشخص)

$$C_s = C_{tab} * ({}^{BP}/_{760})$$

که در آن C_S، C_{tab} و BP به ترتیب نشان دهنده غلظت اکسیژن در حالت اشباع (میلی گرم بر لیتر)، غلظت اکسیژن اندازه گیری شده (میلی گرم بر لیتر) و فشار اتمسفر در نقطه اندازه گیری (میلیمتر جیوه) می باشند.

معادله ۲: محاسبه درصد اشباع اکسیژن محلول در آب

$$S = \frac{C_m}{C_s} * 100$$

که در اینجا، S نشان دهنده درصد اشباع و Cm غلظت اندازه گیری شده اکسیژن محلول هستند.

معادله ۳: فشار اکسیژن محلول در آب

$$P_{O_2} = \frac{C_m}{C_s} * 0.2095 * 760$$

که در آن، Po_2 نمایش دهنده فشار یا تنش اکسیژن محلول (Do tension) است.

معادله ۴: کمبود اکسیژن محلول آب (Oxygen Deficit) نسبت به حالت اشباع

$$OD = C_s - C_m$$

که در اینجا OD، نشان دهنده‌ی نقص اکسیژنی (Oxygen Deficit) می باشد. هرگاه میزان اکسیژن محلول در آب، کمتر از اکسیژن اشباع باشد، مقدار نقص اکسیژنی مثبت و در حالت فوق اشباع، این کمیت منفی خواهد بود. نرخ نفوذ اکسیژن به درون آب، بستگی تام به سطح تماس آب نسبت به حجم دارد. در واقع با افزایش سطح تماس آب با اتمسفر می توان نرخ انتقال اکسیژن از جو به درون آب را افزایش داد.

ذکر این نکته نیز حائز اهمیت است که هرچند لایه فوقانی ستون آب در آب های راکد، به سرعت با اکسیژن به حد اشباع می رسد، با این حال انتقال اکسیژن به لایه هایی داخلی تر، بسیار به کندی صورت گرفته و از سویی به دلیل اشباع لایه فوقانی از اکسیژن، بالطبع بر اساس معادله شماره ۴، این انتقال تا زمان انتقال اکسیژن به لایه های درونی و ایجاد کاهش اکسیژن محلول در لایه سطحی (Surface film)، متوقف می گردد.

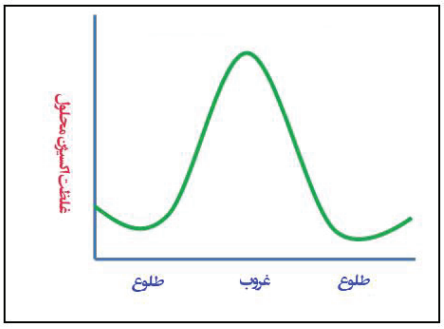
اما ایجاد اختلاط در ستون آب، سطح تماس ذرات آب استخر با اتمسفر را افزایش می دهد. علاوه بر این، موجب انتقال سریع تر اکسیژن

موجودات آبزی دارای کلروفیل همچون گیاهان غوطه ور و یا در سطح آب، فیتوپلانکتون ها و باکتری های فتوسنتز کننده تا زمانی که نور در دسترس آن ها قرار داشته باشد قادرند اکسیژن را به ستون آب منتقل نمایند

محلول از لایه سطحی به لایه های درونی تر در ستون آب و به این ترتیب، افزایش سرعت انتقال اکسیژن از اتمسفر به درون آب خواهد گردید.

تعادل و لایه بندی اکسیژن در آب استخر

اکسیژن محلول در آب استخر با انتشار مجدد (معکوس) به اتمسفر، تنفس موجودات آبزی و گیاهان و نیز تجزیه مواد آلی توسط میکروارگانیسم هایی که عمدتا در رسوبات بستر استخر تجمع می یابند، مصرف می شود. مقدار اکسیژن مورد نیاز برای فعالیت میکروبی به عنوان اکسیژن مورد نیاز بیوشیمیایی یا BOD شناخته می شود. در شبانه روز، مقدار اکسیژن محلول در آب استخر، در ساعات روز، زمانی که فتوسنتز در جریان است بیشترین و در ساعات شب به دلیل تنفس و BOD کمترین مقدار را دارد. این فرایند که تا حد زیادی قابل پیش بینی است، معروف به چرخه اکسیژن روزانه بوده و در شکل ۴ نشان داده شده است:



شکل ۴- شمای عمومی تغییرات غلظت اکسیژن محلول در آب استخر

در برکه ها و استخرهایی که به منظور آبزی پروری مورد استفاده قرار نمی گیرند، معمولا تولید اکسیژن حاصل از فتوسنتز یا منتشر شده از اتمسفر به درون آب، بیش از مقدار مورد نیاز جهت تنفس و BOD است. با این حال، زیست توده گیاهان، جانوران و میکروارگانیسم های موجود در استخرهای آبزی پروری غالبا بسیار بیشتر از آبهای طبیعی است. بنابراین اکسیژن گاهی اوقات سریعتر از تولید آن، به مصرف می رسد. هرچند عوامل محیطی، همچون فشار و ارتفاع، می توانند بر میزان اکسیژن محلول در استخر تأثیر گذار باشند اما احتمالا دما مهم ترین عامل محیطی در این زمینه محسوب می گردد.

آب های گرم مقدار اکسیژن محلول بسیار کمتری نسبت به آب های دارای دمای پائین تر دارند زیرا حلالیت اکسیژن با افزایش دما کاهش می یابد. علاوه بر این ، افزایش دما باعث تسریع سایر عوامل کاهنده اکسیژن موجود در آب استخر همچون نرخ تنفس و سرعت تجزیه مواد آلی می شود که موجب کاهش اکسیژن محلول می گردد.

لایه های فوقانی آب استخر نور خورشید و گرمای بیشتری را نسبت به لایه های زیرین جذب نموده و میزان نفوذ نور در ستون آب نسبت به عمق به صورت نمایی (Exponential) کاهش می یابد. علاوه بر این، سایر عوامل نظیر کدورت ناشی از رسوبات معلق و یا تراکم بالای زی شناوران گیاهی (فیتوپلانکتون ها)، شدت نور خورشید را در عمق بیشتر کاهش می دهند. معمولا در یک استخر، گرمترین بخش ستون آب در لایه فوقانی یافت می شود و دمای آب عموما با افزایش عمق، کاهش می یابد. این اختلاف در دمای لایه های ستون آب را که در آن، آب گرم با چگالی پائین تر، بالاتر از لایه های خنک تر و دارای چگالی کمتر قرار می گیرد به عنوان "لایه بندی دمایی" می شناسند.

میزان لایه بندی ستون آب در یک استخر، عمدتا بستگی به عمق آب، مساحت استخر برای اختلاط توسط باد یا هوادهی مکانیکی همچنین زی توده (بیوماس) نسبی گیاهی و جانوری موجود در ستون آب دارد که می توانند بر میزان فتوسنتز یا سرعت تجزیه مواد آلی اثر گذار باشند.

در ماه های تابستان، ممکن است در استخرهای آبزی پروری با عمق کم (به عنوان مثال ۱ تا ۲,۵ متر عمق) لایه بندی اتفاق افتاده اما در ساعات شب این اختلاف دما تعدیل گردد. اما در استخرهای عمیق تر از ۳ متر، اختلاط لایه های ستون آب حتی

در شبانه روز، مقدار اکسیژن محلول در آب استخر، در ساعات روز، زمانی که فتوسنتز در جریان است بیشترین و در ساعات شب به دلیل تنفس و BOD کمترین مقدار را دارد.

در طول شب نیز به طور کامل انجام نگرفته و موجب ماندگاری لایه آب سرد در نزدیک بستر با میزان اکسیژن محلول بسیار اندک خواهد گردید.
لایه بندی میتواند در خصوص اکسیژن محلول نیز صادق باشد و دلیل ایجاد این پدیده در اکوسیستم استخر نیز همان عواملی می باشند که موجب ایجاد لایه بندی دمایی می شوند. شدت تابش نور خورشید در سطح آب استخر باعث افزایش میزان فتوسنتز توسط فیتوپلانکتون ها شده و غلظت اکسیژن محلول در این بخش را افزایش می دهد. هرچند طی این فرآیند در عمق استخر نیز تولید اکسیژن امکان پذیر است با این حال معمولا سرعت تجزیه مواد آلی در مجاور بستر استخر بیشتر از نرخ تولید اکسیژن می باشد. به عنوان مثال، در یک بعد از ظهر آرام و آفتابی در فصل تابستان، غلظت اکسیژن محلول در سطح آب استخر پرورش می تواند بیش از ۳ برابر بالاتر از غلظت اکسیژن در نزدیک بستر در همان استخر باشد. میزان لایه بندی اکسیژن (و دما) در یک استخر با عمق در ارتباط است. در واقع استخرهای عمیق تر، اختلاف بیشتری از نظر میزان اکسیژن محلول را بین لایه های آب از خود نشان می دهند.
تراکم اکسیژن محلول در بستر استخر آبزی پروری، ممکن است به حدی کاهش یابد که موجب بروز اختلال در حیات موجودات آبزی در این بخش شود. این موضوع برای برخی گونه های آبزی همچون خرچنگ دراز و میگو به لحاظ زندگی کفزی این جانوران، به وضوح مشکل آفرین است، اما برای ماهی ها نیز چالش زاست چرا که با کاهش اکسیژن در بستر، این موجودات مجبور به انتقال به لایه های بالاتر در ستون آب شده و در اینجا، مشکلاتی همچون بیماری، همجنس خواری و یا شکار توسط پرندگان شکارچی، به کاهش جمعیت ارگانیسم پرورشی منجر خواهد گردید.
علاوه بر این، افت کیفیت آب در مواردی همچون اکسیژن محلول، موجب کاهش راندمان تولید خواهد شد چرا که جانور پرورشی به جای افزایش وزن، ناگزیر به صرف انرژی برای بقا خواهد بود.

مفهوم هوادهی

هوادهی در استخرهای آبزی پروری، اساساً شامل انتقال شکل گازی اکسیژن از منابع غنی از آن (همچون اتمسفر) به درون آب و در شرایطی است که غلظت اکسیژن محلول در آب استخر، به سطح بحرانی رسیده باشد.
به طور کلی، میزان انتقال اکسیژن اتمسفر به یک حوضچه به میزان تلاطم آب، نسبت سطح استخر به حجم آن و اختلاف مقدار اکسیژن محلول اندازه گیری شده با غلظت اکسیژن محلول در حالت اشباع (وقتی مقدار نسبی اکسیژن در جو، برابر با غلظت اکسیژن محلول در آب باشد) دارد. این اختلاف در حالتی که اکسیژن محلول، کمتر از حد اشباع باشد، کمبود و وقتی بیش از حد اشباع باشد فوق اشباع نامیده می شود. حد اشباع متأثر از برخی پارامترهای کیفی آب به ویژه شوری و دما می باشد.
اکسیژن بر اساس مکانیسم انتشار به داخل یا خارج از آب منتقل می شود و سرعت انتشار به اختلاف فشار گاز بین فازهای مایع و گاز بستگی دارد. این میزان، هرگاه اختلاف بین غلظت اکسیژن محلول و درجه اشباع بالاتر باشد، افزایش می یابد. به عنوان مثال، سرعت انتشار اکسیژن از اتمسفر به درون ستون آب، هرگاه غلظت اکسیژن محلول در آب استخر معادل صفر میلی گرم بر لیتر (۰/۰۰ ppm) باشد حداکثر خواهد بود.
با توجه به پارامترهای مؤثر بر سرعت انتشار اکسیژن به درون آب، بالطّبع، افزایش سطح تماس بین آب با هوا این انتقال را تسهیل و تسریع می سازد. این نکته را نیز می بایست مدّ نظر داشت که حتی اگر لایه فوقانی آب استخر، در حالت اشباع از اکسیژن محلول نیز قرار داشته باشد انتشار اکسیژن از این نقطه به لایه های زیرین، بدون انجام اختلاط به شیوه های مختلف، بسیار کند انجام خواهد شد. ایجاد اختلاط طی فرآیند هوادهی کمبود اکسیژن در لایه سطحی آب را جبران نموده، علاوه بر این سرعت انتقال اکسیژن محلول از

هوادهی در استخرهای آبزی پروری، اساساً شامل انتقال شکل گازی اکسیژن از منابع غنی از آن (همچون اتمسفر) به درون آب و در شرایطی است که غلظت اکسیژن محلول در آب استخر، به سطح بحرانی رسیده باشد.

لایه فوقانی استخر به لایه های زیرین را نیز افزایش می دهد.
همچنین، هوادهی آب، بر سایر عوامل کیفی در محیط استخر پرورش آبزیان نیز مؤثر می باشد. آب اکسیژن دار، به واسطه هوادهی، به شکل مساوی در تمام لایه های عمقی و فضاهای سطحی استخر توزیع می شود. این موضوع از تراکم نقطه ای آبزی پرورشی در مناطق مشخص استخر کاسته و می تواند منجر به بهبود رشد گردد. دستگاه های هواده با ایجاد اختلاط در ستون آب موجب کاهش ریسک لایه بندی دما و حتی لایه بندی در سایر ترکیبات شیمیائی در آب به ویژه اکسیژن می شود.
در نهایت، هوادهی آب استخرهای پرورش می تواند موجب کاهش تجمع مواد آلی (که تجزیه آنها در آب و بستر، از دلایل اصلی افزایش BOD می باشد)، تعدیل شکوفایی فیتوپلانکتونی و نیز تغییر در ترکیب جمعیتی گونه های فیتوپلانکتون در آب استخر گردد.

مهم ترین تولید کننده های اکسیژن در استخرهای پرورش میگو

مهم ترین عوامل تولید اکسیژن در استخرهای پرورش آبزیان عبارتند از:
انتشار از جو (اتمسفر)، فتوسنتز توسط فیتوپلانکتون ها (در طول روز)، تعویض آب و هوادهی کمکی

مهم ترین عوامل کاهش اکسیژن در استخرهای پرورش میگو (Boyd & Hanson, 2010)

جذب اکسیژن توسط مواد لجنی بستر (معادله میزان مصرف: ۰,۴۷۳-۰,۰۶۱میلی گرم بر لیتر بر ساعت)
تنفس فیتوپلانکتونها، باکتری ها، جلبک ها و زئوپلانکتون ها: ۰,۱۳۴ میلی گرم بر لیتر بر ساعت
تنفس میگو : (متوسط وزن میگو = W)

اهمیت هوادهی در استخرهای آبزی پروری (Jayanthi et al., 2021)

هواده های مورد استفاده در آبزی پروری، در حقیقت، از دستگاه های هواده بکار گرفته شده در تصفیه پسماند الگوبرداری شده اند با این تفاوت که به دلیل گرانقیمت بودن دستگاه های مورد استفاده در تصفیه لجن، این ادوات برای کاربرد در آبزی پروری، دچار تغییراتی گردیده اند. دستگاه های هوادهی در آبزی پروری در انواع مختلفی برای افزایش غلظت اکسیژن محلول در استخرهای پرورش آبزیان معرفی شده اند. انتخاب مناسب ترین سیستم هوادهی به عوامل مختلفی منجمله موارد ذیل وابسته است:
اندازه استخر، عمق آبگیری استخر، شکل استخر، جنس بستر استخر، منبع انرژی در دسترس، نوع کارکرد هوادهی (اضطراری یا مداوم)، بازده دستگاه هواده مورد استفاده.
عملکرد دستگاه های هواده، با یکی از دو شکل نرخ استاندارد انتقال اکسیژن (SOTR) و یا بازده استاندارد هوادهی (SAE) اندازه گیری می شود. SOTR مقدار اکسیژن اضافه شده به آب در ۱ ساعت تحت شرایط استاندارد است که به صورت کیلوگرم O_2 در ساعت بیان می گردد. اما SAE نرخ استاندارد انتقال اکسیژن تقسیم بر واحد اسب بخار (hp) است که به صورت $\frac{Kg(O_2)}{hp\text{ساعت}}$ منتقل شده به آب بیان می شود.
انتخاب درست با تعداد (مقدار) مناسب سیستم هوادهی جهت حصول اطمینان از دستیابی به سطح مناسب اکسیژن محلول برای موجود پرورشی هدف دارای اهمیت بسیاری است. این موضوع علاوه بر تأمین نیاز آبزی پرورشی در زمینه رشد و بازماندگی مناسب، هزینه مصرف انرژی در مزرعه را نیز به حداقل کاهش می دهد. هرچند استفاده از هوادهی از بسیاری جهات در مزارع پرورش آبزیان از مزایای بسیار مهم تلقی می شود اما بکارگیری نامتعارف و نامناسب دستگاه های هواده نیز می تواند موجب خساراتی به شرح ذیل گردد :
تخریب دیواره ها، تعلیق پسماندها و مواد دفعی (افزایش کدورت)، ایجاد شرایط غیر ضروری فوق اشباع در آب در خصوص اکسیژن محلول، هدر رفت انرژی.

1. Morus serrator

انتخاب درست با تعداد (مقدار) مناسب سیستم هوادهی جهت حصول اطمینان از دستیابی به سطح مناسب اکسیژن محلول برای موجود پرورشی هدف دارای اهمیت بسیاری است.

تأثیر هوادهی بر میکروارگانیسم های استخر

اکثر تولیدکنندگان تمایل دارند هوادهی را به عنوان وسیله ای برای تأمین اکسیژن بیشتر برای تنفس گونه پرورشی و با هدف افزایش توده زنده لحاظ نمایند. هرچند این موضوع، انتظاری بجاست اما، هوادهی می تواند اکسیژن مورد نیاز برای استفاده توسط میکروارگانیسم هایی که غذای خورده نشده، مواد دفعی و لاشه پلانکتون ها را تجزیه می کنند نیز فراهم سازد. علاوه بر این، اکسیژن مورد استفاده در فرآیند تنفس توسط پلانکتون های زنده نیز از این طریق تأمین می شود. اگرچه تولید اکسیژن (طی فتوسنتز) توسط جمعیت پلانکتونی موجود در استخر پرورش در ساعات روز نسبت به مصرف آن (تنفس) غالب تر است، با این حال تنفس این موجودات در ساعات شب نیز تداوم می یابد با این تفاوت که در خلال تاریکی شب، فتوسنتز و تولید اکسیژن متوقف می شود.

بین میکروارگانیسم های ناخواسته و آبزی پرورشی برای اکسیژن محلول اضافه شده توسط هواده ها به آب، رقابت شدیدی وجود دارد. این رقابت با افزایش تراکم در استخرهای حاوی آب سبز (Green water) تغییر چندانی نمی کند، زیرا مقادیر پسماند آلی و پلانکتون ها در رابطه ای مستقیم با افزایش میزان غذای وارد شده به استخر افزایش خواهند یافت.

به طور معمول، بر اساس تقاضای بیوشیمیائی اکسیژن (BOD) خوراک، که حدود ۱,۲ کیلوگرم اکسیژن به ازاء هر یک کیلوگرم خوراک در نظر گرفته می شود، همچنین میانگین بازده انتقال اکسیژن دستگاه های هواده (SAE)، برای هر ۱۰ کیلوگرم در هکتار افزایش خوراک روزانه، و برای حفظ غلظت اکسیژن محلول، بالاتر از ۴,۵ میلی گرم بر لیتر در ساعات شب، ۱ اسب بخار هوادهی مورد نیاز است (Boyd & Hanson, 2010).

به این ترتیب، اگر هدف گذاری تولید، به میزان ۶۰۰۰ کیلوگرم در هکتار (۱۸۰ کیلوگرم خوراک روزانه در هکتار با احتساب ۳ درصد توده زنده) باشد، میزان هوادهی در پایان دوره پرورش (با کسر ۲۴۰۰ کیلوگرم توده زنده قابل پرورش بدون هوادهی) می بایست در حدود ۱۵ اسب بخار در هکتار تأمین گردد. با توجه به اینکه محل زندگی و فعالیت میگوها غالباً در بستر بوده، و در این منطقه از استخر، غلظت اکسیژن محلول در کمترین میزان خود می باشد اکسیژن دار شدن آب در نزدیک بستر بسیار واجد اهمیت خواهد بود. با این حال در اغلب روزهای دوره پرورش، می توان میزان هوادهی را از اواسط روز تا اوائل شب تقلیل داد.

جانمائی دستگاه های هواده در استخر

شکل ۵- چینش هواده ها در استخر پرورش بر اساس روش رایج

بطور معمول، پرورش دهندگان در خصوص مناسب ترین شیوه جانمائی دستگاه های هواده سئوالاتی مطرح می نمایند اما ظاهراً نتایج تحقیقات مستدل در این زمینه در دسترس نیست (Boyd, 1998).

در استخرهای پرورش ماهی، نصب یک یا چند دستگاه هوادهی بزرگ در یک انتهای استخر راهکار معقولی است، چرا که ماهی ها به سرعت خود را به منطقه دارای اکسیژن بالاتر می رسانند. در استخرهای چهارگوش، هوادها باید جریان آب را در امتداد محور طولی استخر هدایت نمایند. در استخرهای پرورش میگو، این فعالیت به راحتی انجام نمی شود به این دلیل استفاده از چند دستگاه هواده کوچک و توزیع آن ها در سطح استخر با هدف هوادهی یکنواخت در کل ستون آب و مساحت استخر پرورش، منطقی تر به نظر می رسد.

پیش از این توصیه می شد هواده ها به نحوی

با توجه به اینکه محل زندگی و فعالیت میگوها غالباً در بستر بوده، و در این منطقه از استخر، غلظت اکسیژن محلول در کمترین میزان خود می باشد اکسیژن دار شدن آب در نزدیک بستر بسیار واجد اهمیت خواهد بود.

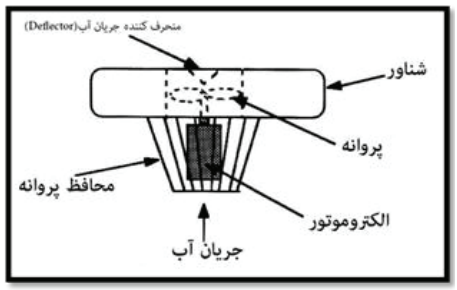
قرار گیرند که رسوبات و مواد دفعی، در مرکز استخر تجمع یابند (شکل ۵). اما این موضوع، معمولاً سبب رسوبگذاری نامتقارن در مرکز استخر (و ممانعت از تخلیه مناسب آب) می گردد. در سال های اخیر پرورش دهندگان برای رفع این مشکل، احداث خروجی مرکزی و یا توالت میگو را در مرکز استخر پرورش لحاظ نموده و یا بیشتر تمایل دارند چینش هواده ها را به نحوی در استخر انجام دهند که رسوبات به طور یکنواخت در کل سطح بستر توزیع گردد. صرف نظر از شکل چینش دستگاه های هواده، لازم است نسبت به تأثیر جریان شدید آب استخر بر فرسایش دایک ها و افزایش ترسیب در بستر توجه زیادی اعمال گردد.

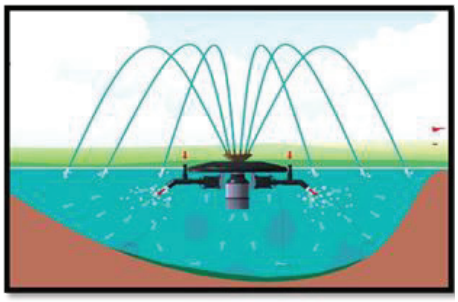
انواع دستگاه هواده مورد استفاده در مزارع آبزی پروری (Kumar, Moulick, & Mal, 2013)

عموماً هواده های مورد استفاده در آبزی پروری به دو گروه اصلی پاششی (Splasher) و حباب ساز (Bubbler) تقسیم می شوند.

هواده های پمپ عمودی

هواده های پمپ عمودی از یک موتور الکتریکی غوطه ور و دارای پروانه متصل به شافت تشکیل شده است (شکل ۶). موتور توسط شناورها به حالت تعلیق درآمده و پروانه با پرتاب آب به بالا سبب اکسیژن گیری و هوادهی آب می گردد. هر چند انواع مختلف این هواده ها از توان کمتر از ۱ تا بیش از ۵۰ کیلووات ساخته شده اند اما به طور معمول، توان هواده های پمپ عمودی مورد استفاده در آبزی پروری بیش از ۲ کیلووات نمی باشد. پروانه اینگونه هواده ها که در آبزی پروری استفاده می شود سرعت بالایی (دور ۱۷۳۰ تا ۳۴۵۰ دور در دقیقه) دارند.





شکل ۶- هواده پمپ عمودی (Vertical pump aerator)

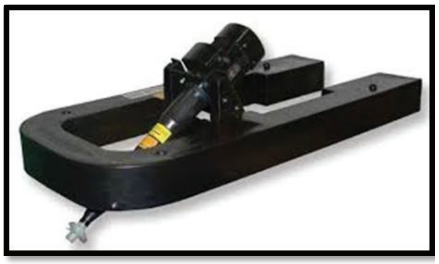
هواده های پمپ پاششی

شکل ۷- هواده پمپ پاششی (Pump sprayer)

هواده های پمپ پاششی متشکل از یک پمپ فشار قوی است که آب را با سرعت زیاد از درون یک یا چند روزنه خارج و به این ترتیب سبب هوادهی آن می گردد (شکل ۷). طرح های متنوعی برای این نوع هواده ها عرضه گردیده است. نوع ساده آن خروج مستقیم آب از خروجی پمپ و نوع پیچیده تر، شامل تخلیه آب از روزنه های کوچک بر روی یک چندراهه (Manifold) متصل به آن می باشد.توان این نوع پمپ ها بین ۲ تا ۱۵ کیلووات و سرعت چرخش پروانه موتور بین ۵۰۰ تا ۱۰۰۰ دور در دقیقه است.

هواده های پمپ پاششی متشکل از یک پمپ فشار قوی است که آب را با سرعت زیاد از درون یک یا چند روزنه خارج و به این ترتیب سبب هوادهی آن می گردد

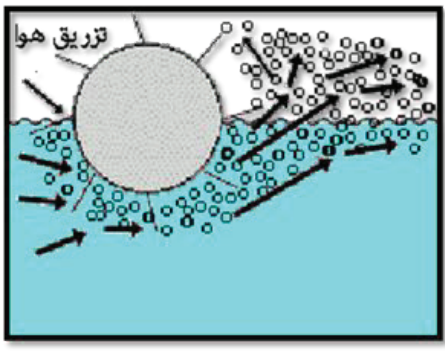
هواده های پمپ پروانه ای – تزریقی



شکل ۸- هواده پمپ پروانه ای - تزریقی
(Propeller-Aspirator Pumps)

اجزای تشکیل دهنده هواده های پروانه ای – تزریقی عبارتند از:
یک دستگاه الکتروموتور، قطعه شافت(میله) توخالی که درون یک محفظه گردش نموده و به یک دیفیوزر و یک دستگاه پروانه در انتها متصل می باشد (شکل ۸). پروانه سرعت آب را به حدی بالا می برد که باعث افت فشار در درون شافت گردان توخالی شده و این موضوع، سبب ورود هوا به درون شافت و خروج حباب از طریق دیفیوزر می شود که پروانه متصل به انتهای شافت، این حباب ها را به درون آب متلاطم اطراف خود وارد می سازد.

هواده های پارویی

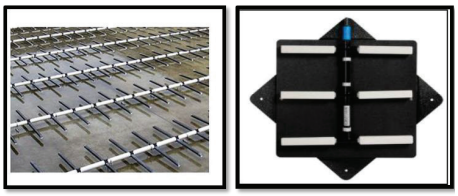


شکل ۹-هواده پاروئی (Paddle wheel aerator)

چرخش پره ها در هواده های پاروئی علاوه بر تزریق هوا به آب، سبب پرتاب قطرات آب به هوا و (از این طریق) افزایش سرعت هوادهی می شود (شکل ۹). اجزاء این نوع از هواده ها شامل: شناور، قاب، موتور، کاهنده سرعت، کوپلینگ و بلبرینگ ها می باشند. موتور دستگاه های هواده پاروئی معمولا سرعتی در حدود ۱۷۵۰ دور در دقیقه دارد با اینحال، مکانیسم کاهنده سرعت، این میزان را به ۷۰ تا ۱۲۰ دور در دقیقه تقلیل می دهد. تاکنون انواع مختلفی از این نوع هواده به بازار عرضه شده و استقبال چشمگیری از آن در مزارع پرورش میگو سراسر دنیا صورت گرفته است.

هواده های انتشاری و حباب ساز

سیستم های هواده انتشاری معمولا از یک یا چند دمنده (Blower) یا کمپرسور تشکیل شده اند که هوای محیط را با فشار پائین و حجم بالا به درون دیفیوزرهای زیر آب هدایت می کنند (شکل ۱۰). دیفیوزرها به اشکال و اندازه های گوناگون و با جنس های مختلف اعم از پلاستیک، سیلیس، سرامیک و ... ساخته و عرضه می شوند.



شکل ۱۰- هواده انتشاری (Diffused-air systems)

سیستم های هواده انتشاری معمولا از یک یا چند دمنده (Blower) یا کمپرسور تشکیل شده اند که هوای محیط را با فشار پائین و حجم بالا به درون دیفیوزرهای زیر آب هدایت می کنند.

مقایسه بازده استاندارد هوادهی در انواع مختلف دستگاه های هواده

Boyd (۱۹۹۸) با بررسی انواع دستگاه های هواده، بازده هوادهی استاندارد (SAE) را به شرح جدول ذیل اعلام نمود:

نوع هواده	SAE(Kg O_2 /Kw.h)	
	میانگین	دامنه
هواده پاروئی	۲،۲	۱،۱-۳،۰۰
پمپ تزریقی- پروانه ای	۱،۶	۱،۳-۱،۸
پمپ عمودی	۱،۴	۰،۷-۱،۸
پمپ افشاننده	۱،۳	۰،۹-۱،۹
دیفیوزر (انتشاری)	۰،۹	۷،۰۰-۱،۲

توصیه ترویجی:

به کار گیری دستگاه های هوادهی به عنوان یکی از مصادیق ارتقاء سطح مکانیزاسیون در مزارع پرورش میگو، موجب افزایش تولید در واحد سطح، کاهش ریسک بروز بیماری و مخاطرات محیطی در استخر پرورش و بهبود محیط آب و بستر استخر می گردد. در این زمینه ضروری است کارشناسان و مدیران مزارع پرورش میگو درک صحیحی از مبانی هوادهی، انتخاب دستگاه های هواده مناسب به تعداد مورد نیاز و عملکرد مطلوب بر اساس گونه پرورشی، ساختار استخر و زیرساخت های موجود در مزرعه پرورش داشته باشند.
در این رابطه به عموم بهره برداران و مدیران مزارع پرورش میگو توصیه می گردد، به منظور افزایش نرخ بهره وری، بهبود مدیریت و ارتقاء میزان تولید ، افزایش تراکم ذخیره سازی در استخرهای پرورش میگو را متناسب با سطح و درجه مکانیزاسیون به ویژه تعداد و قدرت دستگاه های هواده در مزرعه انجام دهند.

فهرست منابع

1. Abdelrahman, H. A., & Boyd, C. E. (2018). Effects of mechanical aeration on evaporation rate and water temperature in aquaculture ponds. Aquaculture Research, 49(6), 2184- 2192.

2. Benson, B. B., & Krause Jr, D. (1984). The concentration and isotopic fractionation of oxygen dissolved in freshwater and seawater in equilibrium with the atmosphere 1. Limnology and oceanography, 29(3), 620- 632.

3. Boyd, C. E. (1998). Pond water aeration systems. Aquacultural engineering, 18(1), 9- 40.

4. Boyd, C. E., & Hanson, T. (2010). Dissolved-oxygen concentrations in pond aquaculture. Ratio, 2, 42.

5. Cole, B. A., & Boyd, C. E. (1986). Feeding rate, water quality, and channel catfish production in ponds. The Progressive Fish-Culturist, 48(1), 25- 29.

6. Jayanthi, M., Balasubramaniam, A., Suryaprakash, S., Veerapandian, N., Ravisankar, T., & Vijayan, K. (2021). Assessment of standard aeration efficiency of different aerators and its relation to the overall economics in shrimp culture. Aquacultural engineering, 92, 102- 142.

7. Kumar, A., Moulick, S., & Mal, B. C. (2013). Selection of aerators for intensive aquacultural pond. Aquacultural engineering, 56, 71- 78.

به کار گیری دستگاه های هوادهی به عنوان یکی از مصادیق ارتقاء سطح مکانیزاسیون در مزارع پرورش میگو، موجب افزایش تولید در واحد سطح، کاهش ریسک بروز بیماری و مخاطرات محیطی در استخر پرورش و بهبود محیط آب و بستر استخر می گردد.

انواع آهک و استفاده آن در آبزی پروری

مریم معزی، محمدرضا زاهدی، کیومرث روحانی قادیکلایی، عیسی عبدالعلیان، سجاد پورمظفر و مسعود غریب نیا
maryammoezzi1360@gmail.com
پژوهشکده اکولوژی خلیج فارس و دریای عمان، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات و آموزش و ترویج کشاورزی، بندرعباس، ایران

چکیده

آهک در استخرهای پرورش آبزیان (پرورش ماهی، میگو، میگوهای بزرگ) از موارد مصرف بسیاری برخوردار است. بهبود شرایط پرورش و ارتقاء شرایط کیفی آب و خاک با مدیریت صحیح و اصولی طی دوره پرورش میسر خواهد بود. یکی از نکته های مدیریتی استفاده از آهک و آهک زنی مزارع پرورش طی دوره می‌باشد. آهک دارای مزایای بسیاری است. افزایش pH خاک اسیدی بستر، افزایش قابلیت دسترسی به فسفر،گندزدایی، شکوفایی فیتوپلانکتونی، افزایش قابلیت دسترسی به مواد مغذی و همچنین افزایش فعالیت میکروبی در خاک بستر با افزایش مطلوب pH و بسیاری شرایط مناسب دیگر از مزایای آهک زنی در ابتدا و طی دوره پرورش می‌باشد. آهک دارای انواع مختلفی مانند سنگ آهک، کربنات کلسیم یا کلسیت، دولومیت یا کربنات کلسیم- منیزیم ($MgCa(CO_3)_2$)، هیدروکسیدکلسیم ($Ca(OH)_2$) و اکسیدکلسیم (CaO) می‌باشد. که هر کدام از انواع آهک بسته به نوع کاربرد آن برای دوره پرورش موارد استفاده و میزان مصرف متفاوتی دارد. از اینرو نیاز مصرفی نوع و میزان آهک بر اساس نحوه مدیریت استخرهای پرورشی و اینکه جهت بهبود و ارتقاء چه شرایطی است متفاوت است.

کلمات کلیدی: آهک، pH، گندزدایی، کربنات کلسیم، دولومیت

امروزه با توسعه آب‌شیرین‌کن‌ها و فعالیت‌های بشر درزمینه تصفیه آب، زمینه‌هایی ایجاد شده است که آبزی‌پروران نیز به فکر بهبود و ارتقاء کیفیت آب مزارع پرورشی باشند

مقدمه

آبزی‌پروری به عنوان یکی از شاخه‌های اصلی صنعت کشاورزی نیز تلقی می‌گردد (Pravakar et al., 2013). که مهمترین منابع تأمین پروتئین مورد استفاده بشر در دنیا محسوب می‌شود (Yuan and Zhao, 2016). امروزه با توسعه آب‌شیرین‌کن‌ها و فعالیت‌های بشر درزمینه تصفیه آب، زمینه‌هایی ایجاد شده است که آبزی‌پروران نیز به فکر بهبود و ارتقاء کیفیت آب مزارع پرورشی باشند (Ng et al., 2018). از اینرو جهت حفظ شرایط مناسب کیفی آب و خاک مزارع پرورش آبزیان، می‌بایستی ارتباط بین پارامترها و عوامل مؤثر بر رشد و بقاء آبزیان و عوامل بازدارنده آن را شناسایی و تأثیر آنها را به حداقل رساند. سیستم پرورشِ نیمه متراکم و متراکم پرورش آبزیان معمولاً منجر به آلودگی و کاهش شرایط کیفی آب پرورش از طریق مواد زائد موجودات زنده و مواد آلی موجود در آن می‌شود که متعاقباً بر شرایط کیفی خاک نیز تأثیر می‌گذارد. زمانیکه مواد آلی و مشتقات آنها از حد استاندارد تجاوز کرده و انباشته می‌شوند پرورش دهندگان در تلاش جهت حفظ شرایط کیفی آب هستند. بنابراین، مدیریت کیفی آب و خاک یکی از مهمترین اقدامات برای پرورش آبزیان به ویژه در سیستم‌های پرورش نیمه متراکم و متراکم می‌باشد و در سالهای اخیر مورد توجه بیشتری توسط متخصصین آبزی‌پروری قرار گرفته است. امروزه صنعت پرورش میگو در دنیا به یکی از صنایع رایج و درآمدزای