اهمیت اندازه‌گیری pH، قلیائیت و استفاده از آهک بر تولید میگوی پرورشی در استان هرمزگان

محمدرضا زاهدی*[۱]، حجت اله فروغی فرد[۱]، کیومرث روحانی قادیکلائی[۱]، عیسی عبدالعلیان[۱]، مریم معزی[۱]، سجاد پورمظفر[۲]، حسین رامشی[۲]

۱ – پژوهشکدهٔ اکولوژی خلیج‌فارس و دریای عمان، مؤسسهٔ تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، بندرعباس، ایران

۲ – مرکز تحقیقات نرم‌تنان خلیج‌فارس، پژوهشکدهٔ اکولوژی خلیج‌فارس و دریای عمان، مؤسسهٔ تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، بندرلنگه، ایران

Zahedi_persica@yahoo.com

تاریخ دریافت : خرداد ماه ۱۳۹۸ تاریخ پذیرش: اسفند ماه ۹۸

چکیده

پرورش میگو در استان هرمزگان یکی از صنایع بزرگ در زمینه‌های شیلاتی محسوب می‌گردد و روزبه‌روز سطح زیر کشت میگو، در استان هرمزگان در حال افزایش است. با افزایش سطح زیر کشت و افزایش میزان تراکم ذخیره‌سازی در استخرها، معمولاً تغییرات pH افزایش می‌یابد و اهمیت اندازه‌گیری و کنترل تغییرات آن از اهمیت بالایی برخوردار است. متعادل نگه‌داشتن میزان و تغییراتpH یکی از عوامل اصلی در رشد و سلامت میگو محسوب می‌گردد. معمولاً فاکتورها و عوامل زیادی در تغییرات pH در استخرهای پرورش میگو اهمیت دارد که می‌توان از مهم‌ترین آن‌ها به جنس خاک، فیتوپلانکتون‌ها و موجودات درون استخر و آب ورودی استخرها اشاره نمود. در راستای کنترل و تعدیل pH معمولاً از آهک پاشی استفاده می‌گردد که میزان و نوع آهک مورداستفاده نیز به عوامل مختلفی مانند زمان استفاده از آهک، آلکالینیتی (قلیائیت آب) و عوامل دیگری بستگی دارد. همچنین استفاده از آهک پاشی باید در حد متناسب باشد تا به کیفیت آب لطمه‌ای وارد نگردد و یا باعث رسوب فسفر در آب نشده و به شکوفایی مناسب پلانکتونی کمک کند. علاوه بر میزان pH مناسب رشد میگو، می‌بایست تغییرات آن در حد ناچیز بوده تا کمترین اثرات منفی را بر میگو داشته باشد. در این مقاله بر اهمیت تغییرات pH و نحوهٔ تغییرات آن در استخرهای پرورش میگو پرداخته شده است و همچنین اهمیت استفاده از آهک پاشی و کاربرد آلکالینیتی نیز در تغییرات pH به‌صورت مختصر بیان گردیده است.

واژه‌های کلیدی: پرورش میگو، pH، قلیائیت، آهک، استان هرمزگان

مقدمه

مقدار pH آب در ارتباط با مقدار یون هیدروژن محلول در آب است. pH درواقع لگاریتم منفی مقدار یون هیدروژن در آب است. مقدار pH در آب بین ۱ تا ۱۴ در نوسان است. pH برابر با ۷ را خنثی و pH بالای ۷ را قلیائی و pH کمتر از ۷ را اسیدی گویند (Boyd *et al.*, 2002). مفهوم کلی pH همان یونیزه شدن آب است که در اثر تجزیهٔ مولکول آب یون هیدروژن (H^+) و هیدروکسید (OH^-)، طبق فرمول زیر آزاد می‌شود:

$$H_2O=(H^+)\ (OH^-)=10^{-14}$$

افزایش مقدار دی‌اکسید کربن مقدار pH را کاهش داده و کاهش مقدار دی‌اکسید کربن باعث افزایش pH آب می‌شود. در استخرهای پرورش میگو، فیتوپلانکتون‌ها در طول روز دی‌اکسید کربن را طی پدیدهٔ فتوسنتز مصرف و اکسیژن آزاد کرده و باعث افزایش pH آب می‌شوند که این افزایش در بعدازظهر کاملاً مشهود است و برعکس در شب در اثر پدیدهٔ تنفس موجودات زندهٔ داخل آب، مقدار دی‌اکسید کربن افزایش و مقدار pH آب در اوایل صبح کاهش می‌یابد (Pascual *et al*., 2003). علاوه بر فیتوپلانکتون‌ها، میزان آلکالینیتی آب نیز تااندازه‌ای pH آب را کنترل می‌کند. یون‌های بی‌کربنات و کربنات موجود در آب باعث تغییراتی در مقدار pH آب می‌شوند.

در طول روز طی پدیدهٔ فتوسنتز، دی‌اکسید کربن (CO_2) از یون بی‌کربنات جدا شده و کربنات تولید می‌شود که پایدار نیست و با مولکول آب واکنش نشان داده و تولید یون بی‌کربنات و یون هیدروکسید می‌نماید و باعث افزایش pH آب می‌شود. در طول شب با افزایش دی‌اکسید کربن در آب، این ماده با آب واکنش داده و تولید یون بی‌کربنات و یون هیدروژن می‌کند که باعث کاهش مقدار pH آب می‌شود. در اسیدیتهٔ زیر ۴/۵، معمولاً بی‌کربنات وجود ندارد و وقتی دی‌اکسید کربن کم می‌شود میزان بی‌کربنات بیشتر می‌شود تا اسیدیته به ۸/۳ برسد و از این اسیدیته نیز بی‌کربنات کم شده و به کربنات اضافه می‌شود.

بعضی مواد قلیائی هستند که در برابر مواد اسیدی که به آب وارد می‌شوند واکنش داده و آن‌ها را خنثی کرده و از آن به‌عنوان ظرفیت بافری آب یاد می‌شود. ظرفیت بافری آب ناشی از کربنات‌ها، بی‌کربنات‌ها و هیدروکسیدها و موادی از این قبیل است. این ظرفیت بافری می‌تواند در زمان‌های فتوسنتز و تنفس در محیط آبی که pH آب دچار نوسان می‌شود، جلوی نوسان مقدار pH را بگیرد. مقدار آلکالینیتی آب معمولاً بایستی بالای ۱۰۰ppm باشد. متوسط آلکالینیتی آب دریا در حدود ۱۱۶ppm و متوسط آلکالینیتی آب شیرین در حدود ۴۰ppm گزارش شده است. مقدار آلکالینیتی می‌تواند با افزایش آهک کشاورزی بالا برود، اما این ماده باعث افزایش میزان سختی آب هم می‌شود. به‌طورکلی میزان pH آب پس از دما، مهم‌ترین عامل در آبزی‌پروری است (Tucker and Hargreaves, 2004). استفاده از pH مناسب باعث رشد بهتر موجودات و غذای زنده در استخرها نیز خواهد شد (Han, 2018).

یافته‌ها

۱- کنترل pH در استخرهای پرورشی میگو

کنترل مناسب کیفیت آب در مدیریت بهتر استخر و همچنین جلوگیری از بروز بیماری مؤثر بوده و به رشد و بازماندگی مناسب میگو در استخر کمک می‌کند. تغییرات pH می‌تواند تغییرات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی ایجاد کرده و سلامت میگو را تحت تأثیر قرار دهد. pH مناسب مزارع پرورش میگو باید بین ۷/۲ تا ۸/۸ باشد و بهترین میزان آن ۷/۸ تا ۸/۵ و همچنین نیز میزان آلکالینیتی بین ۲۰۰-۱۲۰ قسمت در میلیون در میگوی پاسفید غربی است (Palanikumar *et al*., 2011). تغییرات pH در طول روز بهتر است زیر ۰/۵ باشد تا میگو با استرس زیادی مواجه نشود (Boyd and Tucker, 2012). فضولات زیاد و تراکم بالا و شکوفایی بالای پلانکتونی باعث تشکیل انواع مواد آلی و معدنی ، سولفید هیدروژن و اسیدکربنیک می‌گردد که در حضور کربنات‌ها و بی‌کربنات‌ها اثرات اسیدی این مواد کاهش یافته و تغییرات pH کاهش می‌یابد (Boyd *et al*., 2002).

در استان هرمزگان بسیاری از پرورش‌دهندگان به pH و تغییرات آن توجه زیادی نمی‌کنند و برخی اوقات این تغییرات زیاد باعث بروز استرس و تلفات در میگوهای پرورشی می‌گردد.

۲- مهم‌ترین عوامل مؤثر در تغییرات pH در آب استخرهای پرورش میگو

۲- الف: خاک استخر

pH خاک معمولاً می‌تواند در محدودهٔ ۹-۴ متغیر باشد، اما بهترین میزان pH همان pH طبیعی است و بیشتر میکروارگانیسم‌ها نیز در pH برابر ۸-۷ فعالیت می‌کنند (Boyd, 1997). منبع اسیدی بودن خاک بیشتر به یون آلومینیوم ارتباط دارد. سمیت آلومینیوم وابسته به میزان pH است، چراکه انحلال آلومینیوم به‌تدریج با کاهش pH افزایش می‌یابد و در آب‌های اسیدی به یک فاکتور مهم کشنده برای آبزیان تبدیل می‌شود (Baldisserotto, 2011).

آب در استخرهای پرورشی با خاک‌های اسیدی معمولاً غلظت کمی از بی‌کربنات‌ها و کربنات‌ها، کلسیم و منیزیم دارد که آلکالینیتی پایینی داشته و باوجود مقادیر اندک کلسیم و منیزیم نیز دارای سختی کمی هستند (Boyd *et al*., 2002). استفاده از آهک کشاورزی در خاک‌های اسیدی می‌تواند pH را بهبود بخشد و با افزایش میزان سختی و آلکالینیتی و دسترسی به کربن معدنی، فرایند فتوسنتز را بهبود داده و از تغییرات pH جلوگیری کند.

خاک‌ها در برخی از مناطق ساحلی نیز از پیریت تشکیل شده است و هنگامی‌که در معرض هوا قرار بگیرد، پیریت اکسیده شده و اسیدسولفوریک تولید می‌کند که به آن‌ها خاک‌های اسید سولفاته نیز گفته می‌شود. این خاک‌ها در شرایط مرطوب pH حدوداً ۷–۵ داشته و در زمان خشک شدن pH آن‌ها می‌تواند به ۳-۲ نیز تقلیل یابند که مناسب برای آبزی‌پروری نیستند (Andriesse and Van Mensvoort, 2006).

در استان هرمزگان در بسیاری از مزارع، عملیات آماده‌سازی بستر به‌خوبی صورت نگرفته و خاک سیاه موجود در کف بستر به‌خوبی مدیریت نمی‌گردد (شکل ۱). عدم توجه مناسب و بهینه به مراحل آماده‌سازی بستر استخرها، می‌تواند روند تولید را در طی دورهٔ پرورش با مشکل روبرو نماید.

شکل ۱. وجود خاک سیاه در مزارع پرورش میگو در استان هرمزگان (تیاب)

معمولاً جهت اندازه‌گیری pH می‌توان از خاک استخر در مناطق مختلف نمونه‌برداری کرد و پس از مخلوط کردن و ساییدن و الک کردن (به‌وسیلهٔ الک ۰/۸۵ میلی‌متر)، مقدار ۲۰-۱۰ گرم آن را با ۲۰-۱۰ میلی‌لیتر آب مقطر مخلوط نموده و به مدت ۲۰ دقیقه به‌خوبی هم زد و سپس به‌آرامی pH را اندازه‌گیری نموده (Boyd *et al*., 2002) و مطابق جدول ۱ نسبت به آهک پاشی اقدام نمود.

جدول ۱. میزان آهک موردنیاز در pH های مختلف (Boyd and Tucker, 1992)

دامنه pH	کربنات کلسیم ($CaCO_3$) کیلوگرم در هکتار	هیدروکسید کلسیم ($CaOH_2$) کیلوگرم در هکتار
کمتر از ۵	کمتر از ۳۰۰۰	کمتر از ۱۵۰۰
۵ -۶	کمتر از ۲۰۰۰	کمتر از ۱۰۰۰
۶-۷	کمتر از ۱۰۰۰	کمتر از ۵۰۰

۲ – ب: جلبک‌ها و موجودات درون استخر

به‌طورکلی فاکتورهای زیادی بر میزان جمعیت فیتوپلانکتونی مؤثر است که می‌توان به مواردی چون دما، شرایط نوری، احیای رسوبات، غلظت مواد مغذی و سایر عوامل، اشاره نمود (Tucker and Hargreaves, 2004). فیتوپلانکتون‌ها، جلبک‌ها و سایر موجودات نیز می‌توانند با استفاده از میزان دی‌اکسید کربن، بر میزان pH استخر تأثیرگذار باشند. مقادیر زیاد از شکوفایی پلانکتونی می‌تواند باعث بروز تغییرات زیاد در pH استخرها در طی شبانه‌روز شوند. افزایش زیاد تراکم جلبکی می‌تواند باعث افزایش pH استخرها در بعدازظهر به میزان ۸/۸ تا ۹/۱ نیز شود، اما هنگامی‌که شکوفایی جلبکی زیاد باشد و یا زمانی که جلبک‌ها می‌میرند pH درون استخر به مقدار زیادی کاهش می‌یابد (شکل ۲). تعادل در میزان جمعیت و یکسان ماندن شرایط پرورشی در بین آبزیان پرورشی و فیتوپلانکتون‌ها نیز نیازمند ثبات میزان pH است و روزانه باید ۲ بار اندازه‌گیری صورت گیرد. با افزایش عمر استخرها و افزایش تراکم استخر، قدرت استخر در تثبیت اسیدیته آب کاهش می‌یابد و اثرات آن بر آبزیان و مرگ‌ومیر آن افزایش خواهد یافت. در مزارع پرورش میگوی استان هرمزگان بخصوص مزارعی که قدمت بالایی در امر پرورش داشته‌اند، وجود مواد آلی کف بستر، تراکم بالای ذخیره‌سازی و اتصال آب خروجی با آب ورودی برخی از مناطق و گسترش زیاد مزارع پرورش میگو، باعث افزایش بار آلی استخرها در طول دورهٔ پرورش می‌گردد. این افزایش بار مواد آلی درصورتی‌که با افزایش دمای بالا مواجه گردد، امکان بروز شکوفایی‌های زیاد را در پی خواهد داشت و این شکوفایی‌ها بر میزان تغییرات pH در استخرها اثرات زیادی دارد. عدم اطلاع و دانش مناسب درزمینهٔ کنترل و تنظیم این فاکتور مهم می‌تواند باعث بروز صدمات زیادی بر میزان تولید گردد.

شکل ۲. شکوفایی زیاد در انتهای دورهٔ پرورش میگو در مزارع استان هرمزگان

۲- ج: آب ورودی به استخر یا کانال‌های آب‌رسان

یکی از موارد مهم تأثیرگذار بر میزان تغییرات pH در استخرهای پرورش میگو، کیفیت آب ورودی به مزارع پرورشی است. گاهی اوقات در فصول بارندگی مقادیر زیادی از آب‌های سطحی وارد کانال آب‌رسان شده و باعث می‌گردد pH آب ورودی با تغییرات زیادی مواجه گردد. این موارد در استان هرمزگان و مزارعی که فاصلهٔ اندکی با مصب‌های رودخانه‌های فصلی دارند به‌خوبی محسوس است. در بسیاری از مناطق استان هرمزگان و بخصوص مزارع و سایت‌هایی که ارتباط مستقیم با آب خوریات داشته و یا در مسیر رودخانه‌های فصلی احداث گردیده‌اند، آب باران و سیلابی شدن رودخانه‌ها در بالادست باعث کاهش قدرت آبگیری، تغییرات pH و کاهش رشد و بازماندگی خواهد شد.

۳- اهمیت آهک و آهک پاشی در پرورش میگو

آهک و آهک پاشی (در صورت استفادهٔ اصولی)، می‌تواند اثرات مفید ذیل را داشته باشد (Ching, 2007):

- از بین بردن میکروارگانیسم‌های مضر و بخصوص انگل‌ها
- افزایش میزان pH در آب‌های اسیدی
- افزایش قلیائیت و جلوگیری از تغییرات pH
- بهبود فعالیت‌های متابولیکی از طریق شکستن مواد الی توسط باکتری‌ها
- افزایش کربن و اکسیژن قابل‌دسترس
- رسوب دادن مواد آلی معلق و یا محلول
- کاهش اکسیژن موردنیاز زیستی (BOD)
- افزایش نفوذ نور در استخر
- تقویت فرایند نیتریفیکاسیون
- خنثی‌سازی فرایندها و عملکرد سولفید هیدروژن و اسیدها در استخر
- بهبود بافت خاک به‌صورت غیرمستقیم

انواع مختلفی از آهک‌ها وجود دارند که مهم‌ترین آن‌ها شامل آهک کشاورزی ($CaCO_3$)، آهک سوخته (Cao) و آهک آبدار ($CaOH_2$) هستند. کربنات کلسیم یکی از رایج‌ترین عناصر مورداستفاده در صنعت آبزی‌پروری است و گاهی اوقات و در بسیاری از مناطق نیز از کربنات منیزیم یا دولومیت با فرمول شیمیایی ($CaMg(CO_3$) نیز استفاده می‌شود (Bliss *et al*., 2012). این نوع آهک بیشتر از طریق شکستن سنگ‌آهک و یا برداشت از رسوبات پوستهٔ زمین درجایی که قبلاً دریا بوده است، حاصل می‌گردد (Brady and Weil, 2010). درصورتی‌که آهک کشاورزی در دمای ۱۰۰۰-۹۰۰ درجهٔ سانتی‌گراد حرارت داده شود، اکسید کلسیم یا آهک سوخته (CaO) حاصل می‌گردد و در این فرایند CO_2 نیز آزاد می‌گردد.

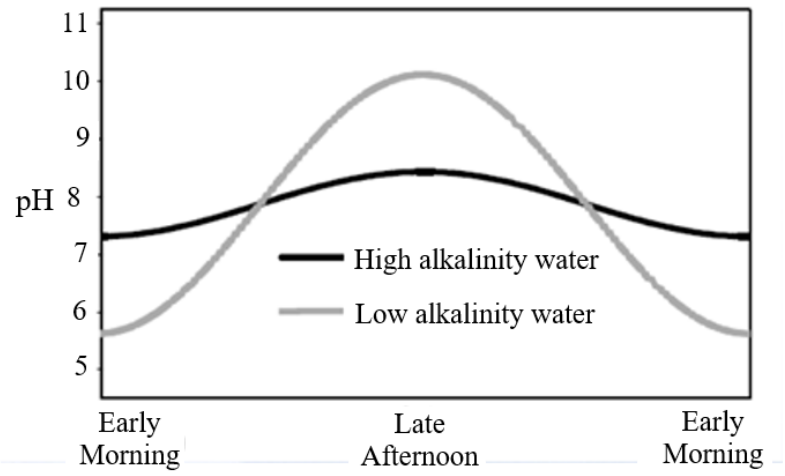
درصورتی‌که آهک سوخته با آب مخلوط شود، آهک آبدار یا $Ca(OH)_2$ حاصل می‌شود (Han, 2018). استفاده از آهک‌های آبدار و سوخته بیشتر برای کشتن و ضدعفونی موجودات باقی‌ماندهٔ در بستر استخرها، کاربرد دارد (Flamm *et al*., 2016). استفاده از این دو نوع آهک (سوخته و آبدار)، برای کاهش غلظت CO_2 نیز کاربرد دارد که افزایش زیاد این گاز نیز باعث اختلال در جذب اکسیژن می‌گردد (Hansell and Boyd, 1980). آهک همچنین باعث رسوب فسفر، خارج کردن دی‌اکسید کربن و بهبود پوست‌اندازی می‌گردد (Boyd, 2017). انحلال آهک کشاورزی به میزان حضور یون دی‌اکسید کربن در آب وابسته است (Sa and Boyd, 2017).

آلکالینیتی پایین باعث تغییرات زیادی در pH استخرها می‌شود (Boyd and Tucker, 2012). همچنین استفاده از آهک پاشی باعث بهبود میزان آلکالینیتی می‌گردد (Boyd *et al*., 2016). استفاده از آهک پاشی برای رسوب دادن ذرات نیز اهمیت دارد و باعث نفوذ بهتر نور می‌گردد (Boyd and Tucker, 2012).

آهک پاشی با بالا بردن pH باعث می‌گردد فعالیت‌های میکروبی جهت تجزیه مواد مضر در استخر بهبود یابد (Hasler *et al*., 1951). عدم کنترل نوسانات pH در صبح و بعدازظهرها باعث آسیب جدی به آبزیان درون استخر شده و یا باعث استرس در آن‌ها می‌گردد (Boyd and McNevin, 2015). در استان هرمزگان برخی از پرورش‌دهندگان از روش‌های کارشناسی شده جهت آهک پاشی استفاده نمی‌کنند و گاهی به‌جای تأثیر مثبت این فرایند، اثرات نامطلوبی بر میزان تولید و یا هزینه‌های پرورش وارد می‌آید. آهک پاشی در هر استخر باید بر اساس نیاز استخر و مراحل رشد میگو، کیفیت آب و سایر عوامل مورد استفاده قرار گیرد تا بهترین نتیجه حاصل گردد.

۴- آلکالینیتی (قلیائیت) Alkalinity

به زبان ساده، آلکالینیتی به ظرفیت خنثی‌سازی اسیدها گفته می‌شود که در اثر وجود یون‌های کربنات در آب ایجاد می‌گردد. میزان آلکالینیتی در مورد میگوی پاسفید غربی (*Litopenaeus vannamei*)، اگر کم‌تر از ۸۰ میلی‌گرم بر لیتر باشد مشکلات زیادی ایجاد می‌کند (Ching, 2007). درصورتی‌که آلکالینیتی کاهش یابد، استرس ایجاد شده و احتمال بروز مرگ‌ومیر افزایش می‌یابد. آلکالینیتی به‌طور غیرمستقیم بر روی تولید استخر تأثیر دارد و در آلکالینیتی کم، میزان دسترسی به مواد معدنی برای میکروارگانیسم‌ها مهیا نیست و وقتی به زیر ۲۰ قسمت در میلیون برسد، فسفر به‌صورت نامحلول درمی‌آید و باید هر هفته در استخرهای پرورش میگو اندازه‌گیری شود (Boyd, 2017). در طی فتوسنتز و مصرف دی‌اکسید کربن، کربنات کلسیم و منیزیم رسوب می‌کنند و از سختی و قلیائیت کاسته می‌شود. ظرفیت بافری ناشی از قلیائیت بستگی به میزان کلسیم موجود در آب دارد (Wurts and Durborow, 1992) و هنگامی‌که اسیدیته به دلیل کاهش دی‌اکسید کربن بالای ۸/۳ برسد، فیتوپلانکتون‌ها شروع به برداشت دی‌اکسید کربن از بی‌کربنات می‌کنند که نتیجهٔ آن تولید کربنات است. کربنات نیز هیدرولیز شده و باعث افزایش pH می‌شود و در شب که دی‌اکسید کربن زیاد می‌شود دوباره به شکل محلول درمی‌آید (شکل ۳).



شکل ۳. تغییرات اسیدیته آب در شرایط آلکالینیتی بالا و پایین (Wurts and Durborow, 1992)

۴- الف: آلکالینیتی بالا

در طی دورهٔ فتوسنتز بالا که معمولاً در استخرهای پرورش میگو در استان هرمزگان در انتهای دوره پرورش اتفاق می‌افتد و تراکم بالایی از جمعیت پلانکتونی وجود دارد، آلکالینیتی به‌سرعت افزایش می‌یابد و گاهی pH به بالای ۹ می‌رسد و در این زمان کربنات از بی‌کربنات‌ها آزاد می‌شوند. آلکالینیتی بالای ۳۰۰ -۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر و pH بالای ۸/۵ باعث توقف و اختلال درروند پوست‌اندازی می‌گردد. کاهش جمعیت پلانکتونی به‌وسیلهٔ تعویض آب یا استفاده از محصولات از بین برندهٔ پلانکتونی (Algicide)، می‌تواند باعث کاهش میزان آلکالینیتی شود اما استفاده از این مواد کاهندهٔ جمعیت پلانکتونی، به دلیل کاهش میزان اکسیژن استخر بخصوص در انتهای دورهٔ پرورش در استان هرمزگان پیشنهاد نمی‌شود. استفاده از $CaCO_3$ یکی از روش‌هایی است که می‌تواند به کاهش قلیائیت آب کمک کند زیرا این ترکیب منبع مناسبی از کربنات است و با افزودن کربنات کلسیم به آب در pH بالا، این ترکیب به رسوب کربنات کلسیم و فسفر در آب کمک خواهد کرد (Ching, 2007). این روش باعث کاهش میزان اسیدیتهٔ آب در تراکم بالای جلبکی و فتوسنتز شده و می‌تواند باعث رسوب دادن فسفر معدنی گردد که خود به تعدیل اسیدیته آب کمک می‌کند.

۴- ب: آلکالینیتی پایین

آلکالینیتی پایین می‌تواند در مزارع پرورش میگو در اثر بارش باران، ایجاد رواناب حاصل از بارندگی، حضور نرم‌تنان زیاد در استخر و موارد دیگر حاصل گردد. بارش باران و ورود رواناب به خوریات و کانال‌های آب‌رسان در استان هرمزگان به دلیل بارندگی‌های فصلی، بخصوص در انتهای دورهٔ دوم پرورش می‌تواند اتفاق بیفتد. در صورت بروز آلکالینیتی پایین می‌توان نسبت به استفاده از آهک اقدام نمود. اندازه‌گیری آلکالینیتی یا قلیائیت با استفاده از فرمول زیر انجام می‌گیرد:

$$\text{قلیائیت } (CaCO_3\ mg/l) = \frac{\text{اسیدسولفوریک (میلی‌لیتر)} \times \text{نرمالیته اسیدسولفوریک (meq/ml)} \times ۵۰۰۰}{\text{حجم نمونه (میلی‌لیتر)}}$$

در کنار آلکالینیتی معمولاً سختی نیز وجود دارد که گاهی با آن اشتباه گرفته می‌شود، زیرا هر دو مفهوم بر اساس میلی‌گرم بر لیتر غلظت کربنات کلسیم بیان می‌گردد. بااین‌حال آلکالینیتی بر میزان فراوانی (کربنات، بی‌کربنات، فسفات و غیره)، در آب دلالت دارد اما سختی غلظت کل کاتیون‌های دو ظرفیتی است که بیشتر مربوط به نمک‌های کلسیم و منیزیم (کلسیم، منیزیم، آهن و غیره) بوده ولی سایر فلزات مانند آهن، مس و روی را نیز در برمی‌گیرد و هیچ توضیحی در مورد اینکه در اثر کدام‌یک از عوامل سختی ایجاد شده، داده نمی‌شود. کلسیم و منیزیم از عناصر مهم سختی آب هستند اما کلسیم برای میگو مهم‌تر بوده، زیرا در فرایند پوست‌اندازی بیشتر کاربرد دارد. سختی مناسب برای پرورش میگو ۲۰۰-۸۰ میلی‌گرم بر لیتر عنوان شده است (Ching, 2007). اندازه‌گیری سختی با استفاده از فرمول زیر صورت می‌پذیرد:

$$\text{سختی } (CaCO_3\ mg/l) = \frac{\text{EDTA (میلی‌لیتر)} \times \text{مولاریته EDTA (mmol/ml)} \times ۱۰۰۰۰۰}{\text{حجم نمونه (میلی‌لیتر)}}$$

توصیهٔ ترویجی

کنترل میزان pH در دامنهٔ ۸/۵-۷/۸ می‌بایست به‌صورت روزانه ۲ بار (صبح زود و غروب)، اندازه‌گیری شود و در صورت خارج شدن از دامنهٔ ذکرشده و یا تغییرات بیشتر از ۰/۵ در طی شبانه‌روز، نسبت به تعدیل pH به‌وسیلهٔ کربنات کلسیم در آب‌های

شور اقدام نمود. همچنین با اندازه‌گیری میزان قلیائیت و مناسب نگه‌داشتن دامنهٔ آن (۲۰۰-۱۲۰ میلی‌گرم بر لیتر)، در میگوی پاسفید اطمینان حاصل نمود. برای آماده‌سازی استخرها نیز لازم است نمونه‌های خاک از مناطق مختلف استخر برداشته شده و پس از تعیین میزان pH، مطابق جدول ۱ نسبت به آهک پاشی اقدام نمود. در زمان‌های بارندگی می‌بایست آبگیری استخرها قطع شده و در زمان تغییرات زیاد pH، با استفاده از کربنات کلسیم نسبت به تعدیل آن اقدام نمود.

منابع

1- Andriesse, W. and Van Mensvoort, M.E.F., 2002. Acid sulfate soils, distribution and extent. In *Encyclopedia of soil science* (p. 6). Marcel Dekker
2- Baldisserotto, B., 2011. Water pH and hardness affect growth of freshwater teleosts. *Brazilian Journal of Animal Science*, *40*, pp.138-144.
3- Bliss, J.D., Hayes, T.S. and Orris, G.J., 2008. *Limestone, a Crucial and Versatile Industrial Mineral Commodity*. US Department of the Interior, US Geological Survey
4- Boyd, C.E., 2017. Use of agricultural limestone and lime in aquaculture. *CAB Reviews*, *12*(015), pp.1-10.
5- Boyd, C. and McNevin, A., 2015. *Aquaculture, resource use, and the environment*. John Wiley & Sons.
6- Boyd, C.E., 1997. Practical aspects of chemistry in pond aquaculture. *The Progressive Fish-Culturist*, *59*(2), pp.85-93.
7- Boyd, C.E. and Tucker, C.S., 1992. Water quality and pond soil analyses for aquaculture. *Water quality and pond soil analyses for aquaculture.*
8- Boyd, C.E. and Tucker, C.S., 2012. *Pond aquaculture water quality management*. Springer Science & Business Media.
9- Boyd, C.E., Tucker, C.S. and Somridhivej, B., 2016. Alkalinity and hardness: critical but elusive concepts in aquaculture. *Journal of the World Aquaculture Society*, *47*(1), pp.6-41.
10- Boyd, C.E., Wood, C.W. and Thunjai, T., 2002. *Aquaculture pond bottom soil quality management*. Pond Dynamics/Aquaculture Collaborative Research Support Program, Oregon State University.
11- Brady, N.C. and Weil, R.R., 2010. The colloidal fraction: seat of soil chemical and physical activity. *Elements of the Nature and Properties of Soils*, pp.235-268.
12- Ching, C.A., 2007. Water alkalinity in the cultivation of marine shrimp, *Litopenaeus vannamei*. *Boletines Nicovita*, *3*, pp.1-3.
13- Flamm, A., Fabian, M., Runge, M., Böttcher, K., Bräuer, G., Füllner, G. and Steinhagen, D., 2016. Draining and liming of ponds as an effective measure for containment of CyHV-3 in carp farms. *Diseases of aquatic organisms*, *120*(3), pp.255-260.
14- Han, Y., 2018. Experiments on the Pond Lime Requirement Test and the Effect of Organic Matter on Dissolution of Agricultural Limestone in Aquaculture Ponds.
15- Hansell, D.A. and Boyd, C.E., 1980. Uses of hydrated lime in fish ponds. In *Proceedings of the Annual Conference Southeastern Association of Fish and Wildlife Agencies*, *34*, pp. 49-58.
16- Hasler, A.D., Brynildson, O.M. and Helm, W.T., 1951. Improving conditions for fish in brown-water bog lakes by alkalization. *The Journal of Wildlife Management*, *15*(4), pp.347-352.

17- Palanikumar, P., Velmurugan, S. and Citarasu, T., 2011. Factors influencing in success of *Litopenaeus vannamei* culture. *Aquaculture Asia Magazine*, *16*(1), pp.10-16.
18- Pascual, C., Gaxiola, G. and Rosas, C., 2003. Blood metabolites and hemocyanin of the white shrimp, Litopenaeus vannamei: the effect of culture conditions and a comparison with other crustacean species. *Marine biology*, *142*(4), pp.735-745.
19- Sa, M.V.D.C.E. and Boyd, C.E., 2017. Variability in the solubility of agricultural limestone from different sources and its pertinence for aquaculture. *Aquaculture Research*, *48*(8), pp.4292-4299.
20- Tucker, S.S. and Hargreaves, J.A., 2004. 10 Pond water quality. In *Developments in Aquaculture and Fisheries Science, 34*, pp. 215-278. Elsevier
21- Wurts, W.A. and Durborow, R.M., 1992. Interactions of pH, carbon dioxide, alkalinity and hardness in fish ponds.