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

شیلاتی تبدیل شده است که در این میان پرورش در استخرهای خاکی به عنوان یک فعالیت مهم تجاری تلقی می‌شود و نزدیک به ۳۰ درصد نیاز بازارهای جهانی به میگو را تأمین می‌کند. جهت پرورش نیمه متراکم و متراکم در استخرهای خاکی، شرایط محیطی و کیفی بالای آب و خاک از الزامات می‌باشد، بنابراین توجه زیادی جهت حفظ شرایط مناسب کیفی آب و خاک بستر استخرها صورت می گیرد. استقرار سیستم‌های مدیریتی مناسب سبب کاهش دغدغه‌های مزرعه داران نسبت به شرایط کیفی آب و خاک و بیماری می‌گردد. آماده سازی اصولی و مدیریت مناسب استخرها باعث می‌شود بسیاری از عوامل بیماریزای ویروسی، باکتریایی و یا انگلی فرصت مناسب جهت ایجاد بیماری نداشته باشند. یکی از راه‌های جلوگیری از شیوع بیماری‌ها در مقیاس وسیع و افزایش میزان بازماندگی و رشد میگوها در استخر مدیریت آنهاست (Ng et al., 2018; Gräslund and Bengtsson, 2001). از مواردی که طی دوره پرورش بخصوص از ماه‌های دوم و سوم به بعد باعث بر هم زدن شرایط کیفی آب و خاک استخرهای خاکی می‌شود غذادهی می‌باشد. خوراک‌ها ماهیتی آلی دارند و دادن خوراک اضافی به تدریج باعث تجزیه در محیط آب شده، اکسیژن مصرف کرده و در رسوبات ته‌نشین می‌گردد. این مسأله سبب برهم خوردن پارامترهای فیزیکی ـ شیمیایی آب و خاک در سیستم آبی می‌شود. شواهد فزاینده ای وجود دارد که نشان می دهد وضعیت خاک بستر استخرها و تبادل مواد بین خاک و آب به شدت بر کیفیت آب تأثیر می‌گذارد (Boyd, 2015b). از این رو غلظت‌های پایین اکسیژن، غلظت‌های بالای آمونیاک و کیفیت نامطلوب خاک بستر و آب استخر می‌تواند باعث ایجاد استرس برای آبزی و در نتیجه کاهش میزان بازماندگی و تولید شود (Boyd, 2003). به منظور مدیریت اصولی آب و خاک بستر و بهبود کیفیت آنها طی دوره پرورش و نیز در زمان آماده سازی استخرها از ماده ای مانند آهک جهت ضدعفونی و جلوگیری از کاهش نامناسب pH و کنترل کیفی آب استفاده می‌شود. برنامه‌های کاربردی آهک هنوز هم به عنوان درمان تسکینی در نظر گرفته می‌شوند (Lepori et al., 2003a,b; Kowalik & Ormerod, 2006). از اینرو انتخاب درست ترکیب آهکی جهت کاربرد مورد نظر و نحوه استفاده و میزان برآورد آن‌ها مهم می‌باشد. هدف از نگارش این مقاله ارائه انواع مواد آهکی و درجات تأثیر و نوع کاربرد آن مد نظر می‌باشد که می‌تواند در خصوص ارتقاء شرایط کیفی خاک بستر و آب استخر به منظور بهبود شرایط تولید در آبزی‌پروری مفید واقع شود.

انواع مواد آهکی:

ترکیبات آهکی که در استخر های پرورش ماهی و میگو، مورد استفاده قرار می‌گیرد همان موادی هستند که در خاک های کشاورزی نیز کاربرد دارند. ترکیبات مختلفی که به عنوان ماده آهکی مناسب جهت آهک زنی خاک بستر و آب استفاده می‌شوند شامل اکسیدها، هیدروکسیدها و سیلیکات‌های کلسیم یا منیزیم است زیرا این مواد قادر به کاهش اسیدیته هستند (Boyd et al., 2015b). ترکیبات آهکی معمول شامل موارد زیر است:

سنگ آهک، کربنات کلسیم یا کلسیت و دولومیت یا کربنات کلسیم- منیزیم ($MgCa(CO_3)_2$) پس از خرد شدن در استخرهای پرورشی به کار می‌روند. از دیگر ترکیبات رایج هیدروکسیدکلسیم ($Ca(OH)_2$) واکسیدکلسیم (CaO) می‌باشند. هیدروکسید کلسیم را آهک ساختمانی، مرده، آبدیده و یا تفته می‌نامند و اکسیدکلسیم را آهک زنده یا سوزاننده می‌نامند. در ساختمان مولکولی بعضی از ترکیبات، کلسیم وجود دارد ولیکن به عنوان مواد آهکی در مزارع پرورش ماهی و میگو استفاده نمی‌شود مانند سیلیکات‌کلسیم ($CaSiO_3$) که هر چند سختی کل را افزایش می‌دهد اما چون دارای آنیونی نیست که با اکسیدکلسیم واکنش دهد قلیائیت را افزایش نمی دهد. پس در آهک دهی استخرهای پرورش ماهی و میگو خاکسترهای سیلیکاتی

ترکیبات آهکی که در استخر های پرورش ماهی و میگو، مورد استفاده قرار می‌گیرد همان موادی هستند که در خاک های کشاورزی نیز کاربرد دارند.

مفید نیستند. ترکیبات کلسیمی که توانایی خنثی سازی قدرت اسیدی را ندارند مواد آهکی تلقی نمی‌شوند، مانند سولفات کلسیم که عمدتاً به عنوان گچ کشاورزی شناخته می شود (منبع پر ارزشی از کلسیم اما بنیان سولفات آن قدرت اسیدی را خنثی نمی کند). تأثیر دو ماده هیدروکسیدکلسیم ($Ca(OH)_2$) و اکسیدکلسیم (CaO) یکسان است و تقریباً به یک میزان بکار برده می شوند. آهک زنده به سرعت با CO_2 ترکیب گشته و تبدیل به کربنات می‌شود و در بستر استخر ته نشین می‌شود و پس از یکی دو ماه به صورت بی‌کربنات در می‌آید. آهک هیدارته کمتر از ۶۵ درصد نسبت به آهک زنده یا CaO تأثیرگذار است. ضمناً سنگ آهک یکی از سالم‌ترین، ارزانترین و مؤثرترین ماده آهکی برای استخر است، تقریباً نصف اثر آهک زنده و آهک هیدراته را دارا می باشد. بنابراین مصرف سنگ آهک دو برابر آهک زنده و آهک هیدراته می باشد (Boyd etal., 2015a).

انواع آهک مورد استفاده در آبزی پروری: کربنات کلسیم ($CaCO_3$) و دولومیت (کربنات‌کلسیم-منیزیم) [$CaMg(CO_3)_2$]

کربناتها به طور گسترده در طبیعت واقع هستند. از جمله اشکال متداولی که می‌تواند به عنوان مواد آهکی مورد استفاده قرار گیرد سنگ آهک کلسیتی(کربنات کلسیم خالص) و سنگ آهک دولومیت (کربنات کلسیم- منیزیم با نسبت‌های مختلف کلسیم و منیزیم) است. کربنات کلسیم تجاری به عنوان آهک کشاورزی شناخته می‌شود. کربنات‌ها کمترین واکنش را در بین سه ماده آهکی دارند. به خصوص استفاده از دولومیت [$CaMg(CO_3)_2$] در طول دوره کشت توصیه می‌شود (Boyd etal., 2015b).

اکسید کلسیم (CaO)

این تنها ترکیبی است که ممکن است اصطلاح آهک به درستی به آن اطلاق شود. اکسیدکلسیم به طور متفاوتی به عنوان آهک زنده، آهک سوخته و آهک پخته نشده شناخته می‌شود. این ماده با بو دادن، سنگ آهک کلسیتی در کوره تولید می‌شود. اکسید کلسیم سوزاننده و نمناک است و اغلب توصیه می‌شود این آهک فقط در خاک‌های اسیدی استفاده شود (Boyd et al., 2015a).

هیدروکسید کلسیم $Ca(OH)_2$:

هیدروکسید کلسیم به عنوان آهک پوسته پوسته، آهک هیدراته، آبدیده یا آهک سازنده شناخته می شود. با آبرسانی به اکسید کلسیم هیدروکسید کلسیم تهیه می‌شود. این نوع آهک سفید مایل به خاکستری است. مواد آهکی در توانایی خنثی سازی اسید متفاوت هستند. کربنات کلسیم ($CaCO_3$) خالص، استانداردی است که سایر مواد آهکی با آن سنجش می‌شوند. مقدار خنثی کننده $CaCO_3$ صد درصد است و مقدار نمونه‌های خالص برای کربنات کلسیم- منیزیم ۱۰۹ درصد ($MgCa(CO_3)_2$)، برای هیدروکسید کلسیم ۱۳۶ درصد ($Ca(OH)_2$) و برای اکسید کلسیم ۱۷۹ درصد CaO می‌باشد (Boyd etal., 2015a).

یک مثال ساده برای محاسبه یکی از ترکیبات آهکی مثلا دولومیت بدین صورت است. دولومیت با کربن دی اکسید موجود در آب به این شکل واکنش می دهد

$$CaMg(CO_3)_2 + H_2O + CO^2 \longleftrightarrow Ca^{+2} + Mg^{+2} + H_2CO_3^- + CO_3^{-2}$$

این واکنش نشان می دهد که دولومیت با فیتوپلانکتونها بر سر CO_2 رقابت می‌کند و احتمالاً سرعت فتوسنتز را کاهش می‌دهد. در ابتدا علاوه بر از بین بردن تمام CO_2 آزاد آب،کربنات کلسیم ($CaCO_3$) با CO_2 آزاد شده از تجزیه مواد آلی که در آب پخش شده واکنش می‌دهد. در نتیجه چند روز پس از آهک زدن، میزان غلظت CO_2 بیشتر از قبل می‌شود و این مسأله به این دلیل پیش می‌آید که دولومیت CO_2 آزاد شده را جذب می‌کند چون در غیر اینصورت وارد اتمسفر می‌شود (Boyd etal., 2015b). دولومیت به تعادل میزان کاتیون‌ها و آنیون‌ها کمک خواهد کرد. بنابراین افزایش سختی کل و قلیائیت کل پس از آهک زدن به یک میزان خواهد بود. در نتیجه مقدار دولومیت مورد نیاز جهت بالا

هیدروکسید کلسیم به عنوان آهک پوسته پوسته، آهک هیدراته، آبدیده یا آهک سازنده شناخته می شود. با آبرسانی به اکسید کلسیم هیدروکسید کلسیم تهیه می‌شود.

بردن سختی کل استخر تا یک سطح مشخص مستقیماً می‌تواند محاسبه شود. با توجه به چنین منطقی مقدار دولومیت مورد نیاز برای بالا بردن سختی کل مثلاً یک استخر یک هکتاری با عمق یک متر، ۱۵ میلی‌گرم برای هر لیتر یا ۱۵ گرم برای هر مترمکعب خواهد بود و از آنجا که حجم آن ۱۰ هزار متر مکعب می‌شود در مجموع ۱۵۰ کیلوگرم دولومیت مورد نیاز است (Boyd,1990).

مزایای کاربرد آهک در استخرهای پرورش آبزیان:

مقدار مواد معدنی و pH آب نتیجه فعل و انفعالات بین خاک بستر استخرهای پرورش آبزیان و آب مورد استفاده است. خاک‌های رسی از جمله خاک‌هایی است که در ساخت استخرهای خاکی پرورش آبزیان استفاده دارد که معمولا اغلب، اسیدی هستند و می‌تواند بر کیفیت آب تأثیر چشمگیری بگذارد. حوضچه‌هایی با خاک‌های اسیدی که با آب‌هایی فقیر از نظر مواد معدنی آبگیری می‌شوند به طور مشخص قلیائیت و سختی کمی دارند. وقتی قلیائیت و سختی کل زیر ۲۰ میلی گرم در لیتر باشد ($CaCO_3$) بهره وری معمولاً کاهش می‌یابد. غلظت قلیائیت زیر ۲۰ میلی‌گرم در لیتر اغلب منجر به تغییرات زیادی در مقدار pH روزانه می‌شود که باعث استرس حیوانات آبزی می شود. خاک‌های اسیدی حاوی غلظت‌های بالایی از یون‌های هیدروژن و یا آلومینیوم نسبت به غلظت کلسیم و منیزیم می باشند(که از مواد معدنی مهم برای آب با کیفیت هستند). بنابراین از آهک به عنوان ترکیب خنثی کننده اسید کلسیم و منیزیم نام برده می‌شود (Lazur, etal., 1998). از اینرو موارد کاربرد مطلوب آهک در آبزی‌پروری زیاد است و دارای مزایای بسیاری می‌باشد، در ذیل به برخی از آنها اشاره شده است:

- آهک زنی باعث خنثی سازی یا کمی قلیایی کردن قدرت اسیدی آب و خاک در استخرهایی می‌گردد که دارای آبهای نرم و خاک اسیدی هستند.
- افزایش pH پایین خاک و بواسطه آن افزایش فسفر قابل دسترس موجود در کود و خاک را سبب می‌شود.
- افزایش تولیدات بنتیک در استخرهای بارور شده و قابلیت در دسترس بودن مواد مغذی را باعث می شود.
- افزایش مطلوب pH سبب افزایش فعالیت میکروبی در بستر می شود.
- باعث از بین بردن اکثر میکروارگانیسم ها، به خصوص انگل ها، به دلیل واکنش‌های سوزاننده آن می‌شود.
- سبب افزایش ذخیره قلیایی در آب و گل و لای بستر جهت جلوگیری از تغییر شدید pH می‌گردد.
- ارتقا بهره وری بیولوژیکی، با افزایش تجزیه مواد آلی توسط باکتری ها سبب افزایش ذخایر اکسیژن و کربن می شود.
- باعث رسوب مواد آلی معلق یا محلول می گردد.
- کاهش میزان اکسیژن رسانی بیولوژیکی (BOD) در پی دارد.
- سبب نفوذ مناسب نور می‌شود.
- افزایش نیتروژن دهی به دلیل تأمین کلسیم مورد نیاز در ارگانیسم های نیتریک کننده از دیگر مزایاست.
- سبب خنثی کردن عملکرد مضر برخی از مواد مانند سولفید و اسید می‌شود.
- به طور غیرمستقیم نیز سبب بهبود بافت خوب خاک بستر در حضور مواد آلی می‌گردد (Boyd & Daniels., 1994).

آهک زدن باعث افزایش قلیائیت آب و در نتیجه افزایش قابلیت دسترسی به دی اکسید کربن برای افزایش فتوسنتز و در نتیجه افزایش بهره‌وری فیتوپلانکتونها از دی اکسید کربن شده و مقدار کربن را برای فتوسنتز افزایش می‌دهد.

در نهایت با افزایش تولیدات پلانکتونی منجر به افزایش تولیدات آبزی‌پروری می‌گردد (Boyd, 2012). استفاده از آهک میزان pH صبحگاهی را افزایش می‌دهد و به علت افزایش قلیائیت آب می‌تواند بافر خوبی در مقابل تغییرات pH به خصوص در استخرهای اتوتروف با آب نرم محسوب شود. اما بعد از ظهر به دلیل بافری شدن آب بواسطه بی‌کربنات، مقادیر pH به اندازه قبل از استفاده از آهک نخواهد رسید و متعادل است. استفاده از آهک

آهک زنی باعث خنثی سازی یا کمی قلیایی کردن قدرت اسیدی آب و خاک در استخرهایی می‌گردد که دارای آبهای نرم و خاک اسیدی هستند.

از انتشار دی اکسید کربن در اتمسفر جلوگیری می‌کنند و آن را در آب به دام می اندازند. آهک زدن با افزایش قلیاییت خاک (کلسیم و منیزیم محلول در آب) سختی کل را افزایش می‌دهد (Boyd, 1999; Thomaston & Zeller, 1961). در واقع، قلیائیت کل نسبت به سختی کل شاخص قابل اطمینان‌تری جهت اینکه نیاز به آهک پاشی هست یا خیر می‌باشد زیرا برخی از استخرها ممکن است دارای سختی کل پایین و قلیائیت بالا باشند یا برعکس، اما اندازه‌گیری سختی کل به ویژه در مزرعه، از قلیائیت آسان‌تر است. استفاده از آهک، ممکن است آلودگی هیومیکی با منشأ گیاهی را که باعث محدودیت نفوذ نور در آب می‌شود را از آب بزداید و نیز کدورت ناشی از مواد هومینی را هم کاهش داده و کدورت ناشی از ذرات کلوئیدی خاک را کمتر کند به‌عبارتی به کار بردن آهک غلظت موادآلی کلوئیدی را کاهش می‌دهد. در بسیاری از مواقع، نیاز به آهک زمانی مطرح می‌شود که کود غیرآلی برای ایجاد شکوفایی پلانکتونی مناسب مؤثر نباشد. با این وجود، می‌بایستی تجزیه و تحلیل سختی یا قلیائیت کل صورت گیرد و سایر دلایل احتمالی عدم تأثیر کود در تولید و شکوفایی پلانکتونی قبل از استفاده از آهک تعیین گردد. همچنین افزایش pH از لحاظ افزایش فسفات موجود در گل بستر هم مطلوب است (Boyd, 2012). پرورش دهندگان آبزیان غالباً معتقدند که کاربرد آهک تازه باعث اکسیده شدن مواد آلی انباشته شده در گل بستر می‌شود، اما این فرضیه اشتباه است، درست است که افزایش pH تا ۷-۶/۵ فعالیت میکروبی را افزایش می دهد، اما طی چند روز یا چند هفته مقدار نسبتاً کمی از مواد آلی تجزیه می شود. کاربرد آهک تازه معمولا pH را تا آن حد زیاد می‌کند که باعث از بین رفتن باکتری ها شود. وجود آهک به تنهایی یک اکسنده نیست در نتیجه گل بستر استریل می شود و تا زمانی که pH کاهش نیابد هیچ تجزیه ای صورت نمی‌گیرد. برای بهبود شرایط بستر استخر در طول آماده سازی حوضچه‌های پرورش پس از هر دوره ممکن است خاک کف به علت تجمع مواد آلی هوموس به شدت آلوده و اسیدی شود. استفاده از مواد آهکی می‌تواند سبب خنثی سازی اسیدهای آلی ترشح شده از ماده هوموس و بالا بردن مقدار pH پایین خاک و افزایش تجزیه مواد آلی گردد. به طوری که می‌توان از مواد آلی هوموس به عنوان کود در دوره پرورش بعدی استفاده کرد. آهک موجب رسوب ترکیبات فسفاته و نیتروژن شده و به همین علت است که نبایستی کوددهی به استخرهای پرورشی چه آلی و چه غیر آلی همزمان با آهک پاشی انجام پذیرد. آهک خاصیت ضدعفونی کنندگی نیز دارند و زمان آماده‌سازی حوضچه‌های پرورش به عنوان ماده ضدعفونی کننده عمل می‌کند. طی دوره پرورش، زمانیکه pH آب حوضچه‌های پرورش میگو به زیر حد معمول کاهش می‌یابد (زیر ۷/۲) می‌توان از مواد آهکی برای بالا بردن میزان pH به سطح مطلوب استفاده کرد. مقدار آهک براساس pH پایین خاک و نوع ماده آهکی مورد استفاده توصیه می‌شود. از آنجایی که کلسیم بخش اصلی تشکیل دهنده اسکلت ماهی، پوسته خارجی سخت پوستانی مانند میگو می‌باشد به میزان بالای کلسیم بخصوص در زمان پوست اندازی میگوها نیاز است. این نیاز عمدتاً با جذب کلسیم موجود در آب دریا تأمین می‌شود. محتوای کلسیم کوتیکول طی مرحله پوست‌اندازی در میگوها بین ۱۲ تا ۱۹ درصد است و با پوست‌اندازی حدود ۲۳ درصد کل کلسیم بدن را از دست می‌دهد. با این حال، مقدار مواد معدنی از دست رفته طی فرآیند پوست‌اندازی بالاتر از این می‌باشد زیرا اسکلت خارجی آنها شامل سایر مواد معدنی به شکل نمک‌های کلسیم و منیزیم است (Boyd etal., 2015b).

استفاده از آهک، ممکن است آلودگی هیومیکی با منشأ گیاهی را که باعث محدودیت نفوذ نور در آب می‌شود را از آب بزداید و نیز کدورت ناشی از مواد هومینی را هم کاهش داده و کدورت ناشی از ذرات کلوئیدی خاک را کمتر کند.

مصرف آهک در آبزی‌پروری:

هدف از آهک زدن خنثی سازی اسیدیته در لایه فوقانی خاک بستر و افزایش غلظت قلیائیت کل و سختی کل در آب است (Boyd, 1999). آهک به دو منظور در آبزی‌پروری استفاده می‌شود: اصلاح pH آب و تصحیح pH خاک بستر. وقتی هدف اصلاح pH آب باشد می‌توان آهک را به صورت

دوغاب درآورد و یا به آب ورودی اضافه کرد یا در مقابل هوادهها پاشید. اگر هدف pH خاک بستر باشد می‌بایستی مانند خوراک روی سطح خاک پخش شود. قلیائیت آب در پرورش ماهی و میگو دارای اهمیت ویژه ای است چرا که عامل مهم نگهداری دی اکسید کربن آب است و قلیائیت در واقع عاملی برای به دام انداختن CO_2 محسوب می‌شود. آهک پاشی می بایستی ۳-۲ هفته قبل از کوددهی انجام گیرد چرا که آهک موجب کاهش فسفر غیر آلی محلول و غلظت دی اکسید کربن می‌شود. بعد ازگذشت چند روزکه واکنش‌های آهک، آب و خاک کامل شد، استفاده از فسفر و دی اکسید کربن تأثیر بیشتری دارد. سنگ آهک کشاورزی از بهترین ترکیبات آهکی است که می‌توان در آبزی‌پروری استفاده کرد. سنگ آهک کشاورزی در مناطق عمیق باید ۳-۲ برابر مناطق کم عمق به کار رود، به استخرهایی که عمق کمتر از یک متر دارند، سنگ آهک را بطور یکنواخت درتمام سطح بستر می‌پاشند، بعد از ریختن آهک کف استخر را باید تا عمق ۱۵-۱۰ سانتیمتر شخم زد. سنگ آهک کشاورزی می‌تواند قلیائیت را در مدت زمان طولانی‌تری در آب استخرهای پرورش ماهی و میگو حفظ نماید، همانطور که آهک زنده جهت از بین بردن میکروارگانیسم‌ها (به دلیل افزایش سریع و زیاد pH) برای ضدعفونی کردن خاک بستر استخرها استفاده می‌گردد در نتیجه می‌تواند به عنوان بهترین ماده آهکی ضدعفونی کننده محسوب شود. پس علاوه بر ضدعفونی کردن و از بین بردن عوامل پاتوژن (بیماریزا) آهک به عنوان اصلاح کننده برخی پارامترهای فیزیکی- شیمیایی آب طی دوره پرورش و ابتدای دوره با محاسبات دقیق و آزمایشات لازمه مورد استفاده قرار گیرد. همچنین می‌تواند برگ برنده ای برای آبزی پروران محسوب شود و میزان قلیائیت را در محدوده مناسب برای پرورش آبزیان حفظ کند. قلیائیت در توانایی آب برای تأمین رشد جلبک ها وسایر آبزیان نقش مهمی دارد و این بواسطه اثر تامپونی آن و عملکرد آن به عنوان عامل ذخیره کربن معدنی می‌باشد. انواع ترکیب شیمیایی بوجود آورنده قلیائیت آب عبارت از یون بیکربنات، یون کربنات و یون هیدروکسید می باشد (Boyd & Daniels.,1994).

$$H_2O \rightarrow HCO_3^- + H^+$$
$$HCO_3 \rightarrow CO_3^{-2} + H^+$$
$$H_2O \rightarrow OH^- + H^+$$

از دیگر کاربردهای سنگ آهک کشاورزی ($CaCO_3$) ارتباط استفاده آن با فسفر است، چرا که فسفر موجود در رسوبات را می توان به چهار نوع طبقه بندی نمود (۱- کانی‌های فسفاتی ۲- فسفر محبوس ۳- فسفر غیرمحبوس ۴- فسفر آلی). یون‌های ارتو فسفات می‌توانند روی سطح کانی‌هایی مثل SiO_2 و کلسیت رسوب کنند این نوع فسفر محبوس با آب در تماس مستقیم است و می توان پیش بینی کرد که سریعتر از دیگر اشکال فسفر در آب حل شود و فیتوپلانکتون‌ها نیز فسفر را به صورت ارتو فسفات مورد استفاده قرار می‌دهند. در نتیجه کلسیت موجب تولید بیشتر فیتوپلانکتون‌ها در استخرهای پرورش ماهی و میگو می‌شود. کاربرد آهک در استخرهایی که دارای سختی کل ۱۵ mg/l -۰ هستند واکنش پلانکتون‌ها به کوددهی را بهبود می‌بخشد و تولید کفزیان را افزایش می‌دهد (Datta, 2012; Bowling.,1962). همچنین کاربرد آهک همراه با کود، با توجه به رعایت زمان لازم مابین آهک پاشی و کود دهی فراوانی فیتوپلانکتون‌ها را بیشتر از مقدار حاصل از کوددهی افزایش می‌دهد (Datta, 2012; Boyd & Brook., 1974).

واکنش‌های خنثی سازی ترکیبات آهکی مورد استفاده در آبزی پروری:

واکنش های خنثی سازی قدرت اسیدی مواد آهکی مورد استفاده در مزارع کشاورزی و آبزی پروری به شرح ذیل می باشد.

$$CaCo_3 + 2H^+ \rightarrow Ca^{2+} + H_2O + CO_2$$

کربنات کلسیم

$$MgCa(CO_3)_2 + 4H^+ \rightarrow Mg^{2+} + Ca^{2+} + 2CO_2 + 2H_2O$$

دولومیت

قلیائیت آب در پرورش ماهی و میگو دارای اهمیت ویژه ای است چرا که عامل مهم نگهداری دی اکسید کربن آب است و قلیائیت در واقع عاملی برای به دام انداختن CO_2 محسوب می‌شود.

$CaO + 2H^+ \rightarrow Ca^2 + +H_2O$
آهک زنده
$Ca(OH)_2 + 2H^+ \rightarrow Ca^{2+} + 2H_2O$
آهک آبدیده

در میان آهک های رایج مورد استفاده در آبزی پروری و کشاورزی توانائی خنثی سازی آهک زنده (CaO) از همه بیشتر و کربنات کلسیم ($CaCO_3$) از همه کمتر است. قابلیت خنثی سازی و نحوه تبدیل و مقایسه ترکیبات آهکی رایج بدین شرح است (Boyd & Daniels., 1994; Datta, 2012).

- قابلیت خنثی سازی کربنات کلسیم نسبت به اکسید کلسیم = ۰/۵۶
- قابلیت خنثی سازی اکسید کلسیم نسبت به کربنات کلسیم = ۱/۷۹
- قابلیت خنثی سازی هیدروکسید کلسیم نسبت به اکسید کلسیم = ۰/۷۶
- قابلیت خنثی سازی اکسید کلسیم نسبت به هیدروکسید کلسیم= ۱/۳۲
- قابلیت خنثی سازی کربنات کلسیم نسبت به هیدروکسید کلسیم = ۰/۷۴
- قابلیت خنثی سازی هیدروکسید کلسیم نسبت به کربنات کلسیم = ۱/۳۵

درجه تأثیرگذاری آهک:

هنگام انتخاب آهک باید احتیاط کرد. اکثر آهک‌های کشاورزی موجود در کشور ما گرانوله است و پودر نیست و مقدار زیادی رطوبت دارد. توصیه می‌شود که آهک باید بتواند ۱۰۰ درصد از یک الک ۶۰ میکرون عبور کند. سرعت تأثیر مواد آهکی وابسته به اندازه ذرات آن است بطوریکه هر چه ذرات ریزتر و کوچکتر باشند سطح بیشتری را اشغال نموده و واکنش‌های شیمیایی سریعتر انجام می‌شوند. آهک ساختمانی (آبدیده) و آهک زنده (سوزاننده) ماهیتاً به صورت پودر هستند. ذرات آهک کشاورزی (کربنات کلسیم) در اندازه های مختلف تولید می‌شود و همانطور که در بالا اشاره شد ذرات ریز نسبت به ذرات بزرگتر به تناسب وزن، سطح مقطع بیشتری دارند. پس ذرات ریز آهک کشاورزی بیشتر از ذرات درشت بر آب اثر می‌گذارند. با استفاده از الک‌های استاندارد که دارای روزنه‌ها یا چشمه‌های ۸۵۵ میلیمتری و ۲۵۰ میلیمتری هستند، اندازه ذرات درجه بندی می‌شوند. ذرات آهکی که از الک ۲۵۰ میلیمتری بگذرند به عنوان ذرات ۱۰۰٪ مؤثر، ذرات که از الک با چشمه ۸۵۵ میلیمتری بگذرند به عنوان ذرات ۶۰٪ مؤثر و ذرات خیلی درشت به عنوان ذرات صفر درصد مؤثردرجه بندی و قلمداد می‌شوند. تأثیر ذرات بزرگتر بسیار کند است و ارزش آنها در خنثی سازی قدرت اسیدی اندک است (Boyd & Daniels., 1994; Boyd & Hollerman., 1982). درجه تأثیر آهک چنین محاسبه می شود، بطورمثال اگر در نمونه ای از آهک زراعی، درصد عبور ذرات آهک، به ترتیب ۴۰٪ از الک چشمه ۶۰ (۲۵۰ میلیمتر)، ۲۰٪ از الک چشمه ۲۰ (۸۵۵ میلیمتری) و ۱۰٪ از الک چشمه ۸ (۳۶/۲ میلیمتری) و ۳۰٪ بر روی الک چشمه ۸ باقی بماند، درجه تأثیر آن بدین صورت است (Boyd & Hollerman., 1982 ; Boyd, 1999):

۰/۴۰ × ۱۰۰ = ۴۰ و ۰/۲۰ × ۶۰ = ۱۲ و

۰/۱۰ × ۲۰ = ۲ و ۰/۳۰ × ۰ = ۰

درجه تأثیر این آهک برابر است با
۴۰ + ۱۲ + ۲ + ۰= ۵۴٪
ارزش حقیقی آهک= درجه تأثیر آهک × قابلیت خنثی سازی قدرت اسیدی

محاسبه میزان آهک مورد نیاز در آبزی‌پروری:

قلیائیت آب عبارت از ظرفیت خنثی سازی یک اسید قوی در یک pH معین و مشخص می‌باشد. با کنترل قلیائیت در یک دامنه مناسب می‌توان میزان تولید را در استخرهای پرورش ماهی و میگو افزایش داد. برای اضافه کردن هر واحد قلیائیت در متر مکعب آب به ۲۸ گرم آهک زنده یا ۳۷ گرم آهک ساختمانی و یا ۵۰ گرم کربنات کلسیم نیاز است (Boyd, 1999; Boyd etal., 2015b). که طبق فرمول زیر محاسبه می‌گردد:

۰/۰۲۸ یا ۰/۰۳۷ یا ۰/۰۵۰ × میزان افزایش قلیائیت × حجم آب استخر برحسب مترمکعب= آهک موردنیاز

بطور مثال برای افزایش دو درجه قلیائیت در

برای اضافه کردن هر واحد قلیائیت در متر مکعب آب به ۲۸ گرم آهک زنده یا ۳۷ گرم آهک ساختمانی و یا ۵۰ گرم کربنات کلسیم نیاز است

یک استخر یک هکتاری با عمق آب یک متر
حجم آب استخر = ۱ × ۱۰۰۰۰ = (m^3)۱۰۰۰۰
آهک زنده مورد نیاز =۲۸/۱۰۰۰(m^3)×۲×۱۰۰۰۰ =۵۶۰(kg)
آهک کشاورزی مورد نیاز =۵۰/۱۰۰۰ (m^3)×۲×۱۰۰۰۰ =۱۰۰۰ (kg)
آهک ساختمانی مورد نیاز =۳۷/۱۰۰۰ (m^3)×۲×۱۰۰۰۰ =۷۴۰ (kg)

البته باید توجه داشت که به غیر از عامل قلیائیت در مصرف آهک، عامل سختی کل آب نیز مهم می‌باشد. هر چند اگر آنیون‌های تشکیل دهنده سختی آب از نوع کربنات یا بی‌کربنات یا به طور کلی سختی از نوع کربناته باشد متناسب با سختی آب، قلیائیت مشابهی حاصل می‌شود ولی اگر سختی آب از نوع سختی غیرکربناته باشد هیچگونه ارتباطی بین سختی و قلیائیت وجود نخواهد داشت (Boyd etal., 2015a).

جدول ۱- میزان آهک مورد استفاده و توصیه شده در زمان آماده سازی استخر (Boyd etal., 2015b)

pH خاک	آهک کشاورزی مورد نیاز(کیلوگرم/هکتار)	آهک هیدراته یا ساختمانی مورد نیاز (کیلوگرم/هکتار)	آهک زنده مورد نیاز (کیلوگرم/هکتار)
>۶	کمتر از ۱۰۰۰	حدود ۷۵۰	حدود ۵۰۰
۵ تا ۶	کمتراز ۲۰۰۰	حدود ۱۵۰۰	حدود ۱۰۰۰
<۵	کمتراز ۳۰۰۰	حدود ۲۲۵۰	حدود ۱۵۰۰

اندازه‌گیری pH خاک:

pH خاک یا فعل و انفعال (کنش و واکنش) خاک یک شاخصی از اسیدیته و یا قلیاییت خاک بوده و بصورت واحد pH اندازه‌گیری می شود. pH خاک در واقع بصورت منفی لگاریتم غلظت یون هیدروژن تعریف می شود. مقیاس pH از صفر تا ۱۴ می باشد که pH برابر با ۷، نقطه خنثی آن می باشد. هر چقدر میزان یون هیدروژن در خاک افزایش یابد pH خاک کاهش یافته و به طرف اسیدی می‌رود. pH خاک وقتی که به طرف صفر حرکت کند نشان دهنده افزایش اسیدیته خاک و هر چه pH از عدد ۷ به طرف ۱۴ برود به معنای افزایش قلیائیت یا بازی خاک استخر می باشد. یک محدوده مطلوب برای pH آب استخرها بین ۶,۵ تا ۹ توصیه می‌شود. سطح pH آب بسته به عوامل مختلفی از جمله منبع آب، زندگی آبزیان درون استخر و عملکرد آنها، تراکم ذخیره‌سازی، میزان تغذیه و تشکیل لجن در ته استخرها تغییر خواهد کرد. این مسأله مهم است که pH در یک محدوده پایدار کنترل شود زیرا این پارامتر در صورت خارج بودن از حد مطلوب، اثرات سوئی بر رشد و بازماندگی آبزی دارد (Zweig et al., 1999). بعلاوه pH دارای اثرات غیرمستقیم ناشی از واکنش با سایر پارامترهای شیمیایی دارد که ایجاد ترکیبات سمی در آب می‌کند، به عنوان مثال وقتی pH یک واحد افزایش می‌یابد، آمونیاک یونیزه نشده - فرم سمی آمونیاک (NH_3) با ضریب ۱۰ افزایش می‌یابد (Durborow et al., 1997). بنابراین یکی از معیارهایی که بتوان بر اساس آن میزان آهک مورد نیاز را تخمین زد قلیائیت و pH خاک قبل از شروع دوره پرورش می‌باشد. اندازه‌گیری pH خاک بر اساس ویژگی ها و معیارهایی که به کار گرفته می شود به آسانی قابل اندازه گیری است.

۱- روش اول دقیق ترین روش اندازه گیری pH خاک استفاده از دستگاه pH متر می باشد.

۲- روش دوم برای اندازه گیری pH خاک که روشی ساده و آسان ولی با دقت کمتر از روش اول است. استفاده از شاخص‌های رنگی می باشد. بسیاری از رنگها با افزایش و یا کاهش pH خاک تغییر رنگ داده و با این روش می توان به برآورد pH خاک اقدام نمود.

برای تهیه pH خاک به روش دوم، نمونه‌ها در رنگ آغشته شده و برای مدت چند دقیقه باقیمانده و تغییرات رنگ آن بررسی می‌شود. با این روش می‌توان به اهداف مورد نظر دسترسی پیدا کرد. ممکن است pH خاک از یک نقطه به نقطه دیگر تغییرات قابل توجهی داشته باشد. به همین منظور جهت تعیین pH خاک استخر، چندین نقطه در یک استخر انتخاب، خاک آن را جمع آوری و پس از مخلوط کردن pH متوسط خاک تعیین می‌گردد. اینکار در سه سطح (سطح ،

pH خاک یا فعل و انفعال (کنش و واکنش) خاک یک شاخصی از اسیدیته و یا قلیاییت خاک بوده و بصورت واحد pH اندازه‌گیری می شود.

یک سانتی متری عمق، دو سانتی متری عمق خاک) اندازه گیری می‌شود (Tran, 2018).

آهک پاشی استخرها:

آهک پاشی استخر معمولاً پس از تمیز کردن کف استخر انجام می شود. برای این کار ابتدا استخر را به میزان خیلی کمی آبگیری و در آن وضعیت می گذارند. در صورتی که pH خاک استخر خیلی پایین باشد این عمل چندین بار تکرار و تخلیه می شود. بنابراین میزان مصرف آهک در استخر پس از آخرین شستشو در بین استخر های مختلف متفاوت می باشد. آهک پاشی استخر به منظور ایجاد pH مطلوب برای خاک استخر و قلیائیت آن صورت می گیرد (Tran, 2018; Boyd & Tucker, 1998). در زمان خشک کردن استخر، میزان مصرف آهک بایستی به حداقل ممکن رسیده و آهک مورد نیاز بایستی در طول دوره تولید هم نیز مورد استفاده قرار گیرد. آهک پاشی می بایستی ۳-۲ هفته قبل از کود دهی انجام گیرد چرا که آهک موجب کاهش فسفر غیر آلی محلول و غلظت دی اکسید کربن می شود. بعد ازگذشت چند روزکه واکنش‌های آهک، آب و خاک کامل شد، استفاده از فسفر ودی اکسید کربن تأثیر بیشتری دارد. در صورت استفاده همزمان آهک با کلر، میزان کارائی هیپوکلرید کلسیم که برای حذف شکارچی های نقب زن، جلبک‌های رشته ای نامطلوب کف زی نظیر لوموت استفاده می‌گردد کاهش می‌یابد. هنگامی که قلیائیت و pH آب بالا باشد (pH بیش از ۸ و قلیائیت به بیش از ۸۰ میلی گرم در لیتر) استفاده از آهک ضروری نیست (Boyd etal., 2015). آهک هیدراته، فقط در زمانی که pH خاک استخر کمتر از ۵ باشد استفاده شده و لازم است آهک را در تمامی سطوح کف استخر پخش نموده و در نقاطی که مواد زاید انباشته شده زیاد است میزان بیشتری در آن نواحی پخش گردد. مورد دیگر استفاده از آهک جهت ضدعفونی بستر و از بین بردن پاتوژن‌ها می‌باشد که مکانیسم عمل آن بدین صورت می‌باشد pH آب را برای مدت زمانی بین ۱۰-۳ ساعت به حدود ۱۱/۵ می رسانند. بعد از آن pH را بوسیله دمیدن گاز CO_2 به حد استاندارد حدود ۷/۵ تنزل می‌دهد. کمتر میکروارگانیسمی پیدا می‌شود که بتواند pH حدود ۱۱/۵ را تحمل کند و همچنین در برابر تغییر ۴ واحدی آن در مدتی کوتاه از خود مقاومت نشان دهد. این کار ابتدای دوره آماده‌سازی استخرهای پرورشی با رساندن میانگین ارتفاع آب به ۴۰-۳۰ سانتی متر می‌توان انجام داد که متأثر از pH آب، pH خاک نیز سیر صعودی داشته و تا حدود ۱۱ بالا رفته و سبب ضدعفونی کردن خاک می‌شود. بدلیل اینکه عمق آب پایین می‌باشد، نفوذ پذیری آهک در خاک بهتر صورت می‌پذیرد. زمانیکه خاک بدرجه اشباعیت رسید دوغاب آهک در خاک نفوذ خواهد کرد. البته قبل از این عملیات، بایستی کف استخرها آفتاب خوبی خورده باشد و در معرض هوازدگی هم قرار گرفته باشد که معدنی شدن مواد آلی[1] انجام شود. همچنین با چند بار خروج و ورود آب قبل از آبگیری اصلی (با ارتفاع کم) میزان pH را می‌توان کاهش داد و دیگر نیازی به اضافه کردن گاز دی اکسید کربن نمی باشد.

کاربرد هر نوع ترکیب آهکی در آبزی پروری:

آبهای شور در استخرهای میگو معمولاً دارای مقادیر قلیائیت کل بین ۵۰ تا ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر به شکل $CaCO_3$ هستند. چنین آبهایی در برابر تغییر pH به خوبی خاصیت بافری دارند و حتی وقتی قلیائیت آب استخرها توسط منابع اسیدی خنثی می شود، ممکن است قلیائیت از طریق تبادل آب دوباره متعادل شود. شواهدی وجود دارد که میگوها در شرایط قلیائیت کل بیش از ۱۰۰ میلی گرم در لیتر به شکل $CaCO_3$، رشد بهتری دارند. با این حال، به دلیل حلالیت کم مواد آهکی، دستیابی به مقادیر قلیائیت بالای ۵۰ تا ۶۰ میلی گرم در لیتر به شکل $CaCO_3$ پس از استفاده از آنها دشوار است. استفاده از مواد آهکی در استخرها در طول دوره پرورش توصیه نمی‌شود مگر اینکه مقادیر قلیائیت کل ($CaCo_3$) زیر ۴۰ یا ۵۰ میلی گرم در لیتر باشد. اگر نرخ تعویض آب زیاد باشد در این صورت نیز اثر آهک پاشی کوتاه خواهد بود. بنابراین بهتر است سنگ آهک کشاورزی را

آبهای شور در استخرهای میگو معمولاً دارای مقادیر قلیائیت کل بین ۵۰ تا ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر به شکل $CaCO_3$ هستند.

1. Mineralization

با افزایش ۵۰۰ تا ۱۰۰۰ کیلوگرم در فواصل ۲ هفته ای اعمال کرد تا زمانی که غلظت قلیائیت به مقداری مطلوب برسد. پس از آن، می توان تا زمانی که به غلظت مورد نظر برسد آهک را اضافه نمود. برای جلوگیری از خطرت pH بالا، نباید از آهک سوخته طی دوره پرورش در استخرها استفاده کرد. برخی از پرورش دهندگان میگو، قبل از برداشت میگو، ۲۰۰۰ کیلوگرم در هکتار آهک کشاورزی به استخرها می زنند. آنها ادعا می کنند که کلسیم اضافه شده پوسته میگو را سخت می‌کند تا در هنگام برداشت محصول از وضعیت بهتری برخوردار باشد. هیچ داده ای برای تأیید این ادعا وجود ندارد. همچنین برخی پرورش دهندگان مواد آهکی را در کود مخلوط می‌کنند، با این ایده که کلسیم اضافه شده در هنگام آبگیری برای میگو مفید است. مقدار کلسیم افزایش یافته به روش افزودن در آب استخر(آب شور) ناچیز است. کودهای مخلوط تجاری باید به منظور دستیابی به درصد مطلوب نیتروژن و فسفر موجود در آنها، دارای یک ماده مؤثر باشند. این ماده می‌تواند سنگ آهک کشاورزی باشد که بسیار مناسب و به صرفه است (Boyd et al., 2015b). در مطالعه ای که در یک مزرعه پرورش ماهی انجام شده است سه روش استفاده از سنگ آهک کشاورزی را در استخرها مقایسه کردند که این سه روش، استفاده از آهک روی سطح آب استخر، در کف استخر پس از خشک کردن و در هنگام آماده سازی استخر و در کف استخر بعد از شخم زدن بود، که نتایج نشان داد اثربخشی استفاده سنگ آهک کشاورزی در بین روش‌های اعمال شده تفاوتی نداشت. سنگ آهک کشاورزی نیز به سرعت ظرف ۲ هفته پس از استفاده واکنش نشان می‌دهد و قلیائیت کل و سختی کل آب استخر را به غلظت قابل قبول افزایش می‌دهد. همچنین در این مطالعه آهک‌پاشی تأثیری در زیر عمق ۸ سانتی متر خاک نداشت. شخم‌زدن کف استخرها برای ترکیب مواد آهکی غیر ضروری است، و زحمت این کار باعث صرف وقت و هزینه می‌شود. اما استخرهای انباشته شده از لجن را می توان به طور مؤثر آهک زد (Queiroz etal.,2004). اسیدیته خاک استخرها را می‌توان با آهک زنی خنثی و بهره وری استخر را بهبود بخشید. اگر غلظت قلیایی زیر ۵۰ میلی گرم در لیتر باشد می توان از سنگ آهک کشاورزی برای افزایش قلیائیت و سختی استفاده کرد. اگر قلیائیت کل بیش از ۵۰ میلی گرم در لیتر باشد افزودن سنگ آهک کشاورزی مؤثر نخواهد بود. به همین ترتیب اگر pH حوضچه در ۸,۳ یا بیشتر پایدار باشد سنگ آهک حل نمی شود. آهک زدن با سنگ آهک کشاورزی با توجه به اندازه گیری pH خاک، معمولاً قلیائیت و سختی را به حداقل غلظت مورد نیاز یعنی ۲۰ میلی گرم در لیتر افزایش می دهد. مقدار سختی کم نشانه‌ای از پایین بودن غلظت کلسیم است. با این حال مقدار سختی بالا لزوماً به معنای بالا بودن غلظت کلسیم نیست. در مواردی که سختی ناشی از ($MgCa(CO_3)_2$) سنگ آهک دولومیتی) باشد، مقدار کل سختی ترکیبی از کلسیم و منیزیم است. منیزیم می تواند به اندازه ۵۰ درصد از سختی تولید شده توسط ($MgCa(CO_3)_2$) باشد. سایر ترکیبات حاوی منیزیم، مانند سولفات منیزیم، ممکن است منبع سختی در محیط‌های با خاصیت قلیایی باشند. بنابراین، سنگ آهک کشاورزی ممکن است همیشه کلسیم را به غلظت مورد نیاز یا حداقل مطلوب نرساند. برای بالا بردن سختی کلسیم در آبهایی که قلیائیت آنها بیش از ۵۰ میلی گرم در لیتر و سختی کم است، ممکن است به گچ کشاورزی (سولفات کلسیم) یا کلرید کلسیم نیاز باشد. در مواردی که قلیایی بودن زیاد باشد و سختی آن ناشی از منیزیم باشد، افزودن آهک کشاورزی یا کلرید کلسیم نیز یک روش مؤثر برای بالا بردن غلظت کلسیم است. ازاینرو انواع مختلف آهک هر کدام به منظور مشخصی طی دوره و یا قبل از دوره و در حین آماده سازی استخرها به آب و خاک افزوده می‌شود.

۱-آهک زنده (اکسید کلسیم CaO): این شکل بیشترین واکنش زایی و خطر را در هنگام استفاده دارد، به شدت با آب واکنش داده و تبدیل به هیدروکسید کلسیم می‌شود که این فرایند با تولید گرمای زیاد همراه است.

برای بالا بردن سختی کلسیم در آبهایی که قلیائیت آنها بیش از ۵۰ میلی گرم در لیتر و سختی کم است، ممکن است به گچ کشاورزی (سولفات کلسیم) یا کلرید کلسیم نیاز باشد.

به میزان ۷۰۰ – ۵۰۰ کیلوگرم در هکتار برای لجن زیاد و ۳۰۰ – ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار برای لجن کم، آهک همچنین ویژگی گندزدایی بسیار زیاد به میزان ۱۵۰۰-۱۰۰۰ کیلوگرم در هکتار دارد. زیرا آهک نسبت به آب و رطوبت واکنش نشان می دهد که به آن آهک زنده می گویند. آهک دهی بستر استخرها با آهک زنده انگل ها و سایر موجودات ناخواسته را نابود می‌کند. آهک زنده را نمی‌توان بمدت طولانی بخصوص در نواحی با رطوبت بالای هوا نگهداری کرد چرا که با جذب رطوبت به آهک شکفته تبدیل می‌شود. برای تهیه آهک زنده بایستی $CaCO_3$ در سنگ آهک بیشتر از ۹۰٪ باشد و مقدار AL_2O_3 و Fe_2O_3 و SiO_2 موجود در آن از ۴ درصد کمتر باشد (Boyd etal., 2015b).

۲- آهک هیدراته ($CaOH_2$): کاملاً واکنش زا است و بنابراین در هنگام دستکاری باید دقت شود، اما نسبت به آهک زنده، بیشتر در درسترس قرار دارد، آنرا به میزان ۱/۵ برابر آهک زنده و برای همان کاربردها استفاده می‌کنند. این آهک برای افزایش pH خاک استخر استفاده می شود. محلول ۱۰ درصد آن بایستی دارای pH ۱۱ باشد.

۳- دولومیت ($MgCa(CO_3)_2$): همانند آهک کشاورزی این آهک نیز باعث افزایش ظرفیت بافری آب استخر می‌شود و محلول ۱۰ درصدی آن، بایستی دارای pH بین ۹ تا۱۰ باشد.

۴- سنگ آهک ($CaCO_3$): نوع ارزان‌تر مواد آهکی است. این آهک سنگی معدنی است و به شکل کلوخ وجود دارد و بصو رت خرد شده فروخته می‌شود. این شکل آهک ویژگی گندزدایی ندارد و نباید آنرا در استخرهای لجنی استفاده کرد. میزان استفاده آن ۱۰۰۰ – ۷۵۰ کیلوگرم در هکتار است. آهک کشاورزی مورد استفاده در آبزی پروری بایستی پودری و میزان کربنات آن بیش از ۷۵ درصد باشد. هدف اصلی استفاده از این آهک افزایش ظرفیت بافری آب استخر پرورش می‌باشد. برای اطمینان از کیفیت آهک کشاورزی لازم است محلول ۱۰ درصد آن تهیه و pH آن مورد سنجش قرار گیرد در صورتی که pH محلول ۱۰ درصد آن، ۹ باشد آهک خوبی تلقی می‌شود .مواد حل شدنی معمولا با افزایش درجه حرارت سریع تر حل می شوند ولی قابلیت حل شدن کربنات کلسیم ($CaCO_3$) به میزان CO_2 موجود در آب بستگی دارد و چون CO_2 موجود در آب گرم کمتر از مقدار آن در آب سرد است لذا آهک در آب گرم زودتر به حداشباع رسیده و سریعتر رسوب می‌کند (Boyd et al.,2015a).

مناسب ترین نوع آهک (در صورتی که نیاز به گند زدایی نباشد) آهک کشاورزی یا سنگ آهک می‌باشد که ارزان تر و راحت‌تر در دسترس می‌باشد و کار کردن با آن خطرکمتری را برای کارگران و انسان نیز دارد.

نتیجه گیری:

بطور کلی برای اینکه بتوان در آبزی‌پروری بخصوص صنعت پرورش میگو در استخرهای خاکی از نظر کیفی شرایط مناسبی از آب و خاک را در طول دوره فراهم نمود، با مدیریت اصولی پرورش می‌توان تولیدی پایدار و مطلوب داشت و جهت انجام صحیح اصول اولیه مدیریتی نیاز به استفاده موادی همچون آهک ضروری می‌باشد که البته می‌بایستی با توجه به شرایط کیفی موجود در ابتدای آماده سازی استخرها، همچنین طی دوره پرورش و با اندازه‌گیری سختی و قلیائیت آب و خاک نوع مناسب آهک انتخاب گردد. مناسب ترین نوع آهک (در صورتی که نیاز به گند زدایی نباشد) آهک کشاورزی یا سنگ آهک می‌باشد که ارزان تر و راحت‌تر در دسترس می‌باشد و کار کردن با آن خطرکمتری را برای کارگران و انسان نیز دارد.

فهرست منابع

1. Arce, R.G. and Boyd, C.E., 1975. Effects of agricultural limestone on water chemistry, phytoplankton productivity, and fish production in soft water ponds. Transactions of the American Fisheries Society, 104(2), pp.308- 312.

2. Bowling, M.L., 1962. The effects of lime treatment on benthos production in Georgia farm ponds. In Proc. Annual Conf. SE Assoc. Game and Fish Comm (Vol. 16, pp. 418- 424).

19. Lepori, F., A. Barbieri & S. J. Ormerod, 2003a. Causes of episodic acidification in Alpine streams. Freshwater Biology 48: 175–189.
20. Lepori, F., A. Barbieri & S. J. Ormerod, 2003b. Effects of episodic acidification on macroinvertebrate assemblages in Swiss Alpine streams. Freshwater Biology 48: 1873–1885.
21. Ng, L.Y., Ng, C.Y., Mahmoudi, E., Ong, C.B. and Mohammad, A.W., 2018. A review of the management of inflow water, wastewater and water reuse by membrane technology for a sustainable production in shrimp farming. Journal of Water Process Engineering, 23, pp.27- 44.
22. Pravakar, P., Sarker, B. S., Rahman, M. and Hossain, M. B. 2013. Present Status of Fish Farming And Livelihood Of Fish Farmers In Shahrasti Upazila Of Chandpur District, Bangladesh. American-Eurasian Journal Of Agricultural And Environmental Science, 13, 391- 397.
23. Queiroz, J.F.D., Nicolella, G., Wood, C.W. and Boyd, C.E., 2004. Lime application methods, water and bottom soil acidity in fresh water fish ponds. Scientia Agricola, 61(5), pp.469- 475.
24. Tran, N., 2018. Outdoor Aquaculture Pond for Pike-perch Fingerlings Production at a Biogas Plant.
25. Zweig, R.D., Morton, J.D. and Stewart, M.M., 1999. Source water quality for aquaculture: a guide for assessment. The World Bank.
bacteriology, 197(9), pp.1690-1699.
12. Boyd, O.S., Dreger, D.S., Lai, V.H. and Gritto, R., 2015b. A systematic analysis of seismic moment tensor at The Geysers geothermal field, California. Bulletin of the Seismological Society of America, 105(6), pp.2969- 2986.
13. Boyd, C. E. 1999. Codes of Practice for Responsible Shrimp Farming, St. Louis, Missouri: Global Aquaculture Alliance.
14. Chen, J. C. and Liu, P. C. 1988. Feeding and nitrogen loading in an intensive prawn culture pond. In the Proceedings of Symposium on Prawn Feed and Nutrient, National Taiwan Ocean University, Keelung, Taiwan, Dec, 11 -12, 1988.
15. Datta, S., 2012. Management of water quality in intensive aquaculture. Respiration, 6, p.602.
16. Durborow, R.M., Crosby, D.M. and Brunson, M.W., 1997. Nitrite in fish ponds, Publication No. 462. Stoneville, MS: Southern Regional Aquaculture Center.
17. Gräslund, S. and Bengtsson, B.E., 2001. Chemicals and biological products used in south-east Asian shrimp farming, and their potential impact on the environment—a review. Science of the Total Environment, 280(1-3), pp.93- 131.
18. Lazur, A.M., Cichra, C.E. and Watson, C., 1998. The use of lime in fish ponds. University of Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agriculture Sciences, EDIS.
3. Boyd, B., 1990. Corporate linkages and organizational environment: A test of the resource dependence model. Strategic management journal, 11(6), pp.419- 430.
4. Boyd, C.E. 1985. Chemical budget for channel catfish ponds. Transaction of the American Fisheries Society 114:291- 298.
5. Boyd, C.E. and CE, Brook., 1974. Effects of agricultural limestone on phytoplankton communities of fish ponds.
6. Boyd, C.E. and Daniels, H.V., 1994. Liming and fertilization of brackishwater shrimp ponds. Journal of Applied Aquaculture, 2(34-), pp.221234-.
7. Boyd, C.E. and Hollerman, W.D., 1982. Influence of particle size of agricultural limestone on pond liming. In Proceedings of the Annual Conference Southeastern Association of Fish and Wildlife Agencies (Vol. 36, pp. 196- 201).
8. Boyd, C.E. and Tucker, C.S., 1998. Ecology of aquaculture ponds. In Pond aquaculture water quality management (pp. 886-). Springer, Boston, MA.
9. Boyd, C.E. ed., 2012. Bottom soils, sediment, and pond aquaculture. Springer Science & Business Media.
10. Boyd, C.E., 2003. Bottom soil and water quality management in shrimp ponds. Journal of applied Aquaculture, 13(12-), pp.11- 33.
11. Boyd, E.S., Costas, A.M.G., Hamilton, T.L., Mus, F. and Peters, J.W., 2015a. Evolution of molybdenum nitrogenase during the transition from anaerobic to aerobic metabolism. Journal of