مبانی مدیریت کیفی آب در آبزی پروری

تألیف و گردآوری : عباس اسماعیلی ساری

ویراستار : عباس اسماعیلی ساری

اسماعیلی ساری، عباس، ۱۳۳٤ -
مبانی مدیریت کیفی آب در آبزی پروری/ ترجمه و تالیف عباس اسماعیلی ساری.— تهران: موسسه تحقیقات شیلات ایران، مدیریت اطلاعات علمی و روابط بین الملل، ۱۳۷۹.
۲۶۰ ص.: مصور، جدول، نمودار.
ISBN 964-92544-5-5: ۱۲۰۰۰ ریال
فهرستنویسی براساس اطلاعات فیپا.
کتابنامه: ص. [۱۸۰ - ۱۸۲].
۱.ماهیها -- پرورش و تکثیر -- مدیریت.
الف.موسسه تحقیقات شیلات ایران. مدیریت اطلاعات علمی و روابط بین الملل. ب.عنوان.

SH۱۵۱/الف۱۵م۲ ۶۳۹/۳

کتابخانه ملی ایران ۷۹-۱٤۹۳٤م

نام کتاب: مبانی مدیریت کیفی آب در آبزی‌پروری
تألیف: عباس اسماعیلی ساری
ویراستار: عباس اسماعیلی ساری
شمارگان: ۱۰۰۰ نسخه
چاپ اول: ۱۳۷۹
ناشر: مؤسسه تحقیقات شیلات ایران ـ مدیریت اطلاعات علمی
تاریخ نشر: ۱۳۷۹
لیتوگرافی، چاپ، صحافی: حکمت
شابک: ۵ ـ ۵ ـ ۹۲۵٤٤ ـ ۹٦٤
ISBN: 964 - 92544 - 5 - 5
قیمت: ۱۲۰۰۰ ریال

بِسْمِ ٱللَّهِ ٱلرَّحْمَٰنِ ٱلرَّحِيمِ

«بسمه تعالی»

ایران ، سرزمین سرفرازان، پهنه دلیران و خانه مردان خداست. از آن زمان که نام این دشت را ایران نهادند خداوند جهان ، دست مهر بر آن کشید. قبای سبز کوهستان ، زردی کویر ، نیلی دریا ، جملگی حاصل رنگ آمیزی نقاش فلک بر این ملک بود. چه نیکو ترکیبی از الوان بر این لوح به یادبود است.

پس ای ایرانیان ، غبار را از این نقش پاک کنید. دست بدست هم بکوشیم تا ظرافت دست خالق را درک کنیم. ما در این میان رنگ آبی را می‌کاویم. در ژرفای خزر ، سواحل بلوچستان و در میان آبهای سردگهر ، بدنبال رموز خالق هستی ، سر از پا نمی‌شناسیم.

مؤسسه تحقیقات شیلات ایران ، این افتخار را دارد که به یاری خداوند منّان و دست گرم و توانای هموطنان عزیز ، وظیفه تفحص و پژوهش را در زمینه آب و آبزیان بعهده داشته ، با نشر علم ذکات آنرا این چنین پیش روی شما قرار داده است. البته بدیهی است که این منظومه نیز مانند مجموعه‌های دیگر خالی از لغزش و اشتباه نبوده ، لذا بدینوسیله از کلیه دانشمندان و اندیشمندان تقاضا می‌گردد تا با ایراد انتقادات و پیشنهادات خود ، ما را در بهبود هر چه بهتر و مناسبتر تهیه و طبع نشریات علمی کمک و یاری فرمائید.

مدیریت اطلاعات علمی

مؤسسه تحقیقات شیلات ایران

فهرست مطالب

عنوان — صفحه

مقدمه ۱

چرخهٔ مواد غذایی در آب ۴

مقدمه ۴

زنجیره غذایی در آب ۵

کیفیت شیمیایی آب استخر ۸

کوددهی در استخرهای پرورش ماهی ۱۱

نحوه مصرف کودهای شیمیایی ۱۱

کود مخلوط ۱۴

قابلیت انحلال کودها ۱۶

واکنش شیمیایی کودهای ازته در استخر ۱۶

مکانیسم جذب فسفر در آب ۱۷

مکانیسم چرخه ازت در استخر ۱۹

نقش کوددهی در تولیدات اولیه ۲۳

تجویز کود در استخرها ۲۵

روشهایی استفاده از کود در استخر ۲۵

کودهای آلی ۲۷

مشکلات ناشی از کوددهی ۲۸

بیماری نکروز آبششی ۲۸

عنوان | صفحه

اهداف آهک پاشی ۳۴

مقدمه: ۳۴

تعادل آهک ۳۷

عوامل تعیین کننده در مصرف آهک ۳۹

اندازه‌گیری قلیائیت ۴۴

رابطه CO_2 ، قلیائیت و PH در آب: ۴۵

بازدهی و درجهٔ تأثیر ترکیبات آهکی ۴۷

درجهٔ تأثیر آهک ۴۸

خاک استخر با اسیدیتهٔ قابل جایگزین ۵۱

استخرهای جدید ۵۲

استخرهای در حال استفاده: ۵۲

استخرهای حاوی خاک اسید ـ سولفات: ۵۳

ضدعفونی کردن خاک بستر ۵۷

آهک زنده و آهک آبدار ۵۷

کلریناسیون ۵۸

اکسیداسیون خاک بستر ۵۹

کوددهی ۶۰

چرخش آب و جلوگیری از لایه‌بندی آب ۶۰

ایجاد آشفتگی در بستر ۶۰

اکسیدانت‌های شیمیایی ۶۱

پرمنگنات پتاسیم و اکسیدآهن ۶۲

خشک کردن ۶۲

عنوان | صفحه

شخم‌زدن ۶۳
آهک‌پاشی ۶۳
بارور نمودن استخر: ۶۴
رسوب ۶۵
خارج نمودن رسوب: ۶۶
تغییر شکل بستر: ۶۷
تأثیر آهک پاشی ۶۸
افزایش تولید ۶۸
تعدیل pH ۶۹
تأثیر نوسانات CO_2 در ماهیان ۷۲

نقش آهن در آبزی پروری ۷۵
انحلال آهن در آب ۷۵
تأثیر آهن بر پرورش ماهی ۷۷
آهن و تولید اولیه ۷۸
جلوگیری از صدمات آهن ۷۸

نقش اکسیژن در پرورش ماهی ۸۰
مقدمه ۸۰
دینامیزمهای اکسیژن محلول در آب ۸۱
فاکتورهای فیزیکی و شیمیایی ۸۱
رفتار اکسیژن در استخر ۸۴
تولید اکسیژن از طریق فتوسنتز ۸۵

عنوان | صفحه

مصرف اکسیژن ۸۶
مصرف اکسیژن توسط باکتریها ۸۷
مصرف اکسیژن توسط گیاهان ۹۰

هوادهی در پرورش ماهی ۹۱
سیستم‌های هوادهی ۹۳
هوادهنده سطحی ۹۴
هوادهندهٔ چرخ آسیابی ۹۴
هوادهنده چرخشی ۹۵
هوادهنده قارچی ۹۵
هوادهنده‌های پنوماتیکی ۹۵
هوادهنده مکشی مدل *Ventori* ۹۸
دمنده‌های هوا ۹۸
کمپرسور هوا ۹۸
دستگاههای *air - jet* ۹۸
تعداد هوادهنده در واحد سطح ۹۹

کنترل گیاهان آبزی ۱۰۲
کنترل شیمیائی ۱۰۹
کنترل فیتوپلانکتونها توسط سولفات مس ۱۰۹
تأثیرات سمی مس بر ماهیان ۱۱۰
سیمازین ۱۱۱
ماکروفیت‌ها ۱۱۲

عنوان | صفحه

کنترل بیولوژیک ۱۱۵
کنترل مکانیکی ۱۱۵
روش کنترل پلانکتونهای جانوری ۱۱۶
تأثیر پارامترهای فیزیکی و شیمیایی در مبارزه با پارازیت‌ها ۱۱۶
(حرارت، اکسیژن محلول، نور و *pH*) ۱۱۶

نقش تغذیه در کیفیت آب ۱۲۳
تأثیر مواد غذایی و آلاینده در مزه و بوی ماهیان ۱۲۷
عوامل طبیعی تغییر دهندهٔ مزه و بو ۱۲۸
عوامل شیمیایی مؤثر در کیفیت غذایی آبزیان ۱۳۰
سموم سیانوباکتریا ۱۳۲
طبقه‌بندی ۱۳۳
پپتیدهای حلقوی هپاتوتوکسیک ۱۳۴
بلومهای سمی سیانوباکترها ۱۳۹
انباشتگی زیستی *Bioaccumulation* ۱۴۱
دوام و پایداری در سلولها ۱۴۲
اثر بر روی موجودات آبزی ۱۴۲
اثر بر باکتریهای آبزی ۱۴۳
اثرات بر زئوپلانکتونها ۱۴۴
اثر بر روی ماهی ۱۴۵

شرایط کیفی آب در حمل و نقل ماهی ۱۴۷
۱ـ حرارت آب ۱۴۷

عنوان | صفحه

۲ـ pH آب ۱۴۸
۳ـ اکسیژن محلول ۱۴۸
تأثیر کمبود اکسیژن در مراحل مختلف رشد ۱۴۹
متابولیسم ۱۴۹
شرایط ویژه آب در زمان حمل و نقل ۱۵۰

شاخصهای آلودگی آب با استفاده از سیستم ساپروبی ۱۵۶
سیستم ساپروبی توسعه یافته *Sladecek* ۱۵۷
کلاسه کیفی *IV*: آبهای بسیار شدید آلوده (پلی ساپروب) ۱۵۸
کلاسه کیفی *III* :آبهای شدیداً آلوده (آلفامزوساپروب) ۱۵۸
کلاسه کیفی *II*: آبهای با آلودگی متوسط (بتامزوساپروب) ۱۵۸
کلاسه کیفی *I*: آبهای ندرتاً آلوده (اولیگوساپروب) ۱۵۸
ساپروبی و تروفی ۱۵۹
مراحل تروفی ۱۶۰
پارامترهای بیولوژیک، شیمیایی و باکتریایی در سیستم تروفی و ساپروبی ۱۶۱
روشهای محاسبه کلاسه بندی کیفیی آب ۱۶۲
آلودگی نسبی و کیفیت نسبی (براساس فرمول *Icnoep*) ۱۶۵
محاسبه درصد کاهش گونه‌ها *(Kothe)* ۱۶۶
منابع ۱۸۰

فهرست جداول

جدول ۱ـ وضعیت جهانی آب ۳

جدول ۲ـ فرایند تولید ^{kg}۵۰۰ ماهی از ۱۲۵ کیلوگرم زی‌توده خشک ۶

جدول ۱-۲ـ مقادیر شیمیائی پیشنهادی برای آماده‌سازی آب در هچری‌ها (آب شیرین) ۸

جدول ۲-۲ـ آزمایش‌های مقدماتی کیفیت آب و سطوح تولید در کاربردهای دریائی ۹

جدول ۳ـ درصد عناصر مغذی فسفر، ازت و پتاس در کودهای شیمیایی ۱۳

جدول ۱-۳ـ کودهای نیتروژنه برای غنی‌سازی استخر ۱۳

جدول ۲-۳ـ درجه حرارت مساعد برای باکتریهای نیتروسوموناس و نیتروباکتر ۱۷

جدول ۳-۳ـ نیازهای رشدی و سمیت ترکیبات مختلف روی نیتروباکتر (NB) و نیتروزوموناس (NS) ۱۸

جدول ۴-۳ـ انحلال گاز ازت در آب در شوریهای متفاوت ۲۰

جدول ۵-۳ ـ درصد آمونیاک غیر یونیزه در شوری ($^{g/kg}$۵ ـ ۰) ۲۱

جدول ۶-۳ ـ غلظت آمونیاک غیر یونیزه در شوری ($^{g/kg}$۴۰ ـ ۵) ۲۲

جدول ۷-۳ـ رژیم کوددهی در استخرهای پرورش میگو در کشورهای مختلف ۲۶

جدول ۸-۳ـ میانگین ترکیب عناصر در کودهای آلی ۲۷

جدول ۴ـ انحلال ازت، اکسیژن و دی‌اکسید کربن در آب در $^{\circ C}$۲۰ ..... ۳۵

جدول ۱-۴ـ انحلال برخی از نمکها در آب ۳۸

جدول ۲-۴ـ نحوه تبدیل سختی با معیارهای مختلف جهان ۴۱

جدول ۳-۴ـ ضریب تبدیل قلیائیت کل به‌میلی گرم در لیتر کربن قابل دسترس ۴۳

جدول ۴-۴ـ انحلال دی‌اکسید کربن (میلی‌گرم در لیتر) در آب، در حرارت و شوریهای متفاوت ۴۳

جدول ۵-۴ـ ضریب اصلاحی در محدودهٔ ^{pH}، ۶ الی ۸. ..... ۴۵

جدول ۶-۴ـ نیاز به‌آهک در اعماق مختلف استخر ۵۳

جدول ۷-۴ـ نیاز به‌آهک با ^{pH} متفاوت و نوع لجن بستر ۶۴

جدول ۸-۴ـ حساسیت ماهیان نسبت به اسیدکربنیک آزاد ۷۳

جدول ۹-۴ـ اسیدکربنیک آزاد اندازه‌گیری شده در ده چشمه با قلیائیت‌های متفاوت ۷۴

جدول ۵ـ درصد سولفید هیدروژن غیریونیزه در آب در دامنه حرارت و pH متفاوت ۷۹
جدول ۶ - قابلیت انحلال اکسیژن در حرارت و شوریهای مختلف ۸۲
جدول ۱-۶- میزان اکسیژن مصرفی در ماهیان پرورشی (گرم اکسیژن بر کیلوگرم ماهی در ساعت) ۸۶
جدول ۲-۶- بار آلودگی اندازه‌گیری شده ناشی از مصرف بیولوژیکی اکسیژن (میلی‌گرم اکسیژن بر دقیقه) ۸۷
بر اساس وزن ماهی و نرخ تغذیه ۸۷
جدول ۳-۶ـ مصرف بیوشیمیایی اکسیژن در ۲۴ ساعت برای مواد گوناگون موجود در استخر ۸۹
در حرارت ۳۰° (درصد وزن خشک) ۸۹
جدول ۴-۶ـ میزان مصرف اکسیژن شیمیایی و بیوشیمیایی (COD و BOD) در گیاهان ماکروفیت استخر ۹۰
جدول ۷- معرفی برخی از سیستمهای هوادهی ۹۲
جدول ۱-۷ـ تأثیرات هوادهی (AF) در هواده‌های ثقلی ۹۶
جدول ۲-۷ـ سیستم‌های هوادهی و میزان انتقال اکسیژن ۹۷
جدول ۳-۷ـ رابطه انحلال اکسیژن میلی‌گرم در لیتر در آبهای شیرین و افزایش ارتفاع ۱۰۱
جدول ۸ـ غلظت کشندهٔ* (LC50-96h) سموم مختلف علف‌کش (در برخی از آبزیان (PPM) ۱۱۰
جدول ۱-۸ـ نام و مقدار علف‌کشهای مصرفی جهت مبارزه با گیاهان هرز استخر ۱۱۵
جدول ۲-۸ـ علف‌کش‌ها و میزان مصرف در محیط‌های آبی ۱۱۶
جدول ۳-۸ـ حرارت ترجیحی و کشنده در پارازیت‌های ماهیان (°) ۱۲۰
جدول ۴-۸ـ سطح ایمنی برخی از حشره‌کشها در پرورش ماهی ۱۲۱
جدول ۵-۸ـ ماکزیمم غلظت قابل قبول حشره‌کشها در ماهیان ۱۲۲
جدول ۹ـ سمیت پاره‌ای از عناصر سنگین ۱۳۲
جدول ۱-۹ـ خصوصیات عمومی سیانوتوکسین‌ها ۱۳۳
جدول ۲-۹- میکروسیس‌تین‌های گزارش شده در مقالات علمی ۱۳۷
جدول ۳-۹ـ گونه‌های سمی سیانوباکترها و انتشار جغرافیایی آنها ۱۴۰
جدول ۱۰ـ حمل و نقل در کیسه‌های پلاستیکی، همراه با اکسیژن، رابطهٔ اکسیژن به آب ۱ : ۳ تا ۲ : ۳ ..... ۱۵۱
جدول ۱-۱۰ـ شرایط کیفی برای حمل و نقل ماهیان متفاوت ۱۵۱
جدول ۲-۱۰ـ نسبت تراکم پیشنهادی برای انتقال ماهیان بدون هوادهی مصنوعی ۱۵۲

جدول ۳-۱۰ـ میزان حمل و نقل ماهیان ^{cm}۳ـ ۲ ، هر ۱۰۰۰ قطعه، تحت فشار ۰/۵ ـ ۰/۲ اتمسفر،
حجم ظرف شامل ^{lit}۳۰ ، آب و ^{lit}۳۰ـ ۲۰ اکسیژن. ۱۵۳
جدول ۴-۱۰ـ مقدار حمل و نقل در ماهیان (^{gr}۱۵۰۰ ـ ۱۰۰۰) در ۱۰۰۰ لیتر آب همراه با اکسیژن در مدت ۲۴ـ ۴
ساعت، بدون تعویض آب ۱۵۴
جدول ۵-۱۰ـ نیاز آب در ارسال تخم بارور شده، در انتقال بدون افزودن O_2 ..... ۱۵۴
جدول ۶-۱۰- شرایط بسته‌بندی و تراکم میگو در حمل و نقل ۱۵۴
جدول ۷-۱۰ـ میزان مصرف برخی از داروها جهت آرام نمودن ماهی در حمل و نقل..... ۱۵۵
جدول ۱۱ـ پارامترهای فیزیکی و شیمیایی و بیولوژیکی در شناخت کلاسه کیفی آبها ۱۶۱
جدول ۱-۱۱ رابطه توزیع امتیازات و اندکس گونه‌ای ۱۶۴
جدول ۲-۱۱ـ اندکس گونه‌ای و ظرفیت ساپروبی ارگانیزمهای غالب در آبهای کلاسه کیفی [I]
اولیگوساپروب ۱۶۸
جدول ۳-۱۱ـ کلاسه کیفی [II] بتامزوساپروب ۱۷۱
جدول ۴-۱۱ـ کلاسه کیفی [III] آلفامزوساپروب ۱۷۴
جدول ۵-۱۱ـ کلاسه کیفی [IV] پلی‌ساپروب ۱۷۷

فهرست اشکال

شکل ۱ـ چرخه مواد در آب (تعادل بیولوژیک) ۷

شکل ۲ـ رابطه فراوانی آمونیاک در pH و حرارتهای متفاوت..... ۲۳

شکل ۳ـ نحوهٔ دفع ترکیبات ازته در ماهیان ۲۹

شکل ۴ـ رابطه فراوانی و اشکال کربن در آب ۳۶

شکل ۵ـ منحنی انحلال نمکها در آبها ۳۸

شکل ۶ـ اثرات pH روی نسبت‌های Cl_2، $HOCl$ و OCl^-..... ۵۸

شکل ۷ـ A ساختمان عمومی میکروسیس‌تین $Mcyst$ - B ساختمان عمومی نودولارین..... ۱۳۶

پیشگفتار

مدیریت کیفیت آب در آبزی‌پروری در حقیقت کنترل پارامترهای مختلف از قبیل شیمیایی و بیولوژیکی جهت افزایش بهره‌وری و یا دستیابی به‌محصور بیشتر در محیطهای آبی و بویژه استخرهای پرورش ماهی از طریق کاهش ضایعات و بالا بردن پتانسیل تولید اولیه است.

علاوه بر ارائه اطلاعات پایه مورد نیاز در صنعت آبزی‌پروری که در بخش خاتمه آمده است، نگارنده سعی نموده است به‌کمک موجودات شاخص زیست‌محیطی شیوه کنترل کیفی آبها را از دیدگاه آلودگی با استفاده از روش بیولوژیکی که در حقیقت سازگاری موجودات را با کیفیت آب نشان می‌دهد جهت علاقه‌مندان ارائه نماید.

در خاتمه از همکاری خانمها زینب محمدی و پریسا نجات‌خواه و مهندس قلیچ در تدوین کتاب و همچنین آقای حمیدرضا خسروی و محمد حجار از مؤسسه نویسا که حروفچینی و صفحه‌آرایی کتاب حاضر را به‌عهده داشته‌اند، سپاسگزاری نمایم.

اسماعیلی

پائیز ۷۸

فصل اول

مقدمه

آب موهبتی است الهی، که بشر بدون توجه به‌ارزش **آن**، در عرصه‌های مختلف مورد مصرف بی‌رویه قرار می‌دهد. پیامد بهره‌وری از آب توسط انسان، همراه با آلودگی است. شدت و ضعف این آلودگی بستگی به نوع مدیریت آب و نوع استفاده از آن دارد. اگرچه بیش از $\frac{3}{4}$ سطح کره زمین را آب فراگرفته است (جدول شماره ۱) تنها بخش بسیار محدودی از آن به‌عنوان آب شیرین قابل استفاده در دسترس بشر قرار گرفته است (حدود ۰/۰۱ درصد)، که بدون کمترین مقدار هزینه، قابل استفاده می‌باشد. *(Laurent. 1976)*

به هرحال استفاده از منابع، آبهای زیرزمینی و یخچالهای طبیعی، مستلزم صرف انرژی و هزینه زیاد است. توسعه فعالیتهای بشری در زمینه‌های صنعت و کشاورزی در حقیقت، اساس آلودگی آبهای جاری و شیرین در کره زمین را تشکیل می‌دهد. از آنجایی که در آینده‌ایی نه چندان‌دور، حادترین مشکل جوامع بشری در کشورهای مختلف، بویژه آنهایی که در اقلیم‌های خشک و نیمه خشک قرارگرفته‌اند، مسئله کمبود آب آشامیدنی می‌باشد. لذا توسعه صنایع شیلاتی در کشورها، بالاخص کشت و پرورش ماهی که عموماً با استفاده از آبهای شیرین صورت می‌گیرد، امروزه مورد توجه علاقمندان زیادی قرار گرفته است. متأسفانه از آنجایی که در جمهوری اسلامی ایران، هیچگونه

استاندارد معینی جهت فاضلابهای خروجی کارگاههای پرورش ماهی وجود ندارد. این امر سبب گردیده تا به‌دور از هرگونه ضابطه‌ایی بر تراکم مراکز پرورش ماهی بویژه در مسیرهای رودخانه هایی که بخشی از آب آنها در حال حاضر مورد شرب قرار می‌گیرد، احداث شوند. از آنجایی که دست یابی به‌هرمقدار معینی از تولید ماهی در محیطهای آبی، مستلزم صرف مواد غذایی در مراکز پرورش ماهی می‌باشد، مواد غذایی مصرف نشده همراه با فضولات و مواد دفعی آبزیان و سموم و داروهای مورد استفاده، سبب تنزل شدید کیفیت آب می‌گردند. و در شرایطی که کارگاههای ایجاد شده در فواصل بسیار کوتاه و بدون هرگونه سیستم تصفیه بیولوژیکی، آبهای خروجی را به‌رودخانه‌رها می‌سازند. عدم فرصت خود پالایی آب، به‌علت تعداد ایستگاههای ایجاد شده، از دیگر عوامل افزایش آلودگی آب این رودخانه‌ها می‌باشد. همانگونه که در فصول کتاب به‌تفضیل آمده است، کلیه اقدامات تکثیر و پرورش ماهی، مستلزم بهره‌گیری از انواع کودهای شیمیایی، مواد غذایی با ترکیبات مختلف و انواع دارو و سموم است، که هر یک در محدوده‌های متفاوتی بر انسان تأثیر نامطلوب می‌گذارند. بنابراین مسئولین اجرائی ذیربط باید، بدین مهم توجه بیشتری مبذول داشته و هر چه سریعتر نسبت به‌جدول استاندارد نمودن کارگاههای تکثیر و پرورش ماهی، اعم از سردآبی و گرم آبی اقدام نمایند. هرگونه غفلت در این زمینه موجب می‌شود تا در آینده‌ایی نه چندان دور، تعداد این مراکز که با سرمایه گذاریهای نسبتاً بالایی انجام می‌شود، کیفیت آب را تاحدی کاهش دهد که هزینه‌های لازم جهت تصفیه آنان برای مصارف آشامیدنی، بیشتر از بهره دهی ناشی از پرورش ماهی باشد. در این کتاب سعی شده است ضمن ارائه مدیریت صحیح در استفاده درست از پارامترهای افزودنی و کنترل شیمیایی آب، ضمن دستیابی به‌حداکثر میزان تولید، خطرات ناشی از کاهش کیفیت آب را که در عرصه‌های مختلف آبزیان به‌وجود می‌آیند، بازگو کند.

جدول ۱ـ وضعیت جهانی آب *(Laurent, 1976)*

آبهای سطحی	Km^3	درصد از کل
دریاچه‌های آب شیرین	۷۲۰,۰۰۰	۰/۰۰۹
دریاچه‌های آب شور و دریاهای داخلی	۷۰۰,۰۰۰	۰/۰۰۸
رودخانه	۱,۲۰۰	۰/۰۰۰۱
آبهای نیمه‌سطحی		
خاک	۶,۵۰۰	۰/۰۰۵
آبهای زیرزمینی (تا ۸۰۰ متر)	۴,۰۰۰,۰۰۰	۰/۳
لایه‌های عمیق	۴,۰۰۰,۰۰۰	۰/۳
سایر آبها		
یخچالها	۲۹,۰۰۰,۰۰۰	۲/۱
اتمسفر	۱۳,۰۰۰	۰/۰۰۱
اقیانوسها	۱,۳۱۵,۰۰۰,۰۰۰	۹۷/۳

چرخهٔ مواد غذایی در آب

مقدمه

استخرهای پرورش ماهی را می‌توان با زمین‌های زراعی مقایسه نمود، که جهت افزایش محصول از کودهای شیمیایی مختلف استفاده می‌شود. تا از طریق ازدیاد پلانکتون‌ها منجر به‌افزایش محصول گردد. اهمیت آب در پرورش ماهی از جهاتی بیشتر از خاک برای گیاهان می‌باشد، زیرا آبزیان در محیطهای آبی، علاوه بر تغذیه، از آب به‌عنوان منبع اکسیژن نیز استفاده می‌نمایند. کلیه فعالیتهای مدیریتی جهت ازدیاد محصول، نظیرکوددهی، سم‌پاشی، منجر به‌کاهش کیفیت آب و در نتیجه بهم خوردن تعادل شیمیایی در آن می‌گردند. افزایش فعالیت متابولیکی در آبزیان باعث تشدید آن اثرات می‌شود. بنابراین، در صنعت آبزی‌پروری، ضمن توجه به‌روشهای افزایش بهره‌وری، باید کنترل کیفی آب نیز مورد توجه خاص قرار گیرد. هرگونه عدم دقت و هوشیاری در این زمینه، علاوه بر آنکه می‌تواند سبب مرگ‌ومیر شدید ماهیان در آب گردد. استفاده مجدد آن را دچار مشکل ساخته و مستلزم هزینه‌های زیادی خواهد بود.

زنجیره غذایی در آب

در محیطهای آبی، فعالیتهای زیستی با فتوسنتز آغاز و منجر به تشکیل اولین زنجیرهٔ حیات، یعنی فیتوپلانکتونها، می‌گردد این موجودات، اساس تغذیه را در هرم غذایی آبزیان تشکیل می‌دهند. شدت توسعهٔ فیتوپلانکتونها متأثر از وجود عناصری نظیر فسفر، ازت، اکسیژن، ئیدروژن و کربن در آب می‌باشد. به‌طوری که در تجزیه شیمیائی زی‌توده، در یک اکوسیستم آبی به‌طور میانگین، ترکیبات زیر را نشان می‌دهد. *(Bauer. 1991)*

$C_{106}\ H_{180}O_{45}\ N_{16}\ P_1$

بنابراین درمی‌یابیم، در کنار اکسیژن و ئیدروژن، در محیطهای آبی، عناصر غذایی فسفر، ازت و کربن، باید با نسبت فراوانی زیر وجود داشته باشند:

فسفر = ازت = کربن *= 1=16=106*

تا تکثیر و توسعهٔ فیتوپلاکتونها، دچار اختلال نگردد.

در فرآیند تولید، ۱۲۵ کیلوگرم زی‌تودهٔ خشک در یک استخر پرورش ماهی که تقریباً معادل تولید ۵۰۰ کیلوگرم ماهی است. به‌طور خلاصه ناشی از واکنشهای جدول ۲ می‌باشد.

بنابراین برای تشکیل ۱۲۵ کیلوگرم زی توده خشک (۵۰۰ کیلوگرم ماهی) در ابتدا بر اثر فتوسنتز از آب و دی اکسید کربن قند تشکیل و اکسیژن آزاد خواهد شد. در ادامه، گیاهان از طریق اعمال متابولیسم ترکیبات پیچیده زی توده را خواهند ساخت که در آن از ازت (به‌صورت آمونیاک یا نیترات) و همچنین فسفر استفاده می‌شود. بخش عمده‌ای از قند نیز در پدیده تنفس مصرف می‌گردد. ارقام بالا در زمانی حداکثر بهره دهی لازم را خواهند داشت که تمامی مواد غذایی مصرف شده و در آب خروجی، یا بر اثر لجن‌گذاری به‌هدر نروند. لذا در استخرهای پرورش ماهی متراکم که حداکثر بهره‌وری مورد نظر است، باید عناصر تشکیل دهنده زی توده را در حد متناسب فراهم سازیم تا ضمن تولید مطلوب، کمترین مشکلات ناشی از بهم خوردن موازنه شیمیایی آب را داشته باشیم.

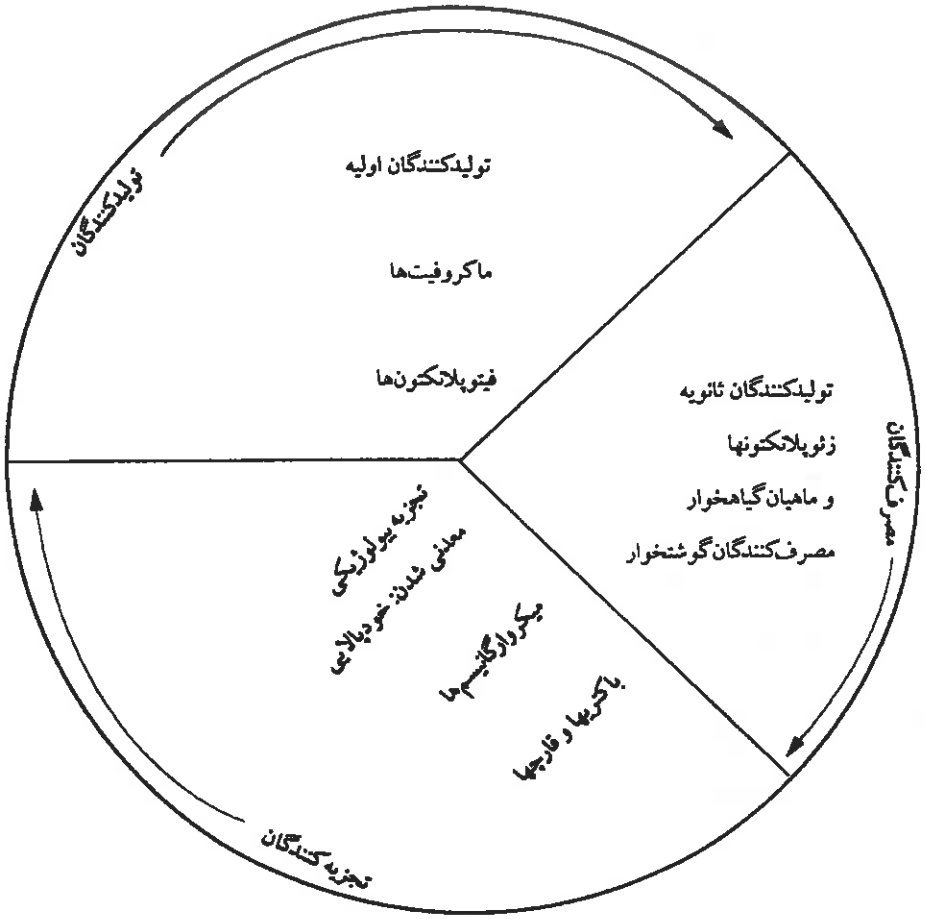
مواد تولیدی در اولین مرحله زنجیره غذایی به‌مصرف زئوپلانکتونها و سپس ماهیان می‌رسند. مواد دفعی و بقایای موجودات زنده در اکوسیستم‌های آبی، توسط تجزیه کنندگان به‌مواد غذایی ساده‌تر تبدیل و در زنجیره غذایی مجدد قرار می‌گیرند که به‌صورت بسیار ساده، در تصویر شماره ۱ آمده است. *(Bauer. 1991)*

جدول شماره ۲ـ فرایند تولید ۵۰۰kg ماهی از ۱۲۵ کیلوگرم زی‌توده خشک

۱) فتوسنتز و تنفس	فتوسنتز →	۶۰۱ کیلوگرم دی‌اکسید کربن
۴۱۰ کیلوگرم قند		۲۴۶ کیلوگرم آب
۴۳۷ کیلوگرم اکسیژن	← تنفس	۶۵۴۰۰۰۰ kj نور
۲) متابولیسم		
۱۲۵ کیلوگرم زی‌توده	→	۴۱۰ کیلوگرم قند
۱۸۵ کیلوگرم آب		۱۳/۹ کیلوگرم آمونیاک
۳۶۱ کیلوگرم دی‌اکسید کربن	←	۴/۹ کیلوگرم فسفات
		۲۴۲ کیلوگرم اکسیژن
۳) بیلان نهایی		
۱۲۵ کیلوگرم زی‌توده	⇄	۲۴۱ کیلوگرم دی‌اکسید کربن
۱۹۵ کیلوگرم اکسیژن		۶۱ کیلوگرم آب
(معادل ۱۳۵ متر مکعب)		۱۳/۹ کیلوگرم آمونیاک
		۴/۹ کیلوگرم فسفات
		(معادل ۲۹ کیلوگرم سوپر فسفات)

اگر چه ازت و فسفر سهم نسبتاً ناچیزی را در تشکیل زی توده دارند، ولی از نظر کیفی از مهمترین عناصر تولید زی توده می‌باشند. که هرگونه کمبود آنها، در محیطهای آبی منجر به کاهش شدید تولید اولیه می‌گردد. و به‌همین دلیل در اغلب آبهای طبیعی غیر آلوده کمبود فسفر وازت، اصلی‌ترین عامل محدودیت توسعه پلانکتونی بشمار می‌رود. در استخرهای پرورش ماهی که نیاز به تولید فراوان توده پلانکتونی است، تامین ازت و فسفر در اولویت نخست قرار دارد. مهمترین مکانیسم افزایش فسفر و ازت، در استخرهای پرورش ماهی، استفاده از کوددهی جهت افزایش فیتوپلانکتون و در نتیجه ماهی می‌باشد.

شکل ۱ـ چرخه مواد در آب (تعادل بیولوژیک)



کیفیت شیمیایی آب استخر

از آنجا که تغذیه، تنفس و حیات ماهی در محیط آبی است، کیفیت آب و آشنایی با ویژگیهای شیمیایی آن از عوامل بسیار مهم در موفقیت تکثیر و پرورش ماهیان است. کیفیت آب استخرهای پرورش ماهی تابعی از منابع تأمین‌کنندهٔ آن می‌باشد (چشمه، چاه، رودخانه) که پاره‌ای از این ویژگیها به‌عنوان عوامل مثبت در پرورش ماهی و برخی از عوامل بازدارنده به‌شمار می‌روند. وجود

املاح فراوان در آب، محیط شاداب و مناسب‌تری را نسبت به‌آبهای سبک جهت پرورش فراهم می‌سازد. چنین آبهایی نیاز به‌آهک‌پاشی کمتری داشته و از راندمان تولید نسبتاً بالایی برخوردارند. شناسایی دقیق پارامترهایی نظیر اکسیژن، دی‌اکسید کربن، قلیائیت، سختی، *BOD* و *pH* برنامهٔ مدیریتی استخر را آسانتر می‌نماید. علاوه بر این املاح به‌عنوان یک عامل بافر و تعدیل‌کننده *pH* از شدت سمیت مواد آلاینده در آب به‌طور محسوسی می‌کاهد. میزان مصرف کود، آهک و سموم تابعی از املاح آب است. به‌طوری که با افزایش آن بر میزان سموم مصرفی افزوده و از میزان آهک کاسته می‌شود. جداول ۱-۲ و ۲-۲ کیفیت آبهای مناسب جهت پرورش ماهیان را نشان می‌دهد. از کتاب *Aquaculture Desk Reference (A.D.R)*

جدول ۱-۲ـ مقادیر شیمیائی پیشنهادی برای آماده‌سازی آب در هچری‌ها (آب شیرین)

ماهیان گرم آبی	قزل‌آلا	پارامتر
۵ تا اشباع	۵ تا اشباع	اکسیژن محلول
۰ـ۱۵	۰ـ۱۰	دی‌اکسید کربن
۵۰-۴۰۰	۱۰-۴۰۰	آلکالینیتی کل ($CaCO_3$)
۰-۴۰	۰-۲۵	٪ فنیل فتالئین
۶۰-۱۰۰	۷۵-۱۰۰	٪ متیل اورانژ
۰	۰	ppm٪ هیدروکسید
۰ـ۴۰	۰ـ۲۵	ppm٪ کربنات
۷۵ـ۱۰۰	۷۵ـ۱۰۰	ppm٪ بی‌کربنات
۶/۵ـ۹/۰	۶/۵ـ۸/۰	pH
۵۰ـ۴۰۰	۱۰ـ۴۰۰	(سختی کل ($CaCO_3$)
۱۰ـ۱۶۰	۴ـ۱۶۰	کلسیم
	برای سیستم بافری مورد نیاز است	منیزیم
۰ـ۰/۰۵	۰ـ۰/۱۵	منگنز
۰	۰	آهن $^{+}$۳
۰/۰۱ـ۳/۰	۰/۵	آهن $^{+}$۲

ادامه جدول ۱-۲

فسفر	۰/۰۱ـ۳/۰	۰ـ۳/۰
روی	۰ـ۰/۰۵	۰ـ۰/۰۵
نیترات	۰-۳/۰	۰-۳/۰
سولفید هیدروژن	۰	۰

US Fish and Wildlife Service, Fish hatchery Management, 1982. (A.D.R)

جدول ۲-۲ـ آزمایش‌های مقدماتی کیفیت آب و سطوح تولید در کاربردهای دریائی

پارامتر	سطح محافظت	سطح تولید
آمونیاک (باستثنای گیاهان)	$<1\mu g/l NH_3-N$	تحقیق $<1\mu g/l\ NH_3-N$
		تولید $<10\mu g/l\ NH_3-N$
		پرورا $<10\mu g/l NH_3-N$ (کم‌یاخورده‌نشده)
نیتریت	$<0/05 mg/l NO_2-N$	$<0/10 mg/l\ NO_2-N$
اکسیژن محلول(بجز برای گیاهان)	۹۰٪ اشباع	$>6 mg/l$
کل فشار گاز	$<76 mmHg$	$<20 mmHg$
دی‌اکسید کربن(بجز برای گیاهان)	$5 mg/l CO_2$	$<10 mg/l CO_2$
سولفید هیدروژن	$2\mu g/l as H_2S$	$<1\mu g/las\ H_2S$
باقیمانده کلرین	$10\mu g/l$	$1\mu g/l$
pH	۷/۹ـ۸/۲	۷/۹ـ۸/۲
دما	بسته به نوع گونه و مرحلهٔ زندگی	۱ـ۴۰ °c درجه حرارت
شوری	بسته به نوع گونه و مرحلهٔ زندگی	۱ تا ۴۰ g/kg
فلزات (کل)		
کادمیوم	$1\mu g/l$	$3\mu g/l$
کرم	$10\mu g/l$	$25\mu g/l$
مس	$1\mu g/l$	$3\mu g/l$

ادامه جدول ۲-۲

آهن	۳۰۰μg/l	۱۰۰μg/l
جیوه	۰/۰۵μg/l	۰/۱μg/l
منگنز	۵۰μg/l	۲۵μg/l
نیکل	۲μg/l	۵μg/l
سرب	۲μg/l	۴μg/l
روی	۱۰μg/l	۲۵μg/l

J. Huguenin and J.Colt, Design and Operating Guide for Aquaculture Seawater systems; 1989 (A.D.R)

فصل دوم

کوددهی در استخرهای پرورش ماهی

کوددهی در آبزی پروری، همانند زمین‌های زراعی و از انواع شیمیایی و آلی می‌باشد.

اگرچه فسفر به‌عنوان ضروری‌ترین عنصر در افزایش محصول، در محیطهای آبی، تلقی می‌گردد، ولی در کود دهی موفقیت‌آمیز، علاوه بر کودهای فسفره، از کودهای ازت و گاهی پتاس و غیره استفاده می‌شود. کودهای آلی نیز از طریق آزاد نمودن مواد مغذی و معدنی سبب افزایش محصول می‌گردند. هر چند ممکن است، مستقیماً نیز به عنوان ماده غذایی، توسط بی مهرگان و ماهیان به‌مصرف برسند.

نحوه مصرف کودهای شیمیایی

در مصرف کودهای شیمیایی، در ابتدا باید با ویژگیهای تجاری آن آشناشویم. درجه‌بندی در کودها، برمبنای درصد وزنی ازت (N)، فسفر (P_2O_5) و پتاسیم (k_2O)، صورت می‌گیرد. به‌طوری که کـــــود

۵ ـ ۵ ـ ۱۰ حاوی ۱۰٪ ازت، ۵٪ P_2O_5 و ۵٪ K_2O است. لذا در کود فوق، عدد سمت راست بیانگر میزان پتاس، عدد وسط مقدار فسفر و عدد سمت چپ میزان ازت موجود در کود را مشخص می‌نماید. هرچه اجزاء عناصر تشکیل دهنده کود، بیشتر باشند، از نظر مواد غذایی، کاملتر است. کود ۱۴:۲۰:۰

حاوی ۱۴٪ ازت، ۲۰٪ P_2O_5 و فاقد K_2O می‌باشد.

رابطه تبدیل فسفر و پتاس خالص در کودها براساس رابطه زیر انجام می‌گیرد:

$$\frac{P}{P_2O_5} = \frac{۳۱}{۷۱} = ۰/۴۳۷$$

از آنجایی که یک واحد P معادل نیم واحد P_2O_5 است، جهت محاسبه P از تقسیم وزن اتمی فسفر به‌نصف وزن ملکولی P_2O_5 میزان آن را محاسبه می‌نمائیم. به‌طوری که در واحد P_2O_5 تنها ۰/۴۳۷ فسفر وجود دارد. و یا

$$\frac{P_2O_5}{P} = \frac{۷۱}{۳۱} = ۲/۲۹$$

بنابراین برای تبدیل فسفر به P_2O_5، باید در عدد ۲/۲۹ ضرب و یا بر عدد ۰/۴۳۷ تقسیم نمائیم. در تبدیل P_2O_5 به P باید آن را در عدد ۰/۴۳۷ و یا بر عدد ۲/۲۹ تقسیم کنیم. به‌مثالی در این مورد توجه نمائید:

مثال ۱ـ میزان فسفر موجود در کودی حاوی ۴۶٪ P_2O_5 چه میزان است؟

$P=۴۶/۲/۲۹ = ٪۲۰/۱$ $\qquad$ $P= P_2O_5 ÷ ۲/۲۹$

$P=۴۶\times ۰/۴۳۷ = ٪۲۰/۱$ $\qquad$ $P= P_2O_5 \times ۰/۴۳۷$

کودهای مرسوم تجاری موجود در بازار نظیر اوره، نیترات کلسیم، نیترات سدیم، نیترات آمونیوم، سولفات آمونیوم، سوپر فسفات، تریپل سوپر فسفات، مونو آمونیوم فسفات و دی آمونیوم، به‌صورت جامد بوده و معمولاً در اشکال پلیت، گرانول و یا پولک عرضه می‌شوند.

از آنجایی که بسیاری از کودها، جاذب رطوبت هستند، باید در جای خشک نگهداری شوند. نیترات آمونیوم، اگر در معرض جرقه قرار گیرد، بشدت قابل انفجار است. نیترات سدیم و اوره نیز قابل احتراق هستند. و لذا در مواقع حمل و نقل بایستی از شعله دور نگه داشته شوند.

علاوه براین اغلب کودهای تجاری جامد، خورنده فلز نیز هستند. پاره‌ای از کودها، نظیر آمونیوم پر فسفات، اسید فسفریک و آمونیاک از طریق تانک و توسط کشتی حمل می‌شوند. آمونیوم پلی فسفات کود مایعی است که حاوی چند ماده مغذی بوده و خورندگی کمی دارد و در صورت نگه داری طولانی، نمکهای مغذی آن خارج می‌گردند. لذا اغلب باید جهت نگه داری با گرد رس آمیخته شود.

درصد وزنی مواد غذایی در کودهای تجاری مرسوم بسیار متفاوت است. (جداول ۳ و ۱-۳)، درصد وزنی مواد مغذی در تعدادی از کودهای جامد را ارائه می‌دهد. *(Boyd. 1985)*

جدول ۳ـ درصد عناصر مغذی فسفر، ازت و پتاس در کودهای شیمیایی

نوع ماده	درصد N	P_2O_5	K_2O	فرمول	pHمحلول
اوره	۴۵	—	—	H_2NCONH_2	۷/۲
نیترات کلسیم	۱۵	—	—	$Ca(NO3)_2$	—
نیترات سدیم	۱۶	—	—	$NaNO_3$	۷
نیترات آمونیوم	۳۲	—	—	NH_4NO_3	۴
سولفات آمونیوم	۲۱	—	—	$(NH4)_2SO_4$	۵
سوپرفسفات	۰	۲۰	—		
تریپل سوپرفسفات	۰	۴۶	—		
مونو آمونیوم فسفات	۱۱	۴۸	—	NH_4PO_4	۸
دی آمونیوم فسفات	۱۸	۴۸	—	$(NH4)_2PO_3$	۸
موتیات	۰	۰	۶۰		

جدول ۱ ـ ۳ـ کودهای نیتروژنه برای غنی‌سازی استخر

نام	فرمول	درصد ازت	pHمحلول
متافسفات آمونیم	$(NH_4)_2PO_3$	۱۷	–
نیترات آمونیم	NH_4NO_3	۳۳/۵	۴/۰
فسفات آمونیم	$(NH_4)_2OI_4$	۱۱	۴/۰
سولفات آمونیم	$(NH_4)_2SO_4$	۲۰	۵/۰
آمونیاک	$NH_3 . H_2O$	۸۲	–
آمونیاک محلول	$NH_3 . H_2O$	۴۰ـ۵۰	–
سیانید کلسیم	$CaCN_2$	۲۲	
فسفات دی آمونیم	$(NH_4)_2HPO_3$	۲۱	۸/۰
اوره	H_2NCONH_2	۴۶	۷/۲
نیترات سدیم	$NaNO_3$	۱۶	۷

US Fish and Wildlife Service, Fish hatchery Management, 1982. (A.D.R)

کود مخلوط

کودها در استخر، به‌صورت ساده یا مخلوط استفاده می‌شوند. کود ساده کودی است که حاوی یک ماده مغذی از نوع فسفر ازت یا پتاس باشد. در حالی که کود مخلوط، دارای یک یا دو ماده مغذی در مبدأ تولید است. کود مونوآمونیوم فسفات یا دی آمونیوم فسفات، یک کود مخلوط می‌باشد، در حالی‌که اوره یک کود ساده محسوب می‌گردد. از آمیختن مقادیر مناسب از کودهای ساده می‌توان کود مخلوط تهیه نمود. در استخرهای پرورش ماهی، اغلب کودهای مخلوط مورد نیازند. ولی درصد وزنی مواد مغذی موجود در آنها، متناسب با احتیاج استخر نمی‌باشد. لذا باید جهت تهیه تمامی مواد مغذی مورد نیاز در استخر، از آمیختن دو یا چند کود بهره‌گیری نمود به‌عنوان مثال برای تهیه ۱۰۰ کیلوگرم کود با درجه ۵ ـ ۱۵ ـ ۱۰ از نیترات K_2O آمونیوم با درصد وزنی ازت ۳۳/۵٪ تریپل سوپر فسفات با درصد وزنی ۴۶٪ P_2O_5 و جوهر نمک با درصد وزنی ۶۰٪ به‌صورت زیر محاسبه می‌گردد.

نیترات آمونیوم $N = ۱۰ \div ۰/۳۳۵ = ۲۹/۸\ kg$

تریپل سوپرفسفات $P_2O_5 = ۱۵ \div ۰/۴۶ = ۳۲/۵\ kg$

جوهر نمک $K_2O = ۵ \div ۰/۶۰ = ۸/۳\ kg$

(آهک) ماده همراه $۱۰۰ - ۷۰/۶ = ۲۹/۴\ kg$ جمع کل کود = $۲۹/۸ + ۳۲/۵ + ۸/۳ = ۷۰/۶\ kg$

محاسبه نیاز به کود مخلوط فوق از سه ماده مغذی، در سه کود ساده، نسبتاً آسان می‌باشد. ولی چنانچه کودهای ساده در بازار موجود نباشد، تهیه کود مخلوط، که حاوی دو ماده مغذی باشد قدری مشکلتر است. به‌عنوان مثال: برای آماده کردن ۱۰۰ کیلوگرم کود مخلوط با درجه ۱۰:۱۵:۱۰ از دی آمونیوم فسفات (حاوی N = ۱۸٪ و P_2O_5 = ۴۶٪)، اوره (حاوی N = ۴۵٪) و جوهر نمک (K_2O = ۶۰٪)، به‌شرح زیر عمل می‌نمائیم:

از آنجایی که در دی آمونیوم فسفات ماده غذایی اصلی فسفر و در مرحله بعد ازت می‌باشد. در ابتدا نیاز به P_2O_5 را محاسبه، تا میزان ازت تأمین شده از طریق دی آمونیوم فسفات معلوم گردد.

دی آمونیوم فسفات مورد نیاز جهت تأمین فسفر $P_2O_5 = ۱۵ ÷ ۰/۴۶ = ۳۲/۶\ kg$

از طرفی می‌دانیم، دی آمونیوم فسفات حاوی ۱۸٪ ازت می‌باشد، بنابراین باید مقدار ازت همراه در ۳۲/۶ کیلوگرم دی آمونیوم فسفات را محاسبه نمائیم:

ازت تأمین شده توسط دی آمونیوم فسفات $۳۲/۶ \times ۰/۱۸ = ۵/۹\ kg$

چون نیاز استخر به‌ازت، معادل ۱۰ کیلوگرم تعیین شده است، لذا باید مقدار تأمین شده توسط دی آمونیوم فسفات راکسر نموده و بقیه را از طریق اوره تأمین نمائیم:

مقدار ازتی که توسط کود اوره باید تأمین شود. ۱۰ − ۵/۹ = ۴/۱ *kg*

اوره مصرفی جهت تأمین باقی مانده ازت. ۴/۱ ÷ ۰/۴۵ = ۹/۱ *kg* N

K_2O = ۱۰ ÷ ۰/۶ = ۱۶/۷ *kg*

کود ۵۸/۴ *kg* = ۱/۷ + ۹/۱ + ۳۲/۶ = جمع کل کود مورد نیاز

آهک همراه ۱۰۰ − ۵۸/۴ = ۴۱/۶ *kg*

گاهی امکان تهیه کود مخلوط با درجه معینی از پاره‌ای از کودها، میسر نیست. به‌عنوان مثال، فردی می‌خواهد ۱۰۰ کیلوگرم کود ۲۰:۲۰:۵ از نیترات آمونیوم (N = ٪۳۳/۵)، تریپل سوپر فسفات (P_2O_5 = ٪۴۶) و جوهر نمک (K_2O = ٪۶۰)، تهیه نماید.

نیترات آمونیوم ۲۰ ÷ ۰/۳۳۵ = ۵۹/۷ *kg* N

تریپل سوپر فسفات ۲۰ ÷ ۰/۴۶ = ۴۳/۵ *kg* P_2O_5

جوهر نمک ۵ ÷ ۰/۶ = ۸/۳ *kg* K_2O

جمع کل کود = ۵۹/۷ + ۴۳/۵ + ۸/۳ = ۱۱۵/۵ *kg*

بنابراین در مثال فوق، باید از کودی استفاده شود که مواد مغذی آن زیادتر باشد. به‌طوری که می‌توانیم به‌جایی تریپل سوپرفسفات از مونوآمونیوم فسفات (N = ٪۱۱ ، K_2O_5 = ٪۴۸) اوره (٪۴۵ = N) و موتیات (K_2O= ٪۶۰)استفاده نمائیم.

کیلوگرم مونوآمونیوم فسفات ۲۰ ÷ ۰/۴۸ = ۴۱/۶ P_2O_5

کیلوگرم ازت همراه ۴۱/۶ × ۰/۱۱ = ۴/۵

کیلوگرم ازت تأمین شده توسط اوره ۲۰ − ۴/۵ = ۱۵/۵

کیلوگرم موتیات مورد نیاز ۵ ÷ ۰/۶ = ۸/۳ K_2O

کیلوگرم کل کود مودر نیاز = ۸/۳ + ۴۱/۶ + ۳۴/۴ = ۸۴/۳

کیلوگرم آهک همراه ۱۰۰ − ۸۴/۳ = ۱۵/۷

در مثال فوق، چنانچه به‌جایی مونوآمونیوم فسفات از دی آمونیوم فسفات (N = ٪۱۸ : ٪۴۶ = P_2O_5) استفاده شود. نیاز به کود بازهم کمتر خواهد شد.

قابلیت انحلال کودها

گرچه کودهای مایع، سریع و کامل در آب حل می‌شوند. قابلیت انحلال کودهای جامد در آب بسیار کندتر و متفاوت می‌باشد. بوید از طریق افزایش میزان ازت، فسفر و پتاسیم، پس از پاشیدن مقادیر معینی از کودها، قابلیت انحلال آنها را اندازه‌گیری نمود.

درصد انحلال فسفر را در دمای ۲۹ درجه سانتی گراد، برای سوپر فسفات ۴/۶٪، مونوآمونیوم تریپل سوپر فسفات ۵/۱٪، مونوآمونیوم فسفات ۷/۱٪، دی آمونیوم فسفات ۱۶/۸٪ می‌باشد و میزان انحلال ازت در مونوآمونیوم فسفات ۵/۱٪، دی آمونیوم فسفات ۱۱/۷٪، نیترات سدیم ۶۱/۷٪، سولفات آمونیوم ۸۵/۹٪، نیترات آمونیوم ۹۸/۸٪، نیترات کلسیم ۹۹٪ و میزان انحلال پتاس نیز ۸۷٪ اندازه‌گیری شد.

اگرچه کودهای پتاس و ازت به‌خوبی در آب محلولند، ولی کودهای فسفات از حلالیت کمتری برخوردارند. دانه بندی کودها از عوامل مؤثر در حلالیت آنها می‌باشد، کودهای ته نشین شده در خلال ۲۴ ساعت تدریجاً در آب حل می‌گردند.

واکنش شیمیایی کودهای ازته در استخر

پدیده نیتریفیکاسیون یک فرایند باکتریایی است که در آن آمونیوم به‌اسید نیتریک اکسید می‌گردد. این واکنشهاطی دو مرحله توسط باکتریها انجام می‌گیرد. اولین واکنش بوسیله گونه نیتروزوموناس *Nitrosomonas* و دومین واکنش با گونه نیتروباکتر *Nitrobacter*، این دو جنس در خاک و آب باهم همزیستی داشته و لذا هردو واکنش به‌طور همزمان انجام می‌گیرد. یون ئیدروژن آزاد شده در نیتریفیکاسیون، قلیائیت آب استخر را از طریق واکنش زیر کاهش می‌دهد:

$$HCO_3 + H^+ \longrightarrow CO_2 + H_2o$$

دراکسیداسیون آمونیوم به‌ازای هرمیلی مول آمونیوم، دو میلی اکی‌والان هیدروژن مثبت، آزاد گشته، که این مقدار قادر است با دو میلی‌اکی‌والان قلیائی $(CaCO_3)$ ترکیب شود. بنابراین هر میلی‌گرم قادر است ۱/۲۵ میلی‌گرم قلیائیت راکاهش دهد.

$$NH_4\ NO_3 + 2O_2 \rightarrow 2H^+ + 2NO_{\bar{3}} + H_2O\ NH_4\ NO_3$$

$80mg\ (NH_4\ NO_3)$ $100mg\ CaCO_3$

$1mg$ $x \rightarrow x=1/25mg$

از آنجایی که، نیترات آمونیوم خالص حاوی ۳۵٪ ازت است پس هر میلی گرم ازت در این کود قادر است ۳/۵۷ میلی گرم قلیائیت را خنثی نماید.

اوره نیز در آب هیدرولیز شده و آمونیاک و CO_2 تولید می‌نماید.

$$(NH_2)_2CO + H_2O \rightarrow 2NH_3 + CO_2$$

$$NH_3 + H_2O \rightarrow NH4^+ + OH^-$$

بنابراین در ازای نیتریفیکاسیون هر میلی مول اوره، چهار میلی اکی والان هیدروژن مثبت آزاد می‌شود، که دو میلی اکی والان آن با $O\bar{H}$ خنثی می‌شود و دو میلی اکی والان آن با $NO\ \bar{3}$ تولید اسید نیتریک ($HNO\ \bar{3}$) می‌نماید. لذا هر میلی گرم اوره قادر است، ۱/۶۷ میلی گرم قلیائیت راکاهش دهد.

به‌همین ترتیب هر میلی گرم ازت موجود در کودهای مونو آمونیوم فسفات و سولفات آمونیوم، قادرند به‌ترتیب معادل ۷/۱۳ و ۷/۱۷ میلی گرم، قلیائیت را خنثی نمایند.

سرعت پدیده نیتریفیکاسیون تابعی از فعالیت باکتریهای یاد شده و درجه حرارت می‌باشد. (جدول ۲-۳) فعالیت باکتریها نیز متأثر از ترکیبات شیمیایی آب می‌باشد. (جدول ۳-۳)

جدول ۲-۳ـ درجه حرارت مساعد برای باکتریهای نیترودوموناس و نیتروباکتر

گونه	دامنه	حرارت مساعد		مأخذ
NS	۳۰-۳۶	۳۰-۳۶	—	Buswell et al. (1953)
NS	۱۰-۴۰	۳۰-۳۵	—	Kawai et al. (1965)
NS	—	—	< ۵	Buswell et al. (1953)
NB	۸-۲۴	۲۸	—	Nelson (1931)
NB	۴-۴۵	۳۴-۳۵	—	Deppe & Engle (1960)

Wheaton, Hochheimer and Kaiser, In: D.E Brune and J.R. Tomasso (Eds.), Aquaculture and Water Quality; 1991. (A.D.R)

جدول ۳-۳ـ نیازهای رشدی و سمیت ترکیبات مختلف روی نیتروباکتر *(NB)* و نیتروزوموناس *(NS)*

گونه‌ها	ترکیبات	غلظت‌ها	اثربازداری
NS	نیکل	۰/۲۵*mg/l*	ملایم
NS	کروم	۰/۲۵*mg/l*	ملایم
NS	مس	۰/۱*mg/l*	ناچیز
NS	مس	۰/۵*mg/l*	کامل
NS	آهن	<۰/۵*mg/l*	محدودکننده‌رشد
NS	L- آرژینین	۵×۱۰^{۳}*M*	ناچیز
NS	L- هیستیدین	۵×۱۰^{۳}*M*	کامل
NS	L- فنیل‌آلانین	۵×۱۰^{۳}*M*	ناچیز
NS	L- تیروزین	۵×۱۰^{۳}*M*	ناچیز
NS	DL-میتونین ولفاکساید	۵×۱۰^{۳}*M*	ناچیز
NS	سراتینین	۵×۱۰^{۳}*M*	ناچیز
NS	گلیکوسیامین	۵×۱۰^{۳}*M*	ناچیز
NS	اتیلوراتان	۵×۱۰^{۳}*M*	تغییریافته
NS	کلسیم	۵۰*mg/l*	محرک
NS	آهن	۷*mg/l*	محرک
NB&NS	فسفات	۳۱۰*mg/l-P*	محرک
NB	منیزیم	۵*mg/l*	محرک
NB	فسفر	۵*mg/l*	محرک
NB	ملیبدن	۱*mg/l*	محرک
NB	روی	۱*mg/l*	محرک
NB	ملیبدن	۰/۱ـ۱*mg/l*	محرک
NS	منیزیم	۵/۰*mg/l*	محرک
NS	فسفات	۰/۲۸*mg/l*	محرک
NS	آهن	۲*mg/l*	محرک
NS	کبالت	۱/۰*mg/l*	محرک
NS	منگنز	۱/۰*mg/l*	محرک

Wheaton, Hochheimer and Kaiser, In: D.E Brune and J.R. Tomasso (Eds.), Aquaculture and Water Quality; 1991. (A.D.R)

مکانیسم جذب فسفر در آب

فسفر موجود در کودها بخوبی در آب حل می‌شود. در حالی که ذرات کودهای جامد، قبل از انحلال کامل در آب، در بستراستخر، ته نشین و فسفر آن توسط گل و لای بستر جذب می‌گردد. پس از کود دهی، اورتوفسفات موجود در آب استخر، بوسیله باکتریها، ماکروفیتها بدلیل حضور دائمی انها، بر خلاف حضور دوره‌ای فیتوپلانکتونها، امکان جذب بیشتر فسفر فراهم شده که طی دوره رشد از آن استفاده می‌نماید، علاوه بر این پس ازمرگ فیتوپلانکتونها بخشی از فسفر آزاد شده از بقایای آن توسط ماکروفیت‌ها، جذب می‌گردد. بسیاری از محققین نشان داده‌اند که گل، سریعاً فسفر را جذب می‌نماید، بویژه گلهایی که شدیداً اسیدی یا قلیایی باشند. اما جذب فسفر طی زمان توسط گل بستر کاهش می‌یابد. لذا به‌نظر می‌رسد میزان کود دهی پس از زمانهای طولانی، باید کاهش یابد. آبهای حاوی کلسیم و pH بالا، رسوب فسفات کلسیم را تشدید می‌نمایند.

لذا توصیه می‌شود، در چنین آبهایی بیشتر از فسفات آمونیوم استفاده شود.

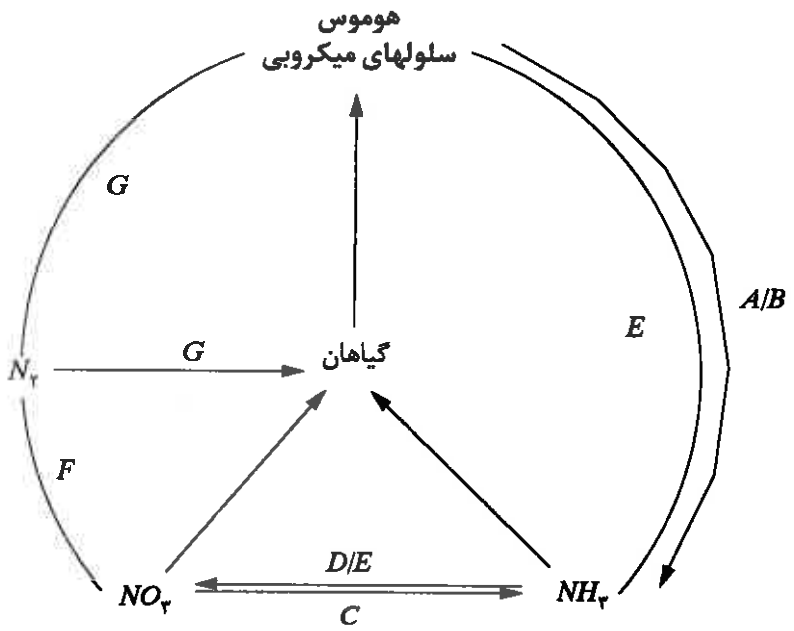
در شرایط احیاء در هیپولیمینون، فسفات آهن و آلومینیوم تجزیه و مقدار زیادی از فسفات موجود در گل آزاد می‌گردد. بین فسفات موجود در آب و رسوبات یک موازنه دینامیک وجود دارد و چنانچه این تعادل بر اثر جذب فسفر، توسط گیاهان بهم خورد، فسفر بیشتری از رسوبات آزاد خواهد شد. ماکروفیت‌های ریشه دار قادر به‌جذب فسفر از رسوبات هستند. پدیده اکسیداسیون و احیاء قابلیت انحلال فسفات آهن و آلومینیوم را بهبود می‌بخشد.

مکانیسم چرخه ازت در استخر

برخلاف چرخه نسبتاً ساده فسفر که تعادل شیمیایی فسفات در گل و آب، چرخه فسفر را تنظیم می‌نماید. نیتروژن دارای یک چرخه گسترده بیوشیمیایی است، که بیشتر فعل و انفعالات از این طریق صورت می‌گیرد. به‌طوری که عمده نیتروژن در اکوسیستم آبی را اجزاء بدن موجودات زنده و مواد آلی در حال پوسیدن تشکیل می‌دهند.

ازت در اشکال مختلف گازی، نیترات، نیتریت، آمونیوم، آمونیاک و آلی از ترکیبات نسبتاً ساده تا پیچیده دیده می‌شود.

آمونیوم و نیترات حاصل از کود دهی در استخرهای پرورش ماهی، توسط گیاهان جذب و میکروارگانیسم‌ها عمل تجزیه آن را به‌عهده دارند. سرعت تجزیه تابعی از pH و حرارت است. در حالی که pH خنثی تاکمی قلیائی محدوده مساعد برای باکتریهاست، قارچهاpH نسبتاً اسیدی را ترجیح می‌دهند. افزایش حرارت، سرعت تجزیه را بهبود می‌بخشد.



تصویر ۲ـ چرخه ازت

A: آمونیفیکاسیون *B:* معدنی شدن *C:* نیتریفیکاسیون *D:* احیای نیترات

E: تجمع *F:* دنیتریفیکاسیون (تثبیت ازت)

جدول ۴ - ۳ـ انحلال گاز ازت در آب در شوریهای متفاوت *(Boyd, 1991)*

درجه‌حرارت	شوری در هزار									
(C°)	۰	۵	۱۰	۱۵	۲۰	۲۵	۳۰	۳۵	۴۰
۰	۲۳/۰۴	۲۲/۱۹	۲۱/۳۸	۲۰/۶۰	۱۹/۸۵	۱۹/۱۲	۱۸/۴۲	۱۷/۷۵	۱۷
۵	۲۰/۳۳	۱۶/۶۱	۱۸/۹۲	۱۸/۲۶	۱۷/۶۱	۱۶/۹۹	۱۶/۴۰	۱۵/۸۲	۱۵/۲۶
۱۰	۱۸/۱۴	۱۷/۵۳	۱۶/۹۳	۱۶/۳۶	۱۵/۸۱	۱۵/۲۷	۱۴/۷۵	۱۴/۲۵	۱۳/۷۷
۱۵	۱۶/۳۶	۱۵/۸۲	۱۵/۳۱	۱۴/۸۱	۱۴/۳۲	۱۳/۸۶	۱۳/۴۰	۱۲/۹۷	۱۲/۵۴
۲۰	۱۴/۸۸	۱۴/۴۱	۱۳/۹۶	۱۳/۵۲	۱۳/۰۹	۱۲/۶۸	۱۲/۲۸	۱۱/۸۹	۱۱/۵۲
۲۵	۱۳/۶۴	۱۳/۲۲	۱۲/۸۲	۱۲/۴۳	۱۲/۰۵	۱۱/۶۹	۱۱/۳۳	۱۰/۹۹	۱۰/۶۵
۳۰	۱۲/۵۸	۱۲/۲۱	۱۱/۸۵	۱۱/۵۰	۱۱/۱۷	۱۰/۸۴	۱۰/۵۲	۱۰/۲۱	۹/۹۱
۳۵	۱۱/۶۸	۱۱/۳۴	۱۱/۰۲	۱۰/۷۱	۱۰/۴۰	۱۰/۱۰	۹/۸۲	۹/۵۴	۹/۲۶
۴۰	۱۰/۸۹	۱۰/۵۹	۱۰/۲۹	۱۱/۰۱	۹/۷۳	۹/۴۶	۹/۲۰	۸/۹۴	۸/۷۰

تجزیه مواد آلی در شرایط هوازی صورت می‌گیرد، با این تفاوت که سرعت تجزیه بی هوازی کندتر و ترکیبات آلی قادرند تا حد مواد ساده‌ای نظیر الکل و اسیدهای آلی، اکسیده شوند. کیفیت مواد در سرعت تجزیه مواد متأثر از نسبت کربن به ازت است. به‌طوری که کاهش فراوانی کربن در مواد آلی، نسبت به‌ازت سرعت تجزیه افزایش می‌یابد.

بخش زیادی از کربن موجود در مواد آلی توسط باکتریها جذب می‌شوند. که به این عمل تنفس کربن می‌گویند و اضافی آن نیز به‌صورت دی‌اکسیدکربن وارد محیط می‌گردد. اضافی نیتروژن مورد نیاز باکتریها هم به‌شکل آمونیاک به‌محیط داخل می‌شود. استخرهای با آب اسیدی، تمایل به تجمع مقادیر مواد آلی بیشتری دارند، زیرا تجزیه باکتریایی مختل شده و تنها قارچها فعال می‌باشند. سرعت تجزیه فیتوپلانکتونها به‌دلیل وجود ازت بیشتر، سریعتر از ماکروفیت‌ها انجام می‌گیرد. نسبت آمونیوم و آمونیاک در محیطهای آبی تابعی از pH آب می‌باشد که با افزایش آن از مقدار آمونیوم کاسته و بر میزان آمونیاک افزوده می‌شود. در pH مشابه با افزایش درجه حرارت، مقدار آمونیاک افزایش می‌یابد و با افزایش شوری از میزان آن کاسته می‌شود. (جداول ۵-۳ و ۶-۳)

جدول ۵-۳ ـ درصد آمونیاک غیر یونیزه در شوری (۵g/kg ـ ۰)

درجه حرارت ($\dot{C}$)	۷/۰	۷/۸	۷/۹	۸/۰	۸/۱	۸/۲	۸/۳	۹/۰
۵	۰/۰۰۱۲	۰/۰۰۷۸	۰/۰۰۹۸	۰/۰۱۲۳	۰/۰۱۵۴	۰/۰۱۹۳	۰/۰۲۴۲	۰/۱۱۰۷
۱۰	۰/۰۰۱۹	۰/۰۱۱۶	۰/۰۱۴۵	۰/۰۱۸۲	۰/۰۲۲۹	۰/۰۲۸۶	۰/۰۳۵۷	۰/۱۵۶۷
۱۵	۰/۰۰۲۷	۰/۰۱۶۹	۰/۰۲۱۲	۰/۰۲۶۶	۰/۰۳۳۲	۰/۰۴۱۵	۰/۰۵۱۶	۰/۲۱۴۴
۲۰	۰/۰۰۳۹	۰/۰۲۴۳	۰/۰۳۰۴	۰/۰۳۸۰	۰/۰۴۷۴	۰/۰۵۹۰	۰/۰۷۳۱	۰/۲۸۳۳
۲۵	۰/۰۰۵۶	۰/۰۳۴۶	۰/۰۴۳۱	۰/۰۵۳۷	۰/۰۶۶۷	۰/۰۸۲۵	۰/۱۰۱۷	۰/۳۶۲۱
۳۰	۰/۰۰۸۰	۰/۰۴۸۳	۰/۰۶۰۰	۰/۰۷۴۴	۰/۰۹۱۹	۰/۱۱۳۰	۰/۱۳۸۲	۰/۴۴۵۵
۳۵	۰/۰۱۱۱	۰/۰۶۶۳	۰/۰۸۲۰	۰/۱۰۱۱	۰/۱۲۴۰	۰/۱۵۱۳	۰/۱۸۳۳	۰/۵۲۹۳
۴۰	۰/۰۱۵۳	۰/۰۸۹۴	۰/۱۱۰۰	۰/۱۳۴۵	۰/۱۶۳۸	۰/۱۹۷۸	۰/۲۳۶۷	۰/۶۰۸۸

Based on freshwater equilibrium constants (Emerson et al., 1975). (A.D.R)

جدول ٦-٣ ـ غلظت آمونیاک غیر یونیزه در شوری (5 ـ 40g/kg)

pH								
درجه حرارت (C)	۷/۰	۷/۸	۷/۹	۸/۰	۸/۱	۸/۲	۸/۳	۹/۰
۵	۰/۰۰۰۷	۰/۰۰۴۳	۰/۰۰۵۴	۰/۰۰۶۸	۰/۰۰۸۵	۰/۰۱۰۷	۰/۰۱۳۵	۰/۰۶۴۱۰
۱۰	۰/۰۰۱۰	۰/۰۰۶۴	۰/۰۰۸۱	۰/۰۱۰۱	۰/۰۱۲۷	۰/۰۱۶۰	۰/۰۲۰۰	۰/۰۹۲۸
۲۰	۰/۰۰۲۲	۰/۰۱۳۶	۰/۰۱۷۱	۰/۰۲۱۵	۰/۰۲۶۹	۰/۰۳۳۶	۰/۰۴۱۹	۰/۱۷۹۸
۲۵	۰/۰۰۳۱	۰/۰۱۹۵	۰/۰۲۴۴	۰/۰۳۰۵	۰/۰۳۸۱	۰/۰۴۷۵	۰/۰۵۹۱	۰/۲۳۹۴
۳۰	۰/۰۰۴۴	۰/۰۲۷۴	۰/۰۳۴۳	۰/۰۴۲۸	۰/۰۵۳۲	۰/۰۶۶۱	۰/۰۸۱۸	۰/۳۰۸۸
۳۵	۰/۰۰۶۲	۰/۰۳۸۱	۰/۰۴۷۵	۰/۰۵۹۱	۰/۰۷۳۳	۰/۰۹۰۵	۰/۱۱۱۴	۰/۳۸۵۸
۴۰	۰/۰۰۸۶	۰/۰۵۲۱	۰/۶۴۷	۰/۰۸۰۱	۰/۰۹۸۸	۰/۱۲۱۳	۰/۱۴۸۱	۰/۴۶۶۵

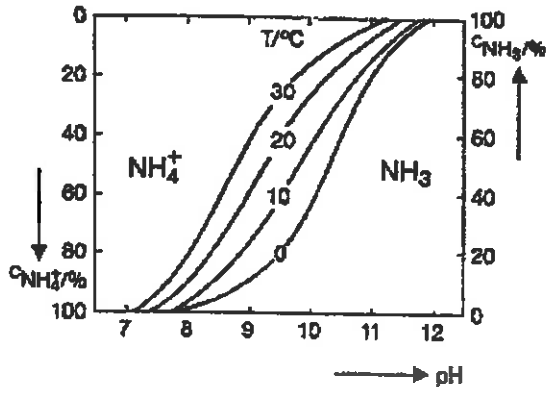
Saltwater data from Khoo et al. (1977), Salinity and the equation for the computation of ionic strenght (Whitfield, 1974). Converted to the NBS pH Scale by addition of 0.149 to freshwater negative logarithm of the equilibrium constants (Bates, 1975). (A.D.R)

$NH_3 - N =$ (آمونیاک غیر یونیزه) (مجموع ازت آمونیاکی)

مثال: در یک تانکر آب شور (۳۵ppt) در حرارت ۲۵ درجه سانتیگراد pH=۸/۲ مجموع ازت آمونیاکی ۰/۴mg/l است. غلظت آمونیاک غیر یونیزه در تانکر چه مقدار است؟

$NH_3 - N = (۰/۰۴۷۵)\,(۰/۴) = ۰/۰۱۹mg/l = ۱۹\mu g/l = ۱۹ppb$

آمونیوم برای گیاهان آبزی یک ماده مغذی محسوب می‌گردد. ولی آمونیاک از گازهای شدیداً سمی برای آبزیان است. آمونیوم در استخرهای پرورش ماهی، از طریق پدیده دنیتریفیکاسیون، نیترات، نیتریت و همچنین دفع مواد زائد جانوران آبزی و تجزیه مواد آبی حاصل می‌شود. همانگونه که ذکر شد آمونیوم در استخرهای با نوسان شدید pH ناشی از فعالیت‌های زیاد فتوسنتز و کاهش CO_2 در آب در استخرهای متراکم پرورش ماهی، اغلب موجب مرگ و میر ماهیان می‌گردد. (شکل ۲) *(Merck, 1991)*



شکل ۲ـ رابطه فراوانیِ آمونیاک در *pH* و حرارتهای متفاوت *(Merck, 1991)*

برخلاف نیتریفیکاسیون، در شرایط بی هوازی در رسوبات، باکتریها نیتروژن معدنی را احیا نموده، که به‌آن پدیده دنیتریفیکاسیون گفته می‌شود. این باکتریها، اغلب اشکال اکسید نیتروژن را به‌جای اکسیژن مصرف می‌نماید، که به‌این فرآیند تنفس نیترات نیز می‌گویند. در این پدیده نهایتاً ازت گازی به‌صورت فرآورده متابولیسمی از سیستم خارج می‌گردد.

در محیطها آبی تثبیت ازت توسط پاره‌ای از جلبکها در آب انجام می‌شود. سرعت تثبیت باکاهش ازت آب و افزایش فسفر ازدیاد می‌یابد. به‌طور کلی چهارده جنس از جلبکهای سبز ـ آبی غیر هتروستیوز، قادر به‌تثبیت ازت هستند.

مجموعه ویژگیهای موجود در چرخه ازت سبب شده است که علی رغم نیاز بیشتر گیاهان به‌ازت در مقایسه با فسفر، کودهای فسفره نقش تعیین کننده‌ای در افزایش تولید اولیه ایفا نمایند.

اوره دفعی در سیستم‌های آبی تحت تأثیر هیدرولیز باکتریایی به‌آمونیاک و دی‌اکسیدکربن تبدیل می‌شود.

نقش کوددهی در تولیدات اولیه

بدون شک، مهمترین تأثیر کوددهی در استخرهای پرورش ماهی، افزایش فیتوپلانکتونها می‌باشد، به‌طوری که استخرهای کوددهی شده از نظر میزان فیتوپلانکتونها و همچنین کلروفیل، در

مقایسه با استخرهای شاهد افزایش چشمگیری را نشان می‌دهند.

گرچه کوددهی منجر به‌افزایش جامعه فیتوپلانکتونی می‌گردد، ولی هیچ گونه کنترلی بر روی ترکیب و تنوع گونه‌ای وجود ندارد. برخی از جنس‌ها، نسبت به‌دیگران در استخرها، مطلوبترند، گونه‌هایی که به‌طور ناگهانی و توده‌ای می‌میرند بوی بد تولید می‌نمایند.

بر اثر افزایش فیتوپلانکتونها در استخر، زئوپلانکتونها و همچنین نیتوزها توسعه می‌یابند. اندازه‌گیریهای مختلف درکشورهای زیادی بر روی استخرهای کوددهی شده حاکی از افزایش معادل ۵ تا ۲۰ برابر در مقایسه با استخرهای شاهد را نشان می‌دهد. از آنجا که ماکروفیت‌ها اغلب مواد معدنی خود را از رسوبات تهیه می‌نمایند. بدین جهت قادرند در آبهای با غلظت ناچیز مواد مغذی زندگی نمایند.

وجود ماکروفیت‌ها اعم از جلبک‌ها، آنژیواسپرم‌های شناور، برگ شناور و غوطه ور، منجر به‌بروز مشکلات اکولوژیک متعددی در استخر، نظیر رقابت غذایی با فیتوپلانکتونها، حفاظت از ماهیان هرز، مشکلات صید ورزشی و نقصان اکسیژن محلول در آب می‌گردند.

کدورت آب ناشی از کوددهی در استخرهای پرورش ماهی سبب سایه انداختن، کاهش نفوذ نور و از بین رفتن گیاهان ماکروفیت می‌شود. بنابراین عمق دید صفحه سکشی شاخص خوبی برای وضعیت گیاهان آبزی در یک اکوسیستم می‌باشد.

عمق دید کمتر از ۴۵cm، تأثیر منفی شدیدی بر فعالیت ماکروفیت‌ها می‌گذارد.

پاره‌ای از محققین کود مخلوط با ترکیب ۵ ـ ۲۵ ـ ۲۰ را به‌میزان ۴۵kg در هکتار و ماهانه، روش خوبی برای ریشه‌کن کردن گیاهان ماکروفیت می‌دانند. عمق دید صفحه سکشی مشروط بر آنکه، ناشی از کدروت پلانکتونی باشد، معیار خوبی برای کوددهی تلقی می‌شود. میزان عمق دید در استخرها تابعی از گونه‌های پرورشی است. برای ماهیانی نظیر تیلاپیا که در مقابل کمبود اکسیژن مقاومت بیشتری دارند، عمق دید cm ۴۰ ـ ۱۵ مطلوب می‌باشد.

در کوددهی‌های موفق باید در هر مرحله کوددهی، عمق دید بر اثر تراکم فیتوپلانکتونی کاهش یابد. در برخی از نواحی، ویژگیهایی شیمیایی آب (سختی آب) سبب می‌گردد تا کدورت آب کاهش یابد. به‌عنوان مثال: آبهای غیر سخت در نواحی جنگلی اغلب آلوده به‌مواد هومین دار هستند، در حالی که آبهای حاوی کلسیم و مینزیم زیاد، بعلت رسوب کلوئیدهای آن توسط یونها، فاقد مواد

هوموسی بوده، به‌طوری که قادرند با جمعیت پلانکتونی مشابه عمق دید صفحه سکشی را تا دو برابر افزایش دهند.

تجویز کود در استخرها

نتایج مطالعات محققین در کشورهای مختلف حاکی از ضرورت قطعی فسفر در کوددهی، غیر ضروری بودن پتاسیم و واکنش اندک نسبت به‌ازت می‌باشد. بهرحال در رابطه با استفاده از کودهای ازته، باید مشخص گردد، استخر، نیاز به‌ازت دارد یا مصرف آن اثری در افزایش تولید ندارد.

میزان کوددهی در استخرها یا دریاچه‌های با صید ورزشی باید بر اساس پتانسیل حاصلخیزی اکوسیستم و میزان صید آن صورت گیرد. در مجموع، دریاچه‌های واقع در حوضه‌های آبخیز نظیر چراگاهها، نیاز به کود بسیار کمتری در مقایسه با اراضی جنگلی دارند.

در اغلب موارد تجربه نشان داده است که کوددهی با درجه ۰ ـ ۳ ـ ۱ بهترین نوع کود است. دی آمونیوم فسفات کودی با همین مشخصه می‌باشد. جهت حفظ شکوفایی پلانکتونی در استخرها، نیاز به کوددهی در فاصله زمانی ۱۲ـ۸ روز است.

کوددهی در استخرهای پرورش میگو در کشورهای مختلف از نسبت ۳:۱ تا ۴۵:۱ ازت.به‌فسفر اعمال می‌شود.

روشهای استفاده از کود در استخر

در استفاده از کودهای جامد، در استخرهای پرورش ماهی، نباید در آبهای عمیق اقدام به‌پخش کود نمائیم، زیرا مواد مغذی به‌زیر لایه هیپولیمنیون فرورفته و تا زمان بهم خوردن لایه‌های حرارتی از دسترس فیتوپلانکتونها خارج می‌گردند.

در جلوگیری از تماس کودهای جامد با گل بستر استفاده از طبق یا سطوح کوددهی بسیار موثر است. این سطوح که در اندازه $4m^2$ برای یک استخر، ۴ـ۲ هکتاری کفایت می‌کند، در $40cm$ـ۳۰ بالای سطح آب قرار داشته، که با حل شدن در آب توسط جریان آن پخش می‌گردند. جهت پخش کود در استخر می‌توان از پمپ، اسپری، پاشیدن با دست و یا موتور در خارج از استخر استفاده نمود. در زمان بهره‌گیری از کودهای مایع باید دقت شود که اسپری‌ها و پمپ‌های ضد زنگ بکار گرفته و پس از آن با

مقدار زیادی آب شستشو گردند. جدول شماره ۷-۳ میزان کود مصرفی، رژیم کوددهی استخرهای پرورش میگو را نشان می‌دهد.

جدول ۷-۳- رژیم کوددهی در استخرهای پرورش میگو در کشورهای مختلف

کشور	کود کیلوگرم در هکتار	N:P	منبع
کلمبیا	U(۱۵) + DAp(۴)	۹:۱	*Clifford (unpubl.)*
اکوادور	U(۹-۲۳) + TSP(۰/۲-۳)	۹:۱	*Villaon (1991)*
اکوادور (P)	U(۱۶) + TSP(۸)	۴:۱	*Hirono (1981)*
اکوادور	U(۸-۱۲) + TSP(۴-۶)	۴:۱	*Hirono (unpul)*
اکوادور (E)	U(۲۰) + TSP(۷)	۶:۱	*Figueroa (1991)*
اکوادور (P)	U(۲۲) + TSP(۶)	۸:۱	*Figueroa (1991)*
اکوادور	U(۵/۶) + TSP(۲/۲)	۶:۱	*Figueroa (1991)*
اکوادور	U(۱۵-۳۰) + TSP(۸/۳-۱۷)	۴۵:۱	*Wiggleswoth (1991)*
اندونزی (P)	U(۱۰۰) + TSP(SO -۱۰۰)	۲۴:۱	*Chamberlain (1991)*
اندونزی (P)	U(۱۵۰) + TSP(۷۵)	۲۴:۱	*Ahmad (1989)*
اندونزی	U(۲۵) + TSP(۱۰)	۳:۱	*Ahmad (1989)*
مکزیک (P)	U(۱۵-۳۵) + TSP(۵-۱۲)	۶:۱	*Figueroa (1991)*
پاناما	U(۲۰) + TSP(۱۵)	۷:۱	*DNA (1984)*
فیلیپین (EP)	U(۵۰) + TSP(۵۰)[۱]	۳:۱	*Apud (1989)*
فیلیپین (E)	U(۷) + TSP(۶۵)	۷:۱	*Subosa & Bautista*
آمریکا (P)	U(۲۵) + TSP(۱۵)	۱:۱	*Jaenike (1989)*
آمریکا	U(۲۵) + TSP(۱۵)	۴:۱	*Figueroa (1991)*
آمریکا		۲۰-۳۰:۱	*Asean (1978)*
جهانی	U(۷/۹) + TSP(۲/۶)	۷:۱	*Cook (1991)*
جهانی	U(۲/۵) + TSP(۰/۵)	۱۱:۱	*Cook (1991)*
مشخص نشده	U + TSP	۱۵-۳۰:۱	*Boyd (1989)*

H.C., Clifford, In: J. Wyban, Proc, exlings of the world Aquaculture Society Special Session on Shrimp farming; 1992. (A.D.R)

U : اوره، *DAP* : دی آمونیوم فسفات، *TSP* : تریپل سوپر فسفات، *FTC* : فرتیکام، *AP*: آمونیوم فسفات، *P*: آماده سازی استخر، *E*: استخرهای متراکم

[1] همراه با یک تا دو تن کود مرغی در هکتار

کودهای آلی

کودهای آلی طیف وسیعی از مواد زائد گیاهی نظیر علوفه، برگ، فضولات مایع ناشی از دامداری، فاضلاب کارخانجات چرم، کنسروماهی، تصفیه شکر، فضولات دامی و انسانی، ضایعات سویا، پنبه، بادام زمینی، آفتابگردان و یونجه را شامل می‌شوند. کودهای آلی در مقایسه با کودهای شیمیائی از مواد مغذی بسیار کمتری برخوردارند. به‌طوری که ۱*kg* دی‌آمونیم فسفات (۰ ـ ۴۶ ـ ۱۸) حاوی ازت معادل ۳۶ کیلوگرم فضولات دامی و یا دارای P_2O_5 معادل ۲۳۰*kg* کوددامی است. تجزیه شیمیائی کودهای آلی مطمئن‌ترین روش تعیین مقدار مواد مغذی موجود در آنها می‌باشد. در جدول ۸-۳ نسبت مواد مغذی را در پاره‌ای از کودهای مختلف نشان می‌دهد.

جدول ۸-۳ـ میانگین ترکیب عناصر در کودهای آلی

کود	*C:N*	*N*	*P*	*K*
بوفالو	۱۹	۱/۲۳	۰/۵۵	۰/۶۹
گاو	۱۹	۱/۹۱	۰/۵۶	۱/۴۰
گوسفند	۲۹	۱/۸۷	۰/۷۹	۰/۹۲
بز و گوسفند	ـ	۱/۵۰	۰/۷۲	۱/۳۸
اسب	۲۴	۲/۳۳	۰/۸۳	۱/۳۱
خوک	۱۳	۲/۸۰	۱/۳۶	۱/۱۸
شتر	ـ	۱/۵۱	۰/۱۵	۱/۵۰
فیل	۴۳	۱/۲۹	۰/۳۳	۰/۱۴
ببر	۱۰	۲/۸۲	۳/۱۹	۰/۰۳
شیر	۹	۳/۶۰	۳/۲۱	۰/۰۴
انسان	۸	۷/۲۴	۱/۷۲	۲/۴۱
کود مرغی	۹	۳/۷۷	۱/۸۹	۱/۷۶
کود اردک	۱۰	۲/۱۵	۱/۱۳	۱/۱۵
کود خرگوش	ـ	۱/۷۲	۱/۳۰	۱/۰۸

FAO, Nutrition and Feeding of Farmed Fish and Shrimp, Volume 2: Nutrient Sources and Composition; 1987). (A.D.R)

در میان کوددهی آلی کودهای مرغی در افزایش پلانکتونها اهمیت بیشتری دارند. پاره‌ای از محققین معتقدند، ماهیان با خوردن مستقیم ذرات کود، باکتریها و پروتوزوئرهای همراه آنان را به‌مصرف می‌رسانند.

از اثرات منفی کودهای آلی، تأثیر بر رنگ آب می‌باشد. گرچه این ویژگی نیز به‌نوبهٔ خود برای آبهایی که بیش از حد نیاز روشن هستند، مفید به‌نظر می‌رسد. افزایش شدید *BOD* و نقصان اکسیژن را باید از دیگر اثرات منفی کودهای آلی نام برد. در عوض این کودها می‌توانند به‌عنوان یک منبع مناسب کربن در استخرها مورد مصرف قرار گیرند. جدول شماره ۸-۳، مواد غذایی موجود در برخی از کودهای دامی را نشان می‌دهد.

مصرف کودهای آلی در مقایسه با کودهای شیمیائی در استخرهای پرورش ماهی، بسیار زیادتر است. به‌طوری که کوددهای آلی تا میزان ۳۰ ـ ۱۵ تن در هکتار مصرف می‌گردند.

مشکلات ناشی از کوددهی

موفقیت در کوددهی استخرهای پرورش ماهی مستلزم پاره‌ای از ویژگیهای آب استخر می‌باشد. به‌طوری که آبهای سبک و اسیدی چنانچه قبلاً آهک پاشی نشوند، عکس العمل چندانی نسبت به کوددهی ندارند. گل‌آلود بودن آب استخر، ناشی از ذرات رس یا هومین سبب کاهش نفوذ نور در استخر و موفقیت کوددهی را کاهش می‌دهند. وجود علف‌های هرز ماکروفیت تا زمانی که تحت کنترل در نیایند، بخش عمده‌ای از مواد مغذی کود را جذب می‌کنند.

علاوه بر این شکوفائی بیش از حد پلانکتونها ناشی از کوددهی در آب، به‌دلیل مصرف بسیار زیاد اکسیژن و نوسانات آن ممکن است منجر به‌مرگ ماهیان گردد. این تلفات بویژه در استخرهایی که سطح آنها آنان در زمستان یخ‌زده و اکسیژن محلول تا حد مرگ‌آوری برای ماهیان کاهش می‌یابد دیده می‌شود. لذا کوددهی در این استخرها می‌تواند، منجر به‌مرگ زمستانه گردد. بنابراین جهت کوددهی موفقیت‌آمیز باید شرایط آب استخر، قبل از کوددهی مورد تجزیه و بررسی قرار گرفته و در صورت نیاز به‌آهک، همراه با کوددهی تواماً انجام شود. کنترل *pH* ناشی از فعالیت انبوه فیتوپلانکتونها و نوسانات اکسیژن و افزایش آمونیاک از دیگر مسائل عمده‌ای است که در حین کوددهی در استخرهای پرورش ماهی باید مورد توجه قرار گیرد.

بیماری نکروز آبششی

آمونیوم در آب در پروسه اکسیداسیون بیولوژیکی به‌نیتریت و نیترات طی واکنش زیر تبدیل می‌گردد:

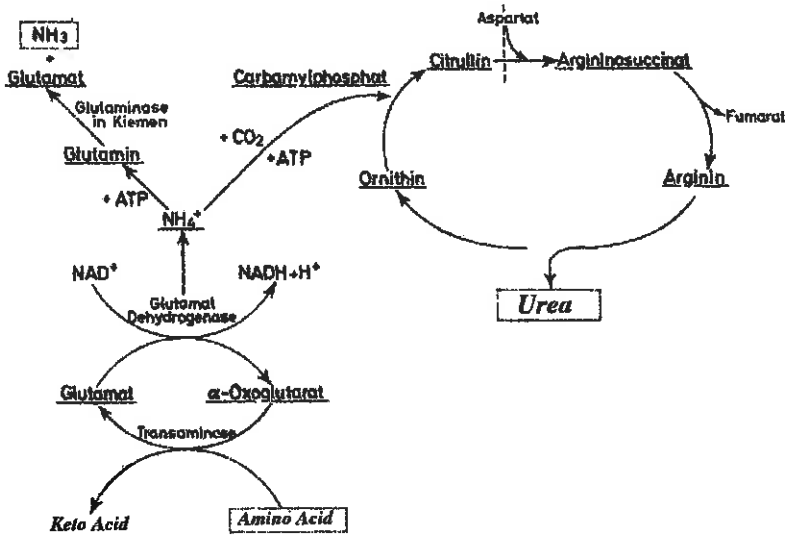
$$NH_4^+ + 1\frac{1}{2}O_2 \rightarrow NO_2^- + H_2O$$

$$NO_2^- + \frac{1}{2}O_2 \rightarrow NO_3^-$$

از تجزیه پروتئین و واحد سازنده آن یعنی اسیدهای آمینه و اوره به‌کمک آنزیم *Urease* آمونیاک و دی‌اکسیدکربن تشکیل می‌گردد.

$$O=C(NH_2)(NH_2) + H2O \xrightarrow{\text{urease}} 2NH_3 + CO_2$$

در حرارت‌های بالا بخشی از آمونیاک موجود در آب تبخیر می‌گردد. ماهیان از موجودات آمونولتیک محسوب می‌شوند. به‌طوری که مواد ازته اضافی طی مکانیزم پیچیده‌ای به آمونیاک تبدیل و از طریق برانشی دفع می‌شود.



شکل ۳ـ نحوهٔ دفع ترکیبات ازته در ماهیان

گرچه سابقاً تصور بر این بود که ماهیان صرفاً آمونولتیک هستند ولی بر اساس مطالعات جدید مشخص شده است که ماهیان قادر به‌سنتز اوره از طریق کلیه نیز می‌باشند. به‌طوری که حدود ۲۰-۱۰٪ ترکیبات ازته به‌صورت اوره و ۹۰-۸۰٪ آن به‌صورت آمونیاک دفع می‌شود. (شکل ۳) *(Korting, 1976)*

بیماری نکروز آبششی در ماهیان (بویژه کپور ماهیان) ناشی از افزایش *pH* و آمونیاک در آب است که سبب مرگ و میر ماهیان در استخرهای پرورش ماهی بویژه در شرایط متراکم می‌گردد. علائم این بیماری با تورم آبشش شروع و در ادامه با هیپر آمی و دفع مواد لزجی، کم‌خونی و سرانجام نکروز شدن تمامی آبشش و مرگ ماهی خاتمه می‌یابد. این بیماری اغلب با تلفات زیاد همراه است.

بیماری نکروز آبششی بیش از ۷۰ سال است که در آلمان شناخته شده است، اولین گزارشها در لهستان در سال ۱۹۵۶ و شوری سابق ۱۹۵۷ گزارش شده است.

این بیماری در تمامی رده‌های سنی ماهیان دیده می‌شود. مطالعات نشان می‌دهد علاوه بر استخرهای متراکم در تأسیسات ماهیان گرم‌آبی نیز در فصول مختلف مشاهده شده است.

گرچه بیشترین بیماری نکروز آبششی در کپور ماهیان گزارش شده است. ولی گونه‌های دیگری نظیر ماهی حوض، بارش، قزل‌آلا و... در شرایط نامساعد به‌این بیماری دچار می‌گردند که بیش از همه متأثر از عوامل محیطی می‌باشد. *(Bohl, 1978)*

علاوه بر آمونیاک پاره‌ای از ارگانیزم‌های موجود در آب نیز عامل بیماری نکروز آبششی در ماهیان بوده که نام برخی از آنان به‌شرح زیر است.

Branchiomyces sanguinis

Myxobacter

Dermocystidium

Myxobolus

Sphaerospora carassii kudo

Sanguinicola

Mucophilus cyprini

Pilz candia

دانشمندان آلمان تحقیقات زیادی در رابطه با بیماری نکروز آبششی و عوامل نامساعد زیست محیطی را انجام و اثبات نموده‌اند که در کنار افزایش یا کاهش pH افزایش مواد آلی، کمبود اکسیژن، نوسانات شدید حرارتی، به‌هم خوردن تعادل یونی و همچنین کودهای ازته وافزایش شدید گیاهان از جمله عوامل بیماری است. بویژه آنکه این بیماری عمدتاً ۳ تا ۵ هفته پس از کوددهی با فسفر و ازت ظاهر می‌شود. در تحقیقات آزمایشگاهی در آکواریوم در pH ۱۰/۵-۱۰ چندین ساعت پس از تماس ماهی با آمونیاک مسمومیت ظاهر گشته و منجر به‌بیماری نکروز آبششی می‌گردد. دفع ترکیبات ازته (آمونیاک) از طریق آبشش متأثر از pH آب و آمونیاک موجود در آب می‌باشد. به‌طوری که با افزایش pH آب دفع آمونیاک از خون متوقف می‌شود. بدون آنکه این ممانعت از طریق کلیه برطرف گردد. رفتار آمونیاک در ماهی و آب می‌تواند در یکی از حالات سه‌گانه زیر ظاهر شود.

الف) دفع طبیعی

در زمانی که pH آب کمتر از pH خون ماهی (۷/۵-۷/۳) باشد، انتقال مولکول NH_3 از خون به‌آب به‌آسانی انجام می‌شود و هیچگونه مشکلی برای ماهی وجود ندارد. زیرا آمونیاک موجود در آب نیز به‌شکل آمونیوم غیرسمی باقی می‌ماند.

ب) اختلال در دفع

چنانچه pH آب بیشتر از pH خون ماهی باشد حتی در غیاب آمونیاک در آب، انتقال مولکول آمونیاک از خون به‌آب تا حد بلوکه شدن کامل پیش می‌رود. $pH > ۱۰/۵$ در ادامه چنین وضعیتی افزایش تدریجی آمونیاک در خون سبب مسمومیت داخلی می‌گردد.

ج) سمیت کامل

در شرایطی که حضور آمونیاک در آب به‌واسطه pH و ترکیبات ازته فراوان موجود باشد، نه تنها دفع از طریق خون متوقف شده است بلکه یک جریان برعکس ورود آمونیاک به‌خون صورت می‌گیرد.

شدت مسمومیت تابعی از غلظت آمونیاک در آب و مدت تماس است. در مسمومیت‌های حاد تا ۱۰۰٪ تلفات در ماهیان کوچک دیده شده است. اثرات مزمن در شرایط نامساعد استخر نیز می‌تواند منجر به‌تلفات گردد.

اگر ماهیان آسیب‌دیده در مراحل اولیه در آب تازه و pH محدودهٔ ۷ نگهداری شوند بهبودی پیدا می‌نمایند. زیرا در شرایط مناسب دفع آمونیاک از خون بسهولت انجام می‌شود.

بیماری نکروز آبششی در آغاز با پرخونی شدید موضعی همراه با تشکیل نقاط سیاه متمایل به‌بنفش بر روی آبشش مشاهده می‌شود. که در ادامه با تورم کامل آبشش و دفع مقدار زیاد مواد لزجی همراه است. از نظر بافت‌شناسی می‌توان در این مرحله افزایش سلولهای سازنده در مواد لزجی را اندازه‌گرفت. از دیگر علائم می‌توان تغییر شکل سلولهاو لایه‌ای شدن لایهٔ پوستی و افزایش گلبولهای قرمز را نام برد.

خونریزی بافتها و همچنین شیوع گلبولهای سفید همراه با گرانولوسیت، کاهش هموگلوبین و هماتوکریت و بیرنگی گلبولهای قرمز (کمبود آهن) از علائم پیشرفته بیماری نکروز آبششی می‌باشد.

میزان MCV (میانگین حجم گلبولهای قرمز) در شرایط حاد به ۲۵۵ در میکرولیتر می‌رسد. در حالی که مقدار طبیعی آنها در محدود ۲۹۰-۲۷۰ در نوسان است.

در شرایط طبیعی میزان آمونیاک اندازه‌گیری شده در خون نباید از $100-250 \mu g\ NH_3/100cc$ سرم خون بیشتر باشد. در حالی که در شرایط مسمومیت $300-500 \mu g\ NH_3/100cc$ و در شرایط حاد تا $400-700 \mu g\ NH_3/100cc$ نیز می‌رسد.

از تغییرات ماکروسکوپی مرفولوژیک می‌توان ظاهر شدن ناگهانی دانه‌های سیاه با لکه‌های مرمری را در تمامی بدن ماهی مشاهده نمود. خونریزی از باله، افزایش تواتر تنفسی و دیگر تغییرات رفتاری نحوهٔ شنا، قرار گرفتن به‌پهلو و نهایتاً مرگ از علائم مراحل پیشرفته بیماری نکروز آبششی است.

جهت مبارزه با بیماری نکروز آبششی ناشی از آمونیاک، باید عوامل زیست محیطی حاصل از افزایش آن راکاهش دهیم. که می‌بایست بر اساس برنامه‌های صحیح مدیریتی در استخرهای پرورش انجام گیرد. بهرحال بعنوان اقدامات فوری می‌توان از ترکیبات زیر استفاده نمود: ۱ـ آهک کلره، ۱۰ الی ۱۵ کیلوگرم در هکتار، ۳ تا ۵ دفعه در فواصل دو روز. افزایش آهک به‌میزان kg ۲۰، قادر به‌آسیب رسانی به‌پوست ماهی است. تأثیر آهک کلره، احتمالاً ناشی از ترکیب کلر و آمونیاک و تشکیل کلر آمین می‌باشد.

۲ـ متیلن بلو: یک کیلوگرم در هر تن ماهی، ۸ هفته، در فواصل ۲ تا ۴ روز.

۳ـ مونوکارآمین در تأسیسات آب گرم، $10\ ml/_{lit}$، یک الی سه ساعت در سه روز متوالی.

در اقدامات طولانی که بر پایه کاهش مواد غذایی و همچنین سیستم پایدار استوار است باید

الف) کاهش تناسب کوددهی جهت مهار تولید اولیه. همچنین استفاده از چندکشتی، به‌ویژه ماهی فیتوفاگ جهت بهبود O_2 و کاهش pH

ب) برداشت سطوح بالایی لجن استخر به‌ضخامت cm ۱۰.

ج) از آنجایی که در شرایط مناسب استخر (معدنی) فعالیت باکتریها تشدید و CO_2 بیشتری آزاد خواهد شد، لازم است نسبت به‌آهک پاشی مناسب در بستر استخر اقدام نمود. اگرچه در شرایط حاد از جلبک‌کش استفاده می‌گردد، ولی این مسئله سبب مصرف زیاد O_2 آب می‌شود. از طرفی سولفات مس قابلیت بالای ذخیره سازی در بدن ماهی را دارد. از دیگر اقدامات پاشیدن آب در سطح استخر و همچنین دمیدن CO_2 به‌میزان kg ۱۹ در هکتار استخرهای به‌عمق یک متر است. سایه انداختن و کاهش نور نیز سبب بهبود وضعیت می‌گردند.

حد قابل تحمل آمونیاک برای کپورماهیان ppm ۲ و برای آزاد ماهیان ppm ۰/۲ تعیین شده است، ولی پاره‌ای از محققین حد مجاز آن را ۱۰ برابر کمتر از این مقدار ذکر نموده‌اند.

فصل سوم

آهک پاشی

مقدمه:

همانگونه که در تجزیه اجزاء زی‌توده آبی آمده است، کربن اصلی‌ترین عنصر در تولید اولیه محسوب می‌شود، که نسبت آن در مقایسه با فسفر ۱ = ۱۰۶ و در مقایسه با ازت ۱۶=۱۰۶ می‌باشد. بنابراین بدون شک موفقیت بالا در افزایش تولید اولیه در استخرهای پرورش ماهی؛ تأمین مقدار کافی و مطلوب کربن در کنار فسفر و ازت است.

کربن در اکوسیستم‌های آبی به‌صورت CO_2 در مرحلهٔ فتوسنتز، اساس مواد اولیه را تشکیل می‌دهد. کربن در آب به‌صورت یکی از اشکال چهارگانه زیر یافت می‌شود، که به‌طور مختصر در خصوص هر یک توضیح داده خواهد شد:

۱ـ دی اکسیدکربن(CO_2 آزاد)　　۳ـ بی کربنات (HCO_3^-)

CO_2 پیوسته

۲ـ اسیدکربنیک (H_2CO_3)　　۴ـ کربنات (CO_3^{-2})

جلبک‌های معلق و گیاهان آبزی قادرند بدون هیچ گونه مشکلی از CO_2 آزاد آب استفاده نمایند. زیرا بدون بار الکتریکی قادرند به‌آسانی از دیواره سلولی عبور کنند. تنها پاره‌ای از جلبکها و گیاهان

آبزی اختصاصی از مکانیسمی برخوردارند که قادر به‌جذب بی‌کربنات نیز می‌باشند. زیرا در این حالت یک تبادل یونی، هیدروکسیل ($O\bar{H}$) در مقابل بی‌کربنات (HCO_3-) انجام می‌گیرد این تبادل یونی، جهت حفظ تعادل باراکتریکی لازم است. مصرف CO_2 آزاد در آب، سبب می‌شود تا رابطهٔ تعادلی آن با بی‌کربنات بهم خورده، آب در جهت قلیایی شدن پیش رود. در چنین شرایطی مصرف بی‌کربنات افزایش یافته و متناسب با آن یون هیدروکسیل آزاد خواهد شد. حذف هر دو واحد یون بی‌کربنات در آب، تشکیل یک واحد یون کربنات را به‌دنبال دارد. براساس دانش گیاهشناسی استفاده مستقیم از کربنات، توسط گیاهان وجود ندارد، گرچه برخی از پژوهشگران چنین امکانی را توسط گیاه آبزی *Eladoa* ممکن می‌دانند.

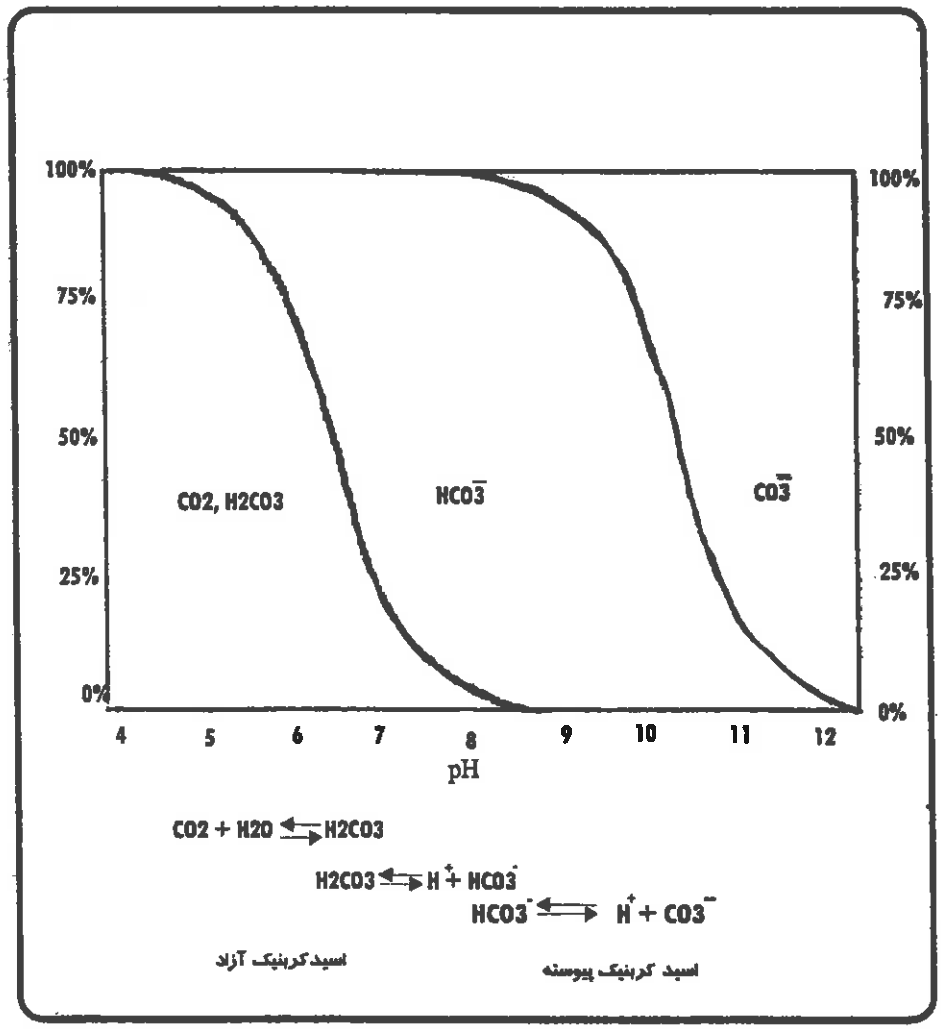
$$2HCO_3^- \longrightarrow CO_3^{-2} + H_2O + CO_2$$

دی اکسید کربن گازی است که از حلالیت بالایی در آب برخوردار است. ولی از آنجائی که در هوا تنها ۰/۰۳٪ حجمی را تشکیل می‌دهد، بنابه قانون هنری، میزان انحلال از طریق اندرکنش هوا در آب، کم و در مقایسه با ازت و اکسیژن بسیار ناچیز است. در جدول شماره ۴ نسبت انحلال گازها را در دمای ۲۰ درجه سانتیگراد نشان می‌دهد. *(Sontheimer et.al, 1980)*

جدول ۴ـ انحلال ازت، اکسیژن و دی‌اکسید کربن در آب در $20\dot{C}$

گاز	درصد حجمی در	مول/مترمربع	غلظت در	غلظت حجمی
	هوا	mol/m^2	آب g/m^3	در آب
ازت	۷۸/۰۳	۰/۵۳۹	۱۵/۰۹	۶۴/۳
اکسیژن	۲۰/۹۳	۰/۲۸۷	۹/۱۸	۳۴/۳
دی‌اکسیدکربن	۰/۰۳	۰/۰۱۲	۰/۵۱	۱/۴

همانگونه که در جدول مشخص است، افزایش تدریجی pH از مهمترین پیامدهای واکنشهای یاد شده است. رسوب تدریجی کربنات کلسیم. حاصل از واکنشهای فتوسنتزی در آب، را حذف بیولوژیکی آهک می‌گویند. در حقیقت این رسوب تدریجی ناشی از بهم خوردن تعادل یونی کربنات و کلسیم در شرایط pH موجود در آب و رسیدن به ثابت تعادل جدید است. شکل ۴ رابطه فراوانی اشکال کربن در آب را نشان می‌دهد. *(Bauer 1991)*



شکل ۴ـ رابطه فراوانی و اشکال کربن در آب *(Bauer, 1991)*

تعادل آهک

تعادل آهک در آب ناشی از رفتار متقابل آهک و اسیدکربنیک در آب می‌باشد.

$$CaCO_3 \text{ (جامد)} \longrightarrow Ca^{2+} + CO_3^{2-} \qquad [Ca^{2+}]\,[CO_3^{2-}]=KL \qquad (۱)$$

یونهای کربنات ناشی از $CaCO_3$ موجود در آب، در سیستم تعادلی کربنات شرکت نموده و از طریق جذب یک یون هیدروژن مثبت به بی‌کربنات تغییر می‌یابند.

$$CO_3^{2-} + H^+ \longrightarrow HCO_3^- \qquad (۲)$$

یون هیدروژن مثبت از تغییر شکل اسید کربنیک به‌بی‌کربنات حاصل می‌گردد.

$$CO_2 + H_2O \longrightarrow H_2CO_3 \longrightarrow HCO_3^- + H^+ \qquad (۳)$$

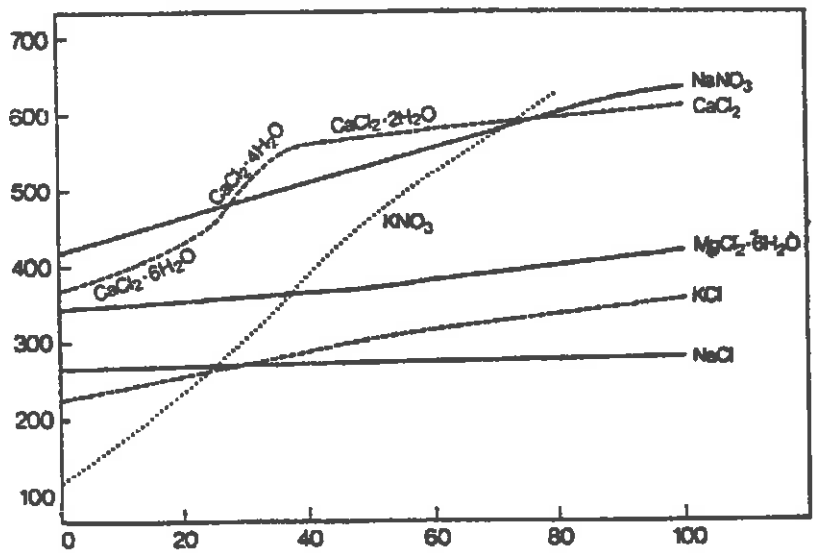
مقدار مشابهی یون بی‌کربنات همزمان از یون کربنات و اسید کربنیک کسب می‌شود.

$$CaCO_3 + CO_2 + H_2O \longrightarrow Ca^{2+} + CO_3^{2-} + H_2CO_3 \longrightarrow Ca^{2+} + HCO_3^-$$

انحلال آهک در آب، مادامی که یون هیدروژن ناشی از اسیدکربنیک جهت تبدیل بی‌کربنات موجود باشد، ادامه می‌یابد. در ازای تشکیل دو یون بی‌کربنات در آب، یک یون کربنات حاصل می‌گردد. در خلال انحلال آهک بستر در آب غلظت یون بی‌کربنات و یون کلسیم افزایش می‌یابد، بطوریکه یونهای کربنات و کلسیم در سیستم تعادل جدید قرار گرفته و انحلال آهک در آب متوقف می‌گردد. تصویر شماره ۵ و جدول شماره ۱-۴ میزان انحلال برخی از نمکها در آب را در حرارتهای مختلف نشان می‌دهد. *(Sontheimer et.al, 1991)*

جدول ۱ – ۴ـ انحلال برخی از نمکها در آب

نام ترکیب	انحلال g/kg	انحلال mg/kg	حرارت C
چیپس $CaSO_4$	۱/۹۹	۲×۱۰^{-۱}	۲۰
کلسیت $CaCO_3$	$۱/۴ \times ۱۰^{-۱}$	$۱/۴ \times ۱۰^{-۴}$	۲۰
مگنزیت $MgCO_3$	$۱/۰ \times ۱۰^{-۱}$	$۱/۲ \times ۱۰^{-۳}$	۲۵
سیدریت $FeCO_3$	$۶/۷ \times ۱۰^{-۲}$	$۵/۸ \times ۱۰^{-۴}$	۲۵
باریت $BaSO_4$	$۲/۵ \times ۱۰^{-۳}$	$۱/۱ \times ۱۰^{-۵}$	۲۰



شکل ۵ـ منحنی انحلال نمکها در آبها

عوامل تعیین کننده در مصرف آهک

از مهمترین پارامترهای شیمیائی آب در تنظیم میزان آهک‌پاشی در استخرها، قلیائیت آب می‌باشد، که اغلب پرورش دهندگان ماهی آن را با سختی آب یکسان می‌دانند.

علی‌رغم مشابهت بسیار زیاد سختی و قلیائیت، در پاره‌ای از موارد هیچ گونه ارتباطی با یکدیگر نداشته و برخلاف اهمیت قلیائیت در افزایش تولید، سختی آب تأثیر چندانی ندارد. بنابراین لازم است. تفاوت سختی و قلیائیت و همچنین ارتباط این دو را با یکدیگر مشخص نمائیم، تا در محاسبات عملی آهک پاشی دچار خطا نگردیم.

سختی آب:

عامل تشکیل سختی آب، کاتیونهای گروه قلیایی و قلیائی خاکی می‌باشند. از آنجایی که عناصر استرانسیوم و باریوم ندرتاً و به‌میزان بسیار کمی در آبها یافت می‌شوند، سختی آب عمدتاً مربوط به کاتیونهای کلسیم و منیزیم می‌گردد.

سختی کل عبارت است از مجموع سختی حاصل از یونهای کلسیم و منیزیم در آب در اشکال کربنات یا غیر کربنات.

سختی منیزیم + سختی کلسیم = سختی کل

سختی کربنات عبارت است از سختی ناشی از غلظت کربنات و $\frac{1}{2}$ غلظت بی‌کربنات

سختی بی‌کربنات $\frac{1}{2}$ + سختی‌کربنات = سختی کربنات

سختی غیرکربنات عبارت است از سختی ناشی از غلظت آنیونهای غیر از کربنات و بی‌کربنات که عمدتاًاز نوع سولفات و گاهاً نیترات می‌باشند. سولفات کلسیم (ژیپس) از مهمترین عوامل تشکیل دهندهٔ سختی غیر کربناتی در آب است. چنانچه در آب میزان یونهای کربنات و بی کربنات، بیشتر از غلظت یونهای کلسیم و منیزیم باشد، سختی کل به‌صورت کربنات ظاهر می‌شود.

معیار اندازه گیری سختی بر حسب مول بر متر مکعب است. در کشورهای مختلف واحدهای متفاوتی را برای اندازه‌گیری معیار سختی انتخاب نموده‌اند، که پاره‌ای از آنها به‌شرح زیر است:

معیار سختی آب در کشور آلمان (dh)[1]

مبنای اندازه‌گیری سختی در کشور آلمان *cao* آهک زنده یا سوزان می‌باشد که در آن (۱) معادل ۱۰*gr* اکسید کلسیم در متر مکعب آب است.

$$۱\ dh = ۱۰\ g\ cao/m^3 \qquad M\ (cao) = ۵۶\ g/mol$$

$$۱\ mol\ cao/m^3 = ۵/۶\ dh$$

یا

$$۰/۱۷۹\ mol\ cao/m^3 = ۱\ dh$$

معیار سختی آب در کشور انگلستان: (eh)[2]

در کشور انگلیس معیار برحسب کربنات کلسیم بیان می‌گردد.

$$۱\ eh = ۱۰\ g\ caco_3/۰/۷\ m^3 \qquad M\ (caco_3) = ۱۰۰\ g/mol$$

$$۱\ mol\ caco_3/m^3 = ۷/۰۲\ eh$$

و یا

$$۰/۱۴۳\ mol\ caco_3/m^3 = ۱\ eh$$

معیار سختی آب در کشور فرانسه (fh)[3]

اندازه‌گیری سختی در کشور فرانسه نیز مشابه انگلستان اندازه‌گیری سختی بر اساس کربنات کلسیم است.

$$۱\ fh = ۱۰ g\ caco_3/m^3 \qquad M(caco_3) = ۱۰۰ g/mol$$

$$۱\ mol\ caco_3/m^3 = ۱۰\ fh$$

و یا

$$۰/۱\ mol\ caco_3/m^3 = ۱۰\ fh$$

---

1. dh deutsch haertegerad
2. english hardness
3. france hardness

معیار اندازه‌گیری سختی آب در کشور آمریکا

اندازه‌گیری سختی در کشور آمریکا، بر حسب *ppm* کربنات کلسیم در آب می‌شود.

$۱\ mol\ \ caco_3/m^3 = ۱۰۰\ ppm$

$۰/۰۱\ mol\ \ caco_3/m^3 = ۱\ ppm$

جدول ۲ – ۴ـ نحوه تبدیل سختی با معیارهای مختلف جهان *(Sontheimer et.al, 1991)*

	mmol/lit	*mval/lit*	سختی آلمان	*ppm* $CaCO_3$	سختی انگلستان	سختی فرانسه
۱*mmol*	۱/۰۰	۲/۰۰	۵/۶۰	۱۰۰/۰	۷/۰۲	۱۰/۰۰
۱*mval*	۰/۵۰	۱/۰۰	۲/۸۰	۵۰/۰	۳/۵۱	۵/۰۰
۱*ppm* $CaCO_3$	۰/۱۸	۰/۳۶	۱/۰۰	۱۷/۸	۱/۲۵	۱/۷۸
۱ درجه سختی آلمان	۰/۰۱	۰/۰۲	۰/۰۶	۱/۰	۰/۰۷	۰/۱۰
۱ درجه سختی انگلستان	۰/۱۴	۰/۲۹	۰/۸۰	۱۴/۳	۱/۰۰	۱/۴۳
۱ درجه سختی فرانسه	۰/۱	۰/۲۰	۰/۵۶	۱۰/۰	۰/۷۰	۱/۰۰

جهت سهولت تبدیل، می‌توان میزان سختی در کشورهای مختلف را با استفاده از فرمول زیر تبدیل نمود.

$۱\ dh = ۱/۲۵\ eh = ۱/۷۹\ fh = ۱۷/۹\ ppm$

بنابراین یک درجه سختی در آلمان معادل ۱/۷۹ در کشور فرانسه، ۱/۲۵، در انگلیس و یا معادل ۱۷/۹*ppm* کربنات کلسیم در کشور آمریکا است. واحد اندازه‌گیری سختی در ایران نیز بر حسب *ppm* کربنات کلسیم محاسبه می‌گردد.

سختی آب را با توجه به‌غلظت املاح تشکیل دهنده آن به آبهای خیلی سبک، سبک، نیمه سخت

و یا خیلی سخت تقسیم بندی می‌نمایند در طبقه بندی آبها از اصطلاحات سخت یا سنگین استفاده می‌گردد.

قلیائیت:

قلیائیت آب در حقیقت، وجود یونهای کربنات را گویند، بنابراین چنانچه آنیونهای تشکیل دهنده سختی آب از نوع کربنات یا بی کربنات بوده و یا بعبارتی سختی از نوع کربنات باشد، متناسب با میزان سختی آب، قلیائیت مشابهی حاصل می‌شود. لذا با افزایش یا کاهش سختی، میزان قلیائیت آب نیز تغییر می‌یابد بهترین نمونه یا مثال آبهای حاوی سنگهای آهکی و یا دولومیت را می‌توان نام برد.

ولی چنانچه عامل تشکیل دهنده سختی آب از نوع سختی غیر کربنات باشد، هیچگونه ارتباط و تشابهی بین سختی و قلیائیت وجود ندارد. به‌عنوان مثال می‌توان از آبهای حاوی مقادیر بالای سولفات کلسیم نام برد که علی رغم سختی زیاد فاقد و قلیائیت می‌باشند. (جداول ۳-۴ و ۴-۴)

در عرصه پرورش ماهی آنچه حائز اهمیت است، قلیائیت آب می‌باشد. زیرا از عوامل مهم نگهداری CO_2 آب می‌باشد. (جداول ۳-۴ و ۴-۴) ضریب تبدیل قلیائیت و میزان انحلال دی‌اکسیدکربن در حرارت و شوریهای متفاوت نشان می‌دهد.

جدول ۳-۴ـ ضریب تبدیل قلیائیت کل به‌میلی‌گرم در لیتر کربن قابل دسترس

درجه‌حرارت (C)						
pH	۵	۱۰	۱۵	۲۰	۲۵	۳۰
۵/۰	۸/۱۹	۷/۱۶	۶/۵۵	۶/۰۰	۵/۶۱	۵/۲۰
۵/۵	۲/۷۵	۲/۴۳	۲/۲۴	۲/۰۶	۱/۹۴	۱/۸۴
۶/۰	۱/۰۳	۰/۹۳	۰/۸۷	۰/۸۲	۰/۷۸	۰/۷۳
۶/۵	۰/۴۹	۰/۴۶	۰/۴۴	۰/۴۲	۰/۴۱	۰/۴۰
۷/۰		۰/۳۱	۰/۳۰	۰/۳۰	۰/۲۹	۰/۲۹
۷/۵	۰/۲۶	۰/۲۶	۰/۲۶	۰/۲۶	۰/۲۶	۰/۲۶
۸/۰	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۴	۰/۲۴	۰/۲۴
۸/۵	۰/۲۴	۰/۲۴	۰/۲۴	۰/۲۴	۰/۲۴	۰/۲۴
۹/۰	۰/۲۳	۰/۲۳	۰/۲۳	۰/۲۳	۰/۲۳	۰/۲۳

C.E: Boyd, water Quality in Pounds for Aquaculture, 1990. (A.D.R)

جدول شماره ۴-۴ـ انحلال دی‌اکسید کربن (میلی‌گرم در لیتر) در آب، در حرارت و شوریهای متفاوت

شوری در هزار									
(C)	۰	۵	۱۰	۱۵	۲۰	۲۵	۳۰	۳۵	۴۰
۰	۱/۰۹	۱/۰۶	۱/۰۳	۱/۰۰	۰/۹۸	۰/۹۵	۰/۹۳	۰/۹۰	۰/۸۸
۵	۰/۸۹	۰/۸۷	۰/۸۵	۰/۸۳	۰/۸۱	۰/۷۹	۰/۷۷	۰/۷۵	۰/۷۳
۱۰	۰/۷۵	۰/۷۳	۰/۷۱	۰/۶۹	۰/۶۸	۰/۶۶	۰/۶۴	۰/۶۳	۰/۶۱
۱۵	۰/۶۳	۰/۶۲	۰/۶۰	۰/۵۹	۰/۵۷	۰/۵۶	۰/۵۴	۰/۵۳	۰/۵۲
۲۰	۰/۵۴	۰/۵۳	۰/۵۱	۰/۵۰	۰/۴۹	۰/۴۸	۰/۴۷	۰/۴۶	۰/۴۵
۲۵	۰/۴۶	۰/۴۵	۰/۴۴	۰/۴۳	۰/۴۲	۰/۴۱	۰/۴۱	۰/۴۰	۰/۳۹
۳۰	۰/۴۰	۰/۳۹	۰/۳۹	۰/۳۸	۰/۳۷	۰/۳۶	۰/۳۵	۰/۳۵	۰/۳۴
۳۵	۰/۳۵	۰/۳۵	۰/۳۴	۰/۳۳	۰/۳۳	۰/۳۲	۰/۳۱	۰/۳۱	۰/۳۰
۴۰	۰/۳۱	۰/۳۰	۰/۳۰	۰/۲۹	۰/۲۹	۰/۲۸	۰/۲۸	۰/۲۷	۰/۲۷

C.E: Boyd, water Quality in Pounds for Aquaculture, 1990. (A.D.R)

اندازه‌گیری قلیائیت

میزان قلیائیت آب، عبارت است از مقدار مصرف اسید کلریدریک ۰/۱ نرمال در تیتراسیون ۱۰۰ میلی لیتر آب تا رسیدن به $pH = ۴/۳$ در حضور معرف متیل اورانژ.

در محاسبه میزان اسید کلریدریک مصرفی باید دقت شود، آبهای با pH بالاتر از ۸ به‌دلیل وجود یون کربنات در آب تا رسیدن به $pH = ۸/۲$ نصف میزان اسیدکلریدریک جهت محاسبه قلیائیت منظور گردد. زیرا اکی والان کربنات ۲ و اسید کلریدریک ۱ می‌باشد.

از آنجایی که هر اکی والان اسید کلریدریک نیاز به‌معادل ۱/۲ یون آهک زنده، آبدیده یا کلسیت دارد، جهت افزایش هر واحد قلیائیت در متر مکعب آب، نیاز به۲۸ گرم CaO ($۲۸ = \frac{۵۶}{۲}$) یا ۳۷ گرم $Ca(OH)_2$، آهک آبدیده ($۳۷ = \frac{۷۴}{۲}$) و یا ۵۰ گرم کربنات کلسیم، کلسیت، $CaCo$ ($۵۰ = \frac{۱۰۰}{۲}$) می‌باشد. بنابراین فراوانی آهک در آب پتانسیل اقتصادی نهفته در آب است که می‌تواند هزینه آهک پاشی در استخر را شدیداً کاهش دهد، بویژه هنگامی که آبهای ورودی از منابع چشمه یا چاه تأمین شده باشند. زیرا این آبها عموماً به‌دلیل تماس زیاد با خاکهای آهکی از قلیائیت بسیار مطلوبی برخوردار بوده و در مقایسه با آب رودخانه‌هایی که از ذوب برفها سرچشمه و در حوضه‌های غیر آهکی جریان می‌یابند. از ارزش بسیار بالاتری برخوردارند.

برای افزایش دو درجه قلیائیت در یک استخر یک هکتاری، با عمق آب ۱m، نیاز به‌مصرف ۵۶۰kg آهک زنده، ۷۴۰ کیلوگرم آهک آبدیده و یا معادل kgکربنات کلسیم وجود دارد.

جهت رسیدن به اعداد فوق از رابطهٔ خنثی‌سازی آهک در مقابل HCl برحسب داده‌های قبلی استفاده شده است:

آهک مورد نیاز (کیلوگرم) = حجم آب استخر (m^3) × میزان افزایش قلیائیت × (۲۸ یا ۳۷ یا ۵۰)/۱۰۰۰

حجم آب استخر = $۱۰۰۰۰ \times ۱ = ۱۰۰۰۰ m^3$

آهک مورد نیاز = $۱۰۰۰۰ \times ۲ \times ۲۸ \div ۱۰۰۰ = ۵۶۰ kg$ آهک زنده

آهک آبدیده $۳۷ \div ۱۰۰۰ = ۷۴۰ kg$

کربنات کلسیم $۵۰ \div ۱۰۰۰ = ۱۰۰۰ kg$

تذکر: از آنجایی که اغلب خاکهای ایران از نوع آهکی می‌باشند، بنابراین عموماً سختی آبها، از نوع کربنات و در نتیجه میزان قلیائیت همانند سختی می‌باشد. و از اینرو اغلب میزان قلیائیت را

سختی آب می‌دانند. در حالی که در احداث استخرهای پرورش ماهی باید کارشناسان، تنها از طریق تجزیه آب تأمین کننده استخر، اطمینان لازم را بدست آورند. زیرا در پاره‌ای از موارد ممکن است هیچ گونه ارتباطی بین این دو وجود نداشته باشد.

رابطه CO_2 ، قلیائیت و PH در آب:

سریعترین روش محاسبه CO_2 موجود در آب، استفاده از میزان قلیائیت و pH آب در زمان نمونه‌برداری است. افزایش قلیائیت، پتانسیل نگه‌داری CO_2 را در آب را افزایش می‌دهد. در قلیائیت مشابه با کاهش pH میزان CO_2 آب شدیداً ازدیاد می‌یابد. برای محاسبهٔ CO_2 می‌توان از فرمول پیشنهادی شرکت *Merck* آلمان استفاده نمود:

ضریب یا فاکتور اصلاحی pH × قلیائیت آب = میزان CO_2 برحسب میلی‌گرم در لیتر

قلیائیت آب را می‌توان براساس، مصرف HCl محاسبه و ضریب pH را از جدول شماره ۵-۴ محاسبه نمود. *(Merck, 1990)*

جدول شماره ۵-۴ـ ضریب اصلاحی در محدودهٔ pH ٦ الی ۸.

pH	فاکتور	pH	فاکتور	pH	فاکتور
۶/۰	۱۱۸	۶/۷	۲۴/۰	۷/۴	۴/۸
۶/۱	۹۴	۶/۸	۱۹/۰	۷/۵	۳/۷
۶/۲	۷۵	۶/۹	۱۵/۰	۷/۶	۳/۰
۶/۳	۵۹	۷	۱۲/۰	۷/۷	۲/۴
۶/۴	۴۷	۷/۱	۹/۴	۷/۸	۱/۹
۶/۵	۳۷	۷/۲	۷/۵	۷/۹	۱/۵
۶/۶	۳۰	۷/۳	۵/۹	۸/۰	۱/۲

همانگونه که در جدول مشاهده می‌شود، CO_2 موجود در یک استخر در pH متفاوت، نوسانات بسیار گسترده‌ای را نشان می‌دهد. به عنوان مثال، موجودی CO_2 موجود در یک آب با pH برابر ۷/۱ و

قلیائیت ۲/۲، براساس فرمول برابر است با:

میزان دی‌اکسیدکربن = ۲/۲ × ۹/۴ = ۲۱mg/lit

در مثال فوق، در pH = ۶/۶ میزان دی‌اکسیدکربن تا ۶۶mg/lit و در pH = ۶/۱ تا حدود ۲۰۰mg/lit هم قابل افزایش می‌باشد در حالی که با زیاد شدن pH در محدودهٔ ۸/۱، این مقدار بتدریج کمتر از ۱mg/lit کاهش می‌یابد. از این رو آبهای با قلیائیت بالا، ظرفیت نگه‌داری مناسبی برای دی‌اکسیدکربن و در نتیجه افزایش تولید اولیه در استخرهای پرورش ماهی دارند.

بازدهی و درجهٔ تأثیر ترکیبات آهکی

مواد آهکی مورد استفاده در عرصه پرورش ماهی همانند ترکیبات آهکی در زمین‌های زراعی است. بیشترین مصارف ترکیبات آهکی شامل کربنات کلسیم $CaCO_3$، آهک زنده یا سوزان CaO و آهک آبدیده $Ca(OH)_2$ می‌باشند. زباله‌های حاصل از کارگاههای استیل‌سازی، بدلیل وجود کربنات کلسیم و فسفر، می‌توانند به عنوان آهک و کود مورد استفاده قرار گیرند. ترکیبات حاوی Ca یا Mg که قادر به خنثی نمودن اسیدیته نباشند، مواد آهکی تلقی نمی‌شوند. به عنوان مثال، سولفات کلسیم گر چه منبع خوبی از Ca است، اما سولفات قادر به خنثی‌سازی اسیدیته نیست به قابلیت مواد آهکی در کاهش اسیدیته "خنثی‌سازی" گویند. براساس تعریف $CaCO_3$ خالص دارای ارزش خنثی‌سازی ۱۰۰٪ و به عنوان مبنا در سایر مواد آهکی به‌کار می‌رود. آهک زنده با وزن مولکولی ۵۶ و آبدیده با وزن مولکولی $M = ۷۴$ نسبت به کربنات کلسیم، عامل خنثی‌کنندهٔ قویتری به حساب می‌آیند، لازم به ذکر است قابلیت خنثی‌سازی ارائه شده صرفاً برای ترکیبات خالص آهکی است. در خصوص ترکیباتی که با ناخالصی همراهند، ابتدا باید درصد خلوص آنان مشخص گردد.

قابلیت خنثی‌سازی و نحوهٔ تبدیل و مقایسه ترکیبات آهکی رایج به شرح زیر است:

قابلیت خنثی‌سازی کربنات کلسیم نسبت به اکسید کلسیم $\frac{CaO}{CaCO_3} = \frac{۵۶}{۱۰۰} = ۰/۵۶$

قابلیت خنثی‌سازی اکسیدکلسیم نسبت به کربنات‌کلسیم $\frac{CaCO_3}{CaO} = \frac{۱۰۰}{۵۶} = ۱/۷۹$

قابلیت خنثی‌سازی کربنات‌کلسیم نسبت به هیدروکسیدکلسیم $\frac{Ca(OH)_2}{CaCO_3} = \frac{۷۴}{۱۰۰} = ۰/۷۴$

قابلیت خنثی‌سازی هیدروکسیدکلسیم نسبت به کربنات‌کلسیم $\frac{CaCO_3}{Ca(OH)_2} = \frac{۱۰۰}{۷۴} = ۱/۳۵$

قابلیت خنثی‌سازی هیدروکسیدکلسیم نسبت به اکسیدکلسیم $\frac{CaO}{Ca(OH)_2} = \frac{۵۶}{۷۴} = ۰/۷۶$

قابلیت خنثی‌سازی اکسیدکلسیم نسبت به هیدروکسیدکلسیم $\frac{CaOH)_2}{CaO} = \frac{۷۴}{۵۶} = ۱/۳۲$

بنابراین در میان آهکهای متداول، بیشترین قابلیت خنثی‌سازی را آهک زنده و کمتر از همه کربنات کلسیم، دارد. برای تعیین قابلیت خنثی‌سازی مواد آهکی به شرح زیر عمل می‌نمائیم:

۵۰۰ میلی‌گرم آهک آسیاب شده را در ارلن ریخته و با میزان ۲۵cc اسیدکلریدریک نرمال به آن اضافه نموده و تا نقطه جوش حرارت می‌دهیم، سپس ۱۰۰ml آب مقطر افزوده و به مدت دو دقیقه می‌جوشانیم. سپس تیتراسیون در حضور معرف فنل‌فتالئین با سود نرمال انجام می‌گیرد.

به عنوان مثال، چنانچه برای تیتراسیون با سود استاندارد ۱ نرمال، نیاز به ۱۶ml باشد (۱۶mg سود). از آنجائی که مقدار HCl اولیه ۲۵ml(۲۵mg) بوده، لذا تنها ۹mg از اسیدکلریدریک توسط مواد آهکی، مصرف شده است. پس درصد قابلیت خنثی‌سازی آهک مورد نظر، عبارتست از $\frac{۹\times۵۰\times۱۰۰}{۵۰۰} = ٪۹۰$

به‌طور خلاصه، فرمول خنثی‌سازی را می‌توان بشرح زیر بیان نمود.

$$\text{قابلیت خنثی‌سازی} = \frac{(V\text{-}T)(N)\times ۵۰۰۰}{S}$$

V اسیداستاندارد مصرفی $T,(ml)$ باز استاندارد مصرفی (ml)، N نرمالیته و S مقدار نمونه (mg) است. در مثال فوق: قابلیت خنثی‌سازی $= \frac{(۲۵\text{-}۱۶)(۱)\times۵۰۰۰}{۵۰۰} = ٪۹۰$

درجهٔ تأثیر آهک

سرعت تأثیر مواد آهکی، تابعی از اندازهٔ ذرات می‌باشد. به‌طوری که هر چه ذرات ریزتر باشند، سطح بیشتری را اشغال نموده و واکنش‌های شیمیایی سریعتر انجام می‌شوند. اندازه‌گیری ذرات آهک

بـا اسـتفاده از الک‌هـای اسـتاندارد ۸ چشـمه (قـطر سـوراخ ۲/۳۶mm)، ۲۰ چشـمه (قـطر سـوراخ ۰/۸۵۵mm) و ۶۰ چشمه (قطر سوراخ ۰/۲۵mm) صورت می‌گیرد. چنانچه ذرات آهک از الک ریز ۶۰ چشمه‌ای عبور نمایند درجهٔ تأثیر ۱۰۰٪، ۲۰ چشمه، ۶۰٪ و ذراتی که از الک ۸ چشـمه عـبور نمایند ۲۰٪ طبقه‌بندی می‌شوند. مواد آهکی باقیماندهٔ بر روی الک، بدون تأثیر هستند.

مثال: چنانچه در نمونه‌ای از آهک زراعی، درصد عبور ذرات آهک، به ترتیب ۵۰٪ از ۶۰ چشمه ۲۰٪ از ۲۰ چشمه و ۲۰٪ از ۸ چشمه و ۱۰٪ بر روی الک باقی بماند، درجهٔ تأثیر آن به صورت ذیل محاسبه می‌گردد.

۰/۵۰ × ۱۰۰ = ۵۰

۰/۲۰ × ۶۰ = ۱۲

۰/۲۰ × ۲۰ = ۴

۰/۱۰ × ۰ = ۰

ـ پس درجهٔ تأثیر آهک فوق ۶۶ درصد است.

جهت محاسبهٔ آهک مورد نیاز در استخر، باید همزمان قابلیت خنثی‌سازی و درجه تأثیر، منظور گردند. به منظور روشن شدن موضوع به دو مثال توجه نمائید.

مثال یک: چنانچه میزان آهک مطلوب در یک استخر ۱۵۰۰ کیلوگرم در هکتار مورد نیاز باشد، مقدار آهک لازم با قابلیت خنثی‌سازی ۸۰٪ و درجهٔ تأثیر ۹۰٪ چه میزان است؟

قابلیت خنثی‌سازی × درجه تأثیر = ارزش واقعی آهک

۷۲٪ = ۹۰٪ × ۸۰ =

آهک لازم = ۱۵۰۰ ÷ ۰/۷۲ = ۲۰۸۳

مثال دو: چنانچه آهک موجود در بازار با درجه‌بندی ۲۰-۴۰-۴۰ و از نوع آهک زنده باشد. برای تأمین یک تن آهک زنده اولاً چه میزان آهک یاد شده باید مصرف شود، ثانیاً این مقدار آهک معادل چه مقدار آهک آبدیده با درجه تأثیر ۱۰۰٪ و چه میزان $CaCO_3$ با درجه تأثیر ۹۰٪ می‌باشد؟

در ابتدا درجهٔ تأثیر آهک زندهٔ خریداری شده را محاسبه می‌نمائیم.

۰/۴۰ × ۱۰۰ = ۴۰

۰/۴۰ × ۶۰ = ۲۴

درجهٔ تأثیر آهک زنده در بازار ۶۸٪ است. ۰/۲۰ × ۲۰ = ۴

آهک زنده معادل ۱۴۷۰ kg ۰/۶۸ ÷ ۱۰۰۰ = آهک زنده مورد نیاز

$$\frac{Ca(OH)_2}{CaO} = \frac{74}{56} = 1/32$$

آهک آبدیده مورد نیاز ۱۳۲۰ = ۱/۳۲ × ۱۰۰۰

$$\frac{CaCO_3}{CaO} = \frac{100}{56} = 1/79$$

کلسیت مورد نیاز با درجه تأثیر ۹۰٪ $CaCO_3 = \frac{1000 \times 1/79}{0/90} = 1988\ kg$

بنابراین میزان مصرف آهک در استخرها تابعی از نوع آهک، درجه تأثیر و میزان بازدهی می‌باشد.

مدیریت بستر

در این بخش خصوصیات خاک و ارتباط میان خاک استخر، کیفیت آب و تولید آبزیان مورد بررسی قرار می‌گیرد. در بعضی مواقع شرایط خاک استخرهای تازه احداث‌شده مناسب نبوده و ممکن است به‌مرور زمان و به‌واسطه عملیات پرورشی غیرمطلوب گردد برخی از روشهای مدیریتی آب، آسیب کمتری به‌شرایط خاک وارد می‌آورد. کاربرد این روشها می‌تواند باعث بهبود شرایط خاک و کیفیت آب شده و در نتیجه باعث افزایش تولید و عمر مفید استخر گردد.

خاک استخر با اسیدیتهٔ قابل جایگزین

کنترل اسیدیتهٔ خاک یک عامل مدیریتی می‌باشد. زیرا قلیائیت و سختی کل در آب استخر رابطهٔ نزدیکی با اسیدیتهٔ خاک بستر استخر دارد. در استخرهای آبزی پروری. قلیائیت کل و سختی کل باید بیش از ۲۰ میلی‌گرم در لیتر باشد تا ظرفیت بافری کامل جهت نگه داشتن pH در محدودهٔ ۶ تا ۹/۵ فراهم آید و کربن غیرآلی محلول کافی برای رشد مطلوب فیتوپلانکتون در دسترس باشد. سخت پوستان برای پوستاندازی نیاز به کلسیم و بیکربنات دارند. بنابراین در استخرهای پرورشی سخت‌پوستان، قلیائیت و سختی کل باید بیش از ۵۰ میلی‌گرم در لیتر باشد. جهت افزایش سختی و قلیائیت کل می‌توان از روش آهک‌پاشی استفاده نمود. در استخرهایی که بتازگی احداث شده‌اند، نیاز به آهک‌پاشی را می‌توان با آزمایش آب برآورد نمود. در استخرهای جدیدی که هنوز آبگیری نشده‌اند، pH کمتر از ۶/۵ و قلیائیت کم آب، نیاز به آهک را مشخص می‌کند. *(Boyd. 1995)*

تغییر اسیدیتهٔ بدلیل تبادل یون آلومینیوم در کلوئیدهای خاک می‌باشد. مقدار اسیدیتهٔ خاک بستگی به pH و ظرفیت تعویض کاتیونی دارد. آهک پاشی باید براساس نیاز آهکی خاک بستر انجام شود تا قلیائیت و سختی کل آب استخر تنظیم گردد. در غیراینصورت اسیدیته بسرعت با قلیائیت و سختی کل واکنش داده و موجب کاهش غلظت آنها خواهد شد. در نتیجه میزان آنها کمتر از مقدار برآورد اولیه می‌شود.

در مناطق خشک خاکها اغلب شسته و دارای مقادیر فراوانی از آلومینیوم قابل جایگزینی بوده و

مقدار مواد معدنی آب کم است و استخرها نیاز به آهک دارند. آب استخرهای حاوی خاک آلی، معمولاً اسیدی می‌باشند. در مناطق بایر که نمک در خاک تجمع می‌یابد، آب مملو از مواد معدنی بوده و استخرها نیازی به آهک ندارند. غلظت قلیائیت کل آبهای لب شور یا آب دریا که برای آبگیری استخرهای ساحلی استفاده می‌شوند، متوسط (۱۵۰-۷۵ میلی‌گرم در لیتر) و سختی کل آنها بالا (۶۰۰۰-۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر) می‌باشد. آب استخرهای ساحلی معمولاً به میزان ۱۰-۲ درصد حجم آنها در هر روز تعویض می‌شود و قلیائیت و سختی که طی واکنش با خاک اسیدی خارج می‌شود، با تعویض آب دوباره جایگزین می‌گردد. با اینکه استخرهای ساحلی دارای خاک اسیدی، آلی یا سولفات ـ اسیدی می‌باشند، ولی آهک در طول دورهٔ پرورش مورد نیاز نمی‌باشد. هنگامی که آب استخرهای ساحلی، بین دو دورهٔ پرورشی تخلیه می‌شود، بستر استخرهای خالی. آهک‌پاشی می‌شود.

بهترین نوع آهک، سنگ آهک زراعی می‌باشد. آهک‌پاشی باید ۳-۲ هفته قبل از کاربرد کود استفاده شود. زیرا آهک باعث کاهش فسفر غیرآلی محلول و غلظت دی‌اکسید کربن می‌شود. پس از چند روز، زمانی که واکنش‌های آهک، آب و خاک کامل شود، استفاده از فسفر و دی‌اکسیدکربن تأثیر بیشتر دارد.

استخرهای جدید

جهت تعیین مقدار آهک مورد نیاز یک استخر جدید، نمونه‌هایی از خاک (با ضخامت ۱۵ سانتی‌متری) از کف استخر تهیه و pH آن را تعیین می‌نمایند. اگر pH کمتر از ۷ باشد، باید مقدار آهک مورد نیاز جهت رسیدن به حد خنثی محاسبه شود. هنگام استفاده از سنگ آهک کشاورزی باید آن را بصورت یکنواخت در کف استخر پراکنده کرده و آن را تا لایهٔ ۱۵-۱۰ سانتی‌متری مخلوط نماییم

استخرهای در حال استفاده:

اگر قلیائیت کل آب استخرهای پرورش ماهی کمتر از ۲۰ میلی‌گرم در لیتر و استخرهای سخت‌پوستان کمتر از ۵۰ میلی‌گرم در لیتر باشد. باید با برداشتن نمونه‌های خاک (با ضخامت ۱۵ سانتی‌متر) نیاز آهکی آن تعیین گردد. بهتر است سنگ آهک زراعی در دوره خشک استخر مصرف شود.

قسمتهای عمیق استخر نسبت به قسمتهای کم‌عمق، آهک بیشتری نیاز دارند. نیاز آهکی یک استخر را نمی‌توان از روی یک جدول از پیش طرح‌ریزی شده تعیین نمود. بلکه باید میزان آهک مورد

نیاز را برای هر استخر بصورت جداگانه و بوسیلهٔ نمونه‌برداری تعیین نمود. استخر را می‌توان به مناطق با عمق کمتر از یک متر و بیش از یک متر تقسیم نمود.

سنگ آهک زراعی 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 بصورت یکسان و یکنواخت در تمام سطح بستر پراکنده می‌نمایند. بعد از ریختن آهک، استخر را باید تا عمق ۱۵-۱۰ سانتی‌متر شخم زد.

در استخرهایی که بصورت کامل تخلیه نمی‌شوند، سنگ آهک را باید بوسیلهٔ قایق در استخر توزیع نمود. جدول ۶-۴ نیاز آهک با توجه به‌عمق استخر را نشان می‌دهد.

جدول ٦-۴- نیاز به آهک در اعماق مختلف استخر *(Boyd, 1995)*

آهک (کیلوگرم در هکتار)			
استخر ۳	استخر ۲	استخر ۱	عمق(متر)
۹۰۰	۷۰۰	۶۰۰	۰/۰۱
۹۰۰	۵۰۰	۸۰۰	۰/۳۳
۱,۵۰۰	۶۰۰	۱,۳۰۰	۰/۶۶
۱,۸۰۰	۲,۱۰۰	۲,۸۰۰	۱/۰۰
۲,۶۰۰	۳,۳۰۰	۳,۰۰۰	۱/۳۳
۳,۵۰۰	۳,۶۰۰	۳,۱۰۰	۱/۶۶
۴,۰۰۰	۳,۸۰۰	۳,۱۰۰	۲/۰۰
۴,۳۰۰	۳۸۰۰	-	۲/۳۳
۴,۳۰۰	۳,۷۰۰	-	۲/۶۶
۴,۱۰۰	۳,۶۰۰	-	۳/۰۰

استخرهای حاوی خاک اسید ـ سولفات:

شناسایی: خاکهایی که دارای پتانسیل اسید ـ سولفات هستند، پس از آنکه خشک شوند، دارای غلظت بالای سولفور کل (بیش از ۷۵٪) و یا میزان pH پایین (۳-۲) می‌باشند. شناسایی صحرایی این

خاکها بدین صورت است که چند گرم از خاک را باید با چند میلی‌لیتر پراکسید هیدروژن ۳۰ـ۱۰٪ مخلوط نمود. اگر پیریت (FeS_2) موجود باشد، پراکسید هیدروژن آن را به H_2SO_4 اکسید می‌کند که این واکنش شدید بوده و با رها سازی حبابهای گاز همراه خواهد بود. بدین صورت که یک تکه کاغذ pHمتر (pHاز صفر تا شش) را در مخلوط خاک و پراکسید که با هم واکنش داده‌اند، بمدت ده دقیقه قرار می‌دهیم. (فقط نوک کاغذ pHمتر را در لبهٔ مخلوط باید قرار داد). اگر کاغذ، pH را ۳ و یا کمتر نشان داد، خاک دارای پتانسیل اسید سولفات خواهد بود.

ممکن است لایه‌های سطحی خاک‌های کهنهٔ ساحلی فاقد پیریت باشند. به‌طوری که در اثر مرور زمان پیریت آن اکسید و از بین رفته باشد. ولی خاکهای عمیق‌تر حاوی پیریت باشند. بنابراین با وجودیکه خاک سطحی که فاقد پتانسیل اسید ـ سولفات است ولی افق‌های زیر لایهٔ سطحی در اعماق ۲ـ۰/۵ متری ممکن است دارای پتانسیل اسید ـ سولفات باشند. وقتی منطقه‌ای مشکوک با داشتن خاک با پتانسیل اسید سولفات باشد و برای احداث استخر آبزی پروری در نظر گرفته می‌شود، نمونه‌هایی باید از اعماق حداقل نیم متر قبل از خاکبرداری جهت آزمایش برداشته شود.

تعدیل اسیدیته

تازمانی که خاکهای محتوی پیریت با هوا تماس نداشته باشند، به همان صورت باقی مانده و پیریت اکسیده نمی‌شود. به محض اینکه استخرها تخلیه شده و خاک آنها در معرض هوا قرار گیرد، اکسیداسیون انجام شده و اسیدسولفوریک تشکیل می‌شود. خلاصهٔ واکنش تشکیل اسید سولفوریک از پیریت آهن به صورت زیر است:

$$FeS_2 + 3/75O_2 + 3/5H_2O \rightarrow Fe(OH)_3 + 2SO_4^{2-} + 4H^+$$

$Fe(OH)_3$ بصورت یک مادهٔ قهوه‌ای متمایل به قرمز در رسوب متبلور می‌شود. رسوب محتوی پیریت، خاک اسید ـ سولفات نامیده می‌شود.

Brinkman و *Singh* روشی را برای اصلاح استخرهای با آب لب شور و خاک اسید سولفات به‌شرح زیر پیشنهاد نمودند:

مرحلهٔ اول: در روزهای ابتدای فصل خشکی، کف استخر را خشک نموده و شخم بزنید.

مرحلهٔ دوم: استخر را با آب لب شور، آبگیری نمائید. pHآب استخر را مرتباً اندازه‌گیری کنید. pH از مقدار ثابت آب دریا (۹ـ۷) به زیر ۴ کاهش خواهد یافت. وقتی pH ثابت شد، استخر را تخلیه کنید.

این عمل را تا هنگامی که pH در مقدار بیش از ۵ ثابت شد، تکرار نمائید مرحله خشک کردن و آبگیری ممکن است که سه بار یا بیشتر مورد نیاز باشد.

مرحلهٔ سوم: به موازات اینکه کف استخر را احیا می‌نمائیم، باید اسیدیتهٔ دیواره‌ها را نیز خارج نمود. برای این منظور قلهٔ دیواره‌ها را مسطح نموده و گودالهای کوچکی روی آن حفر می‌نمائیم. گودالها را با آب لب شور پر کنید. هنگام خشک نمودن و تخلیهٔ استخر، گودالهای کوچک را نیز تخلیه نمائید. این عمل را اگر لازم باشد، تکرار کنید. در نهایت گودالها را با خاک پر نموده و آهک زراعی را به میزان ۱ـ۰/۵ کیلوگرم برمترمکعب در هر طرف دیواره پخش کنید.

مرحلهٔ چهارم: وقتی آخرین مرحلهٔ تخلیه و آبگیری به اتمام رسید، سنگ آهک زراعی را به میزان ۵۰۰ کیلوگرم در هکتار در کف استخر پخش نمائید. سپس استخر را جهت شکوفایی پلانکتون با کودهای آلی یا معدنی، کودپاشی کنید.

مرحلهٔ پنجم: جهت جلوگیری از نفوذ اسید از دیواره‌ها و جلوگیری از تلفات ماهی، pH را متناوباً اندازه‌گیری کرده و در صورت نیاز آهک پاشی نمائید.

اگر خاکهای با پتانسیل اسید ـ سولفات در معرض هوا قرار گیرند، اکسیداسیون و شستشو بوسیلهٔ باران، بتدریج اسیدیته را کاهش خواهد داد. بعد از چند سال pH خاک سطحی افزایش یافته و گیاهان توسعه خواهند یافت. ولی لایه‌های عمقی خاک هنوز دارای پتانسیل اسید ـ سولفات خواهند بود وقتی استخرها در چنین خاکهایی بنا می‌شوند، خاکهای با پتانسیل اسید ـ سولفات نمایان خواهد شد. در مواردی خاکهای با پتانسیل اسید ـ سولفات جهت احداث دیواره‌ها استفاده شده است. پیریت آهن در سطوح دیواره اکسید شده و در نتیجه آب استخر اسیدی خواهد شد. کف استخر نیز ممکن است دارای خاک با پتانسیل اسید سولفات باشد، ولی چون آب در مقایسه با هوا، اکسیژن کمتری دارد، پیریت آهن در کف استخرها اکسید نخواهد شد.

برای احداث استخر در چنین خاکهایی، نباید حفاری صورت گیرد. دیواره‌ها را نیز باید با خاک سطحی که هنگام حفر کانالهای تخلیه بدست آمده است، احداث نمود. مقدار آب زهکش از دیواره‌ها را نیز با کاهش اندازهٔ دیواره‌ها نسبت به حجم و بالا نگه داشتن سطح آب می‌توان کاهش داد. سطح فوقانی دیواره‌ها باید بصورت V ساخته شود تا آب باران در آن جمع و از طریق کانال تخلیه شوند.

به‌طور خلاصه جهت مقابله با خاکهای اسید ـ سولفات راه حل‌های زیر پیشنهاد می‌شود.

۱ـ خاکها را زهکشی نموده و منتظر بمانید تا اکسیداسیون طبیعی و شستشو، اسیدیته را خارج نماید.
۲ـ جهت خنثی کردن اسیدیته، آهک‌پاشی کنید.
۳ـ از اکسیداسیون پیریت آهن جلوگیری نمائید.

برای خارج کردن طبیعی اسیدیته از خاکهای اسید ـ سولفات چندین سال لازم است. از لحاظ اقتصادی به صرفه نیست که استخرهایی بسازیم و سالها بدون استفاده رها کنیم. مقدار آهک مورد نیاز، ۱۵۰ـ۲۵ تن در هکتار می‌باشد. کاربرد آهک در این حجم زیاد، نیز آسان نیست. لذا اکثر برنامه‌هایی که برای کنترل اسیدیته انجام می‌شود باید تلفیقی از روشهای فوق باشند.

مثال ۱: مقدار آهک‌پاشی برای یک خاک با پتانسیل اسید ـ سولفات:

چنانچه دیواره‌های یک استخر از خاک با پتانسیل اسیدیتهٔ ۴۱۲۰۰ میلی‌گرم $CaCO_3$ بر کیلوگرم ساخته و وزن مخصوص خاک خشک، ۱/۴۲ تن در مترمکعب می‌باشد. چه مقدار سنگ آهک زراعی (کیلوگرم $CaCO_3$ از ترکیب) در لایهٔ ۵ سانتی‌متری فوقانی جهت مقابله با پتانسیل اسیدیته موردنیاز است.

حل:

$$\text{وزن خاک: } 1m^2 \times 0/05m \times 1420kg/m = 71kg$$

$$\text{مقدار آهک موردنیاز: } 74kg \times 0/042 \frac{kgCaCO_3}{kg_{\text{خاک}}} = 2/93kgCaCO_3$$

می‌توان خاک سطحی را که قبلاً اکسید شده و عاری از اسیدسولفوریک باشد کنار گذاشته و بعد از خاکبرداری دوباره آن را در کف استخر و دیواره‌ها مصرف نمود.

میزان سختی کل برای استخرهایی که دارای خاک اسید ـ سولفات هستند، نباید ملاک قرار گیرد. به عنوان مثال در یک نمونه آب از یک استخر خاک اسید ـ سولفات در جورجیای جنوبی که آهک‌پاشی شده بود، قلیائیت ناچیز، pH آب حدود ۳، اسیدیتهٔ کل ۳۵۰ و سختی کل ۲۵۰ میلی‌گرم در لیتر بود. سختی بالای آب بدین علت بود که اسیدیته آب، تمام آهک را خنثی کرده بود. کربنات حاصل از آهک به دی‌اکسیدکربن و آب تبدیل شده و کلسیم و منیزیم باقیمانده از آهک در آب، موجب افزایش سختی کل شده بود.

ضدعفونی کردن خاک بستر

در بعضی مواقع ضدعفونی کردن خاک بستر استخر جهت جلوگیری از عوامل بیماریزای باقیمانده از دور قبل، ماهیان عفونی یا سخت‌پوستان ذخیره شده برای دورهٔ بعدی، ضروری است. متداولترین موارد مورد استفاده جهت ضدعفونی کردن، آهک زنده (CaO)، آهک آبدار $[Ca(OH)_2]$ یا ترکیبات کلرین می‌باشد. کلرین مستقیماً برای عوامل بیماریزا سمی می‌باشد. این مواد عامل بیماریزا را کشته مدت زمان پایداری pH بالا و ترکیبات کلرین کوتاه است. بعد از چند روز خاک بسرعت مملو از موجودات میکروبی هوازی می‌گردد. بعد از حذف عوامل بیماریزا دیگر قادر به توسعه نخواهند بود، مگر اینکه جانوران بیمار یا آب ناقل عوامل بیماریزا وارد استخر وارد شود.

آهک زنده و آهک آبدار

جهت افزایش pH خاک، اکسید کلسیم (CaO) در واحد وزن مؤثرتر از هیدروکسید کلسیم $[Ca(OH)_2]$ می‌باشد. وزن مولکولی CaO، ۵۶ و وزن مولکولی $Ca(OH)_2$، ۷۴ است. بنابراین $Ca(OH)_2$ باید ۱/۳۲ بار بیشتر از CaO به کار رود تا اثر همان غلظت را داشته باشد. معمولاً یک تن در هکتار CaO یا ۱/۳۲ تن در هکتار $Ca(OH)_2$ برای افزایش pH خاک تا بالای ۱۰ کافی است.

استفاده از دو تن در هکتار آهک جهت کشتن عوامل بیماریزا مفیداست. آهکهای موجود در بازار بندرت خالص بوده و بنابراین باید مقدار بیشتری استفاده شود تا اطمینان حاصل شود که pH خاک باندازه کافی جهت کشتن عوامل بیماریزا افزایش یافته است.

آهک باید به‌صورت یکنواخت پخش شود تا سطح خاک را بپوشاند. خاک باید رطوبت کافی داشته باشد تا آهک حل شده و تا لایهٔ ۱۰ سانتی‌متری خاک نفوذ نماید. چنانچه خاک خیلی خشک باشد، باید آن را مرطوب نمود. بهترین نتیجه هنگامی بوجود خواهد آمد که آهک بوسیلهٔ ماشین‌آلات مخصوص، بصورت یکنواخت روی سطح خاک پراکنده شده و سپس خاک تا لایهٔ ۱۰ سانتی‌متری شخم زده شود و آب کافی جهت مرطوب کردن خاک به کار رود. pHهای بالا که بواسطهٔ آهک‌پاشی حاصل شده است، علاوه بر کشتن عوامل بیماریزا، موجب حرکت آمونیاک از خاک به هوا طبق واکنش زیر می‌شود:

$$NH_4^+ + OH^- = NH_3\uparrow + H_2O$$

اکسید کلسیم به کار رفته با رطوبت خاک واکنش داده و به هیدروکسید کلسیم تبدیل می‌شود:

$$CaO + H_2O = Ca(OH)_2$$

دی‌اکسیدکربن خاک مرطوب و هوا، یون هیدروکسیل حاصل از تجزیهٔ $Ca(OH)_2$ را خنثی می‌کند.

$$Ca(OH)_2 + 2CO_2 = Ca^{2+} + 2HCO_3^-$$

استخر را می‌توان بعد از ۱۴-۱۰ روز پس از آهک‌پاشی، آبگیری و با ماهی یا دیگر آبزیان ذخیره‌دار نمود. بهرحال بهتر است که قبل از ذخیره‌دار کردن، pH آب اندازه‌گیری شود.

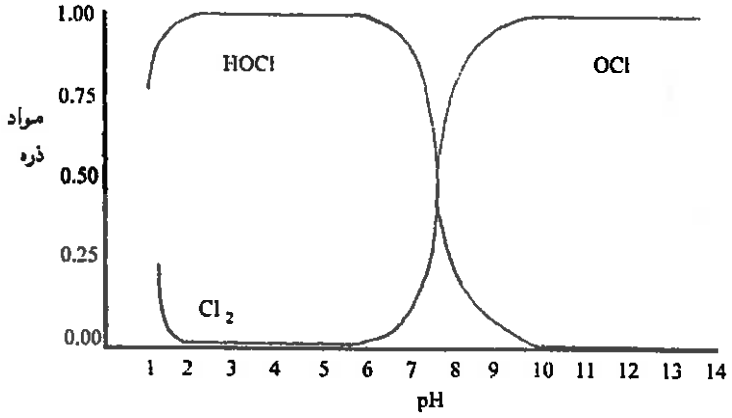
کلریناسیون

از کلرین نیز جهت ضدعفونی کردن آب و خاک استفاده می‌شود کلرین به صورت کلرین آزاد (Cl_2)، هیپوکلریت سدیم ($NaOCl$) یا هیپوکلریت کلسیم $Ca(OCl)_2$ استفاده می‌شود. تشکیل کلرین (OCl^-, $HOCl$, Cl_2) در خاک یا آب بستگی به pH دارد:

$$Cl_2 + H_2O = HOCl + H^+ + Cl^-$$

$$HOCl = H^+ + OCl^-$$

Cl_2 را در pH بالای دو از بین می‌رود. در pH برابر ۷/۴۸، نسبت $HOCl$ و OCl^- برابر است. (شکل ۱) میزان تأثیر $HOCl$ تقریباً ۱۰۰ برابر OCl^- است. بنابراین مقدار کلرین که در pH بالای ۶ جهت ضدعفونی کردن مصرف می‌شود باید زیاد باشد زیرا نسبت $HOCl$ کاهش می‌یابد. (شکل ۶) *(Boyd, 1991)*



شکل ٦ـ اثرات pH روی نسبت‌های $Cl2$، $HOCl$ و OCL

برای ایمنی و سهولت کار بهتر است که از هیپوکلریت سدیم و بویژه هیپوکلریت کلسیم به جای کلرین آزاد استفاده نمود. خاک استخر را می‌توان با کاربرد ۱۰۰ppm از هیپوکلریت کلسیم ضدعفونی نمود. مقدار موثر هیپوکلریت کلسیم به pH خاک بستگی دارد. در pH ۷/۵-۸ بهتر است بجای ترکیبات کلرین کف استخر را با آهک، ضدعفونی نمائیم. آهک و ترکیبات کلرین را نباید بصورت همزمان استفاده نمود. زیرا آهک، pH خاک را افزایش داده و در نتیجه اثر کلرین را کاهش می‌دهد. اثر هیپوکلریت کلسیم ۱۰-۷ روز باقی می‌ماند. بعد از آبگیری استخر، غلظت کلرین باید اندازه‌گیری شود. زیرا این ترکیبات برای ماهیان و سایر آبزیان شدیداً سمی می‌باشد.

مثال ۲: میزان مورد نیاز هیپوکلریت کلسیم برای خاک استخر:

جهت ضدعفونی کردن خاک استخری با هیپوکلریت کلسیم به میزان ۱۰۰ppm مورد نیاز است چنانچه بستر تا عمق ۱۰ سانتی‌متری شخم زده شود. میزان مورد نیاز را برای یک هکتار محاسبه نمائید. (وزن حجمی خاک خشک ۱/۵ تن در مترمکعب منظور شود)

حل:

$$۱۵۰۰kg/m^۳ \times ۱۰۰۰۰m^۲/ha \times ۰/۱۰m = ۱۵۰۰۰۰kg/ha$$

میزان هیپوکلریت کلسیم: خاک kg/کلرین kg $۱۰۰ppm = ۱۰۰mg/kg = ۰/۰۰۰۱kg$

مقدار مورد نیاز در یک هکتار: $۱۵۰kg$ خاک $kg/kg ۰/۰۰۰۱ \times$ خاک kg/ha ۱۵۰۰۰۰

اکسیداسیون خاک بستر

عملیاتی که غلظت اکسیژن محلول در بستر استخر را افزایش می‌دهند، موجب افزایش پتانسیل اکسید شدن در لایه‌های سطحی خاک می‌شوند. این روشها موجب کاهش انتقال متابولیت‌های سمی از نواحی عمیق خاک که در آن جا شرایط بی‌هوازی حاکم است به داخل آب استخر می‌شوند. هوادهی، و برهم زدن لایه‌بندی آب، غلظت اکسیژن محلول را بهبود می‌بخشد. ولی هوادهی خاک بستر می‌تواند موجب افزایش کدورت آب و تجمع رسوب گردد.

pH پایین، موجب کاهش تجزیهٔ مواد آلی و در نتیجه تجمع این مواد شده و در نتیجه نیاز اکسیژن لایهٔ سطحی خاک را افزایش می‌دهد. به استخرهای اسیدی، همچنانکه قبلاً اشاره شد، سنگ

آهک زراعی افزوده می‌شود.

کوددهی

غلظت کم نیتروژن (نسبت C به N) موجب کاهش تجزیهٔ مواد آلی می‌شود. به استخرهای اسیدی که خاک آن دارای غلظت زیاد مواد آلی باشد، باید کودهای نیتروژنی و سنگ آهک زراعی افزوده گردد. میزان کود نیتروژنی مورد نیاز استخرهایی که آب آن تعویض نمی‌شود. ۱۰ کیلوگرم ازت در هکتار در هر ۲ تا ۴ هفته می‌باشد. هر نوع کود نیتروژنی را می‌توان مورد استفاده قرار داد. ولی نیترات سدیم مؤثرترین آنها می‌باشد. زیرا هم دارای منبع نیتروژن بوده و هم یک اکسیدکننده به‌شمار می‌رود. زیرا میکروارگانیسم‌های خاک نیز در فقدان اکسیژن مولکولی قادر به استفاده از اکسیژن نیترات می‌باشند.

چرخش آب و جلوگیری از لایه‌بندی آب

هم‌زن‌های مکانیکی و عوامل چرخشی آبی موجب افزایش جریان آبی می‌شوند. ولی هوادهی کمتری را نسبت به هواده‌های مرسوم، انجام می‌دهند. این دستگاهها، انرژی را صرف ایجاد جریان و گردش آبی می‌کنند. آبهای مناطق سطحی که در طول ساعات روز غلظت اکسیژن بیشتری را دارند، با آبهای عمقی که اکسیژن محلول کمتری دارند، مخلوط می‌شوند. بنابراین اکسیژن لایه‌های آب یکنواخت می‌شود. افزایش غلظت اکسیژن محلول در آبهای عمقی، شرایط بی‌هوازی در لایه‌های پائین خاک را تعدیل می‌نماید.

ایجاد آشفتگی در بستر

اگر سطح بستر خاک خوب مخلوط شود، آب اکسیژن‌دار تا لایه‌های پایین‌تر خاک نفوذ خواهد کرد. این عمل توسط جانوران حفره‌ساز که داخل خاک زندگی نموده و یا دیگر جانورانی که از حیوانات کفزی تغذیه می‌کنند، انجام می‌شود که به‌آن "*Bioturbation*" می‌گویند. هواده‌ها و دیگر عوامل چرخشی آبی موجب افزایش غلظت اکسیژن محلول در اعماق آب می‌شوند. ولی فرسایش سطحی و جانبی بیشتری حاصل می‌شود. شخم زیرآبی می‌تواند موجب بهم خوردگی عمودی با حداقل فرسایش جانبی شود. زنجیرهای سنگین نیز موجب شخم‌خوردن کف استخر می‌شوند.

اکسیدکننده‌های شیمیایی

برخی از کارشناسان استفاده از نیترات سدیم را در دریاچه‌های یوتروف جهت جلوگیری از ایجاد شرایط احیایی در رسوبات را پیشنهاد کرده‌اند. نیترات به عنوان یک اکسیدکننده عمل کرده و پتانسیل اکسیداسیون ـ احیا را متعادل می‌سازد.

$$NO_3^- + 2H^+ = 2e^- = NO_2^- + H_2O$$

زمانی که نیترات از طریق تنفس میکروبی مصرف می‌شود قادر است که پتانسیل احیایی را کاهش دهد.

محققین پرورش مارماهی در ژاپن از پراکسیدکلسیم "CaO_2" دانه‌ای به میزان ۱۰۰ـ۲۵ گرم در مترمربع در فواصل ماهانه جهت تولید اکسیژن در لایهٔ سطحی خاک بستر استفاده نمودند. پراکسید کلسیم طبق واکنش زیر اکسیژن آزاد می‌کند.

$$2CaO_2 + 2H_2O = 2Ca(OH)_2 + O_2$$

پراکسید هیدروژن نیز هنگامی که به آب اضافه شود، اکسیژن آزاد می‌کند.

$$2H_2O_2 \rightarrow 2H_2O + O_2$$

نیترات سدیم ارزانتر از پراکسیدها بوده و خطر کمتری نیز دارد. هنگامی که باکتریها اکسیژن را از نیترات جدا می‌نمایند. احتمالاً نیتریت رها شده، مجدداً به سرعت اکسیده شده و به نیترات تبدیل می‌شود. بهرحال نیتریت برای ماهیان و دیگر آبزیان سمی می‌باشد.

پراکسیدها پتانسیل احیا را به میزان بیشتری نسبت به نیتراتها موازنه می‌نمایند. غلظت‌های بالای پراکسید برای جانوران آبزی سمی می‌باشد. زیرا بسیار حلال بوده و بنابراین باید بصورت محلول و با آب رقیق شوند. در استفاده از اکسیدانت‌ها می‌توان روی سطح دانه‌ها را با پوشش‌های خاصی پوشانده تا به‌آرامی حل شده و مدت طولانی از نیروی اکسیدکنندگی در خاک موجود باشد. بدیهی است که قبل از استفادهٔ اکسیدانت‌ها در سطح وسیع، باید آن را در سطح کمتری آزمایش نمود.

مثال ۳: میزان اکسیژن تولید شده از نیترات.

میزان اکسیژنی که میکروارگانیسم‌ها می‌توانند از طریق احیای ۱۰۰ کیلوگرم نیترات سدیم به نیتریت سدیم تولید نمایند، تخمین زده می‌شود:

حل:

$$\underset{\text{۸۵kg}}{NaNO_3} \rightarrow \underset{\text{۶۹kg}}{NaNO_2} + \underset{\text{۱۶kg}}{O} \qquad \underset{\text{۱۰۰g}}{\quad} \qquad \underset{x}{\quad}$$

$x = ۱۸/۸kg$ اکسیژن

پرمنگنات پتاسیم و اکسید آهن

در خاک استخر با شرایط بی‌هوازی سولفید هیدروژن آزاد می‌شود که این ماده برای ماهی و میگو سمی می‌باشد. کاربرد پرمنگنات پتاسیم $(KMnO_4)$ در استخرها براساس واکنش زیر H_2S را اکسید می‌نمایند:

$$۴KMnO_4 + ۳H_2S \rightarrow ۲k_2SO_4 + S + ۳MnO + MnO_2 + ۳H_2O$$

ولی این عمل چندان موفقیت‌آمیز نیست، زیرا پرمنگنات پتاسیم شدیداً در آب محلول بوده و در نتیجه فقط ستونهای آبی می‌توانند از این ماده بهره‌مند گردند.

روش دیگری برای جلوگیری از رها شدن سولفیدهیدروژن از لجن، کاربرد آهن می‌باشد، آهن دو ظرفیتی با سولفید هیدروژن واکنش داده و آن را بصورت سولفید آهن نامحلول، ته‌نشین می‌کند.

$$Fe^{۲+} + S^{۲-} = FeS$$

برخی از پژوهشگران استفاده از پودر اکسیدآهن را در بستر استخرها به میزان یک کیلوگرم در مترمربع جهت جلوگیری از آزاد شدن سولفیدهیدروژن در خاکهایی که شرایط بی‌هوازی دارند را توصیه نموده‌اند. ولی بهتر است تمهیداتی را به کار بریم تا ایجاد شرایط بی‌هوازی و در نتیجه تولید سولفید هیدروژن در لایه سطحی خاک را کاهش دهیم تا نیاز به ترکیبات آهن نباشد.

خشک کردن

چنانچه استخر تخلیه شده و بستر آن در معرض هوا قرار گیرد، تجزیهٔ مواد آلی هوازی افزایش می‌یابد. طول دورهٔ خشک بودن استخر بستگی به شرایط استخر و دما دارد. استخرهای خالی را نمی‌توان در فصول مرطوب خشک نمود. زیرا سطح بالای آب و یا تراوش رطوبت از استخرهای مجاور، مانع خشک شدن می‌شوند. استخرهایی که قابل خشک شدن نباشند، باید آبگیری گردند. در فصل خشک، بستر استخر ممکن است که بعد از ۲-۴ هفته چنان خشک شوند که فعالیت‌های

میکروبی به‌علت فقدان رطوبت، متوقف گردند. اگر چه خاک را می‌توان با آبیاری، مرطوب نمود ولی ادامهٔ دورهٔ خشک ارزش چندانی نخواهد داشت. حداقل رطوبت لازم برای فعالیت‌های سریع میکروبی، ۴۰-۱۰٪ برای خاکهای مختلف، متفاوت می‌باشد.

در مناطقی که زمستانهای سرد وجود دارد، استخرها در تمام مدت زمستان آیش گذاشته می‌شوند. در اقلیم گرمتر، یک دورهٔ ۴-۲ هفته‌ای برای آیش استخرها کافی خواهد بود. اگر دورهٔ آیش طولانی گردد موجب می‌شود که کف استخر دراثر بارندگی فرسایش یابد. گیاهان خشک‌زی ممکن است که در استخرهایی که در طول آب و هوای گرم آیش گذاشته می‌شوند، توسعه یابند. خشک کردن خاکهای استخری که محتوی پیریت هستند، موجب کاهش بیش از حد pH می‌شوند. بنابراین قبل از اینکه استخر آبگیری و ماهی‌دار گردد باید اسیدیته استخر شسته شود.

شخم‌زدن

اگر خاکهایی که دارای درصد بالای رس هستند، خشک گردند، ترکهایی در سطح و در عمق ۱۰۰-۱۰ سانتی‌متری خاک تشکیل خواهد شد. هوا از طریق شکافها نفوذ نموده و در نتیجه اکسیژن‌رسانی بهتر صورت می‌گیرد، البته هوا قادر به نفوذ در تودهٔ خاکی فشرده شده در بلوکهای ستونی بین شکافها نخواهد بود. بهتر است که با شخم‌زدن این بلوکها را شکسته و شرایط را برای خشک شدن و هوادهی لایه‌های عمیق‌تر خاک فراهم نمود. شخم‌زدن برای خاکهایی که بافت ریزدانه ترک خورده با بلوکهای ستونی دارند، مفید است. ولی برای خاکهای با بافت درشت که بلوکهای ستونی در آن تشکیل نمی‌شود، چندان ضروری نمی‌باشد. شخم با عمق ۱۰-۵ سانتی‌متری معمولاً کافی است. بعد از شخم، بستر را بمدت یک تا دو هفته باید به همان صورت دست نخورده باقی گذاشت. شخم‌زدن باعث می‌شود که خاک نسبت به فرسایش جریانهای آبی که بوسیلهٔ هوادهنده و سیرکولاتورها ایجاد می‌شوند، آسیب‌پذیر شوند. کوبیدن خاک شخم خورده با غلطک‌های سنگین قبل از آبگیری، فرسایش خاک راکاهش می‌دهد.

آهک پاشی

هدف از آیش‌گذاری، هوادهی خاک و تحریک اکسیداسیون ترکیبات غیرآلی و موادآلی می‌باشد.

pH مناسب جهت تجزیهٔ مواد آلی ۷/۵ـ۸/۵ می‌باشد. اگر *pH* خاک کمتر از ۷ باشد (مخلوط با نسبت ۱:۱ آب و خاک) با استفاده از سنگ آهک زراعی می‌توان تنفس میکروبی را تحریک نمود. روش تعیین مقدار آهک مورد نیاز جهت تعیین مقدار آهک‌پاشی باید مورد استفاده قرار گیرد.

اگر *pH* خاک کمتر از ۴/۵ باشد، خاک اسید ـ سولفات خواهد بود. روشهای تعدیل اسیدیتهٔ چنین خاکهایی قبلاً توضیح داده شد. بهتر است که آهک زراعی را بصورت یکنواخت در کف استخر پراکنده نموده و تا لایهٔ ۱۰ـ۵ سانتی‌متری شخم زده شود. باید رطوبت کافی جهت حل شدن آهک در خاک موجود باشد.

کاربرد آهک زنده یا آبدار همیشه در بین دو دوره توصیه نمی‌شود. زیرا افزایش *pH* باعث می‌شود میکروارگانیسم‌ها نابود و در نتیجه میزان تجزیه مواد کاهش یابد. در جدول ۷-۴ نیاز به‌آهک در رابطه با *PH* را نشان می‌دهد. به‌طوری که میزان آن از حدود صفر تا ۷ تن بسته به *pH* و نوع بستر متفاوت است. *(Boyd. 1995)*

جدول ۷-۴ـ نیاز به آهک با *pH* متفاوت و نوع لجن بستر

kg/ha $CaCO_3$			
شنی	رسی شنی	رسی	*pH*
۴۴۷۵	۷۱۶۰	۱۴۳۲۰	۴
۴۴۹۵	۵۳۷۰	۱۰۷۴۰	۴-۴/۵
۳۵۸۰	۴۴۷۵	۸۹۵۰	۴/۶-۵
۱۷۹۰	۳۵۸۰	۵۳۷۰	۵/۱-۵/۵
۸۹۵	۱۷۹۰	۳۵۸۰	۵/۶-۶
۰	۱۷۹۰	۱۷۹۰	۶/۱-۶/۵
۰	۰	۰	بیش از ۶/۵

C.E: Boyd, water Quality in Pounds for Aquaculture, 1990. (A.D.R)

بارور نمودن استخر:

تجزیه در خاکهایی که نسبت *C:N* آن زیاد باشد، کند می‌باشد. نسبت *C:N* در اغلب خاک

استخرها بین ۶ و ۱۰ قرار دارد و چنانچه دیگر عوامل مؤثر در تنفس خاک مطلوب باشد، بقایای موادآلی براحتی تجزیه خواهند شد. جهت فراهم نمودن بستر پایدار، خاک آلی استخر باید تجزیه شود. نسبت $C:N$ در خاکهای آلی زیاد می‌باشد و بنابراین با افزودن نیتروژن باید تجزیه را تسریع نمود. پروش دهندگان میگو به میزان ۱۰۰-۲۵ کیلوگرم در هکتار نیتروژن را در مزارع خود به کار می‌برند. تحقیقات آزمایشگاهی نشان داد که ۱۰۰ میلی‌گرم ازت در هر کیلوگرم خاک جهت افزایش مؤثر تجزیهٔ مواد آلی مورد نیاز است. هر نوع کود نیتروژنی را می‌توان مورد استفاده قرار داد ولی نیترات سدیم مؤثرتر می‌باشد. نیترات می‌تواند به عنوان منبعی از اکسیژن برای میکروارگانیسم‌ها در مواقع کمبود اکسیژن عمل نماید. کودها را باید بصورت یکنواخت در کف استخر پراکنده کرد و سپس با شخم زدن آن را باید با خاک مخلوط نمود.

مثال ۴: محاسبه میزان کود برای خاک

بستر استخری دارای مواد آلی با وزن مخصوص خشک ۰/۶ تن در مترمکعب است. خاک باید تا لایهٔ ۱۵ سانتی‌متری به میزان ۱۵۰ میلی‌گرم ازت در کیلوگرم کود دهی شود. میزان نیترات سدیم مورد نیاز را محاسبه نمائید. (۱۶٪N)

حل:

وزن خاک: $۶۰۰kg/m^۳ \times ۱۰۰۰۰m^۲/ha \times ۰/۱۵m = ۹۰۰۰۰۰kg/ha$

میزان نیترات سدیم مورد نیاز:

(۹۰۰۰۰۰/ha kg خاک ۰/۰۰۰۱۵ ÷ kgN/kg خاک) = ۱/۱۶kgN/kgNaNO$_۳$ = ۸۸۴kgNaNO$_۳$/ha

رسوب

یکی از مشکلات اصلی استخرهای آبزی پروری، رسوبگذاری است. پوشش گیاهی حوزهٔ آبریز، فرسایش باران و آبهای جاری را به حداقل می‌رساند. در مکانهایی که فعالیت امواج موجب فرسایش شدید دیواره‌ها می‌شود، می‌توان از درختان یا بوته‌ها به عنوان بادشکن استفاده نمود. همچنین می‌توان روی قسمتهای آسیب‌پذیر دیواره از سنگریزه جهت استحکام دیواره استفاده شود. استخرها را نباید بیش از حد هوادهی نمائیم. در استخرهائی که دارای سیستم هوادهی می‌باشند، کف آنها باید

در مناطقی که سرعت آب زیاد است، محکم باشد. با کوبیدن خاک، کاربرد لایه‌ای از سنگ و یا قرار دادن یک پوشش روی قسمت‌های آسیب‌پذیر می‌توان مقاومت در برابر فرسایش را افزایش داد. شخم زدن کف استخر که به منظور خشک کردن و تجزیهٔ مواد آلی صورت می‌گیرد، فرسایش استخرهای مجهز به سیستم‌هوادهی را افزایش خواهد داد. می‌توان از استخرهای رسوبگیر جهت رسوب دادن مواد معلق استفاده نمود. در آب و هوای بارانی، استخرها باید بسرعت آبگیری شوند. در غیراینصورت قسمتهای کم‌عمق فرسایش یافته و مواد فرسایشی در قسمت‌های عمیق‌تر استخر رسوب خواهد نمود. با وجود تمامی تلاشها، قسمتهای عمیق استخر بتدریج از رسوب پر خواهد شد.

خارج نمودن رسوب:

در بعضی مواقع استخرها و کانالهای آبرسانی باید لایروبی شوند. با استفاده از استخرهای رسوبگیر و یا جلوگیری از فرسایش حوزه آبریز می‌توان از ورود مواد جامد معلق از طریق آب ورودی ممانعت بعمل آوریم. در بعضی مواقع این کارها عملی نبوده و استخرها با رسوب پر خواهند شد. در اکثر استخرهای پرورش میگو، کانالهایی در اطراف لبهٔ داخلی استخرها جهت سهولت تخلیه و صید، احداث می‌شوند. این کانالها به سرعت با رسوب پر می‌شوند. بهترین کار اینست که رسوبات را خارج نموده و روی دیواره‌ها و یا به سمت خارج استخر ریخته شوند. اگر منبع آب مزارع میگو حاوی مقادیر زیاد مواد جامد معلق باشد و عملیات رسوبزدایی انجام نشود، ممکن است که کف استخر کاملاً از یک لایهٔ رسوب پوشیده شود. که در نهایت این رسوبات باید با صرف هزینهٔ زیادی خارج شوند. در بعضی مواقع از مواد آلی بصورت کود سبز یا کود حیوانی در استخرهای آب شیرین استفاده می‌شود بقایای این کودها در کف استخر رسوب می‌نمایند که هر چند وقت یکبار باید خارج شوند. در چین از این رسوبات به عنوان کود مزارع کشاورزی استفاده می‌شود.

حتی اگر استخرها را بخوبی از رسوبات با منشأ خارجی حفاظت کنیم، بعد از چند سال رسوبات با منشأ داخلی قسمت‌های عمیق استخر را پر خواهد کرد. با افزایش سن استخر، مشکلات این رسوبگذاری نیز افزایش می‌یابد. مشکل اصلی استخرهای قدیمی، تجمع رسوبات غنی از مواد غذایی و مواد آلی می‌باشد. بنابراین این رسوبات باید از استخر خارج گردند.

در استخرهای متراکم آبزیان، رسوبات را باید هرساله خارج نمود. در بعضی مناطق آسیای جنوب

شرقی از فواره‌های فشار قوی آب جهت معلق کردن رسوبات و شستن آنها از استخر استفاده می‌شود. البته این عمل چندان مفید نخواهد بود. زیرا با معلق شدن رسوبات در آب، تجزیهٔ موادآلی موجود در آن تسهیل می‌شود که این بنوبهٔ خود نیاز اکسیژنی را افزایش خواهد داد. همچنین ممکن است این رسوبات در آبهای طبیعی و یا استخرهای مجاور دوباره ته‌نشینی شوند.

در قسمت جنوبی تایلند، مزارع میگو رسوبات خارجی کمی دارند. زیرا آنها از آب دریا که غلظت مواد جامد در آن کم است، استفاده می‌نمایند. این مزارع بصورت متراکم (با تولید ۸ـ۳ تن در هکتار) بوده و بشدت هوادهی می‌گردند. جریانهای آبی که بواسطه هوادهی ایجاد می‌شوند موجب فرسایش شده و ذرات خاک را از قسمتهای محیطی بصورت معلق در می‌آورد. مواد آلی حاصل از مواد غذایی مصرف شده، مواد زائد میگو و پلانکتونهای مرده نیز بوسیلهٔ جریانها بصورت معلق در می‌آید. ذرات معلق خاک و مواد آلی، منشأ رسوبات داخلی می‌باشند. زیرا این مواد در مناطق مرکزی استخر، جائی که جریان آب ضعیف است ته‌نشین می‌شوند. بعد از تخلیه استخر، برآمدگیهای بزرگی از رسوبات با حجم ۱۰۰ـ۵۰ مترمکعب یا بیشتر دیده می‌شود. پرورش‌دهندگان میگو معتقدند که رسوبات آلی، خصوصیات سمی دارند. آنها همیشه بستر استخرها را خشک نموده و بین دو دورهٔ پرورشی رسوبات را خارج می‌نمایند. این عمل پرهزینه بوده و از طرفی موجب تغییر شیب استخر می‌شود.

خارج نمودن رسوبات از استخر چندان سودمند نمی‌باشد. این عمل پر هزینه بوده و گاهی اوقات موجب تخریب استخر می‌شود. همچنین این مواد آلوده‌کنندهٔ محیط می‌باشد معمولاً رسوبات را خارج نموده و در نزدیکی مزارع میگو انبار می‌کنند. این رسوبات علاوه بر اشغال فضای مفید، موجب آلودگی محیط زیست می‌شوند، زیرا نمکهای این رسوبات بوسیلهٔ باران شسته شده و در نتیجه موجب افزایش شوری خاکهای اطراف و از بین رفتن گیاهان می‌شود. مواد حاصل از شسته شدن رسوبات می‌تواند با افزایش شوری آبهای شیرین سطحی و زیر سطحی موجب آلوده شدن آنها گردد.

بهترین کار اینست که رسوبات را بوسیله بولدوزر در مکانهای فرسایش یافته استخر پراکنده نمائیم. خاک بستر باید کوبیده شود تا بوسیلهٔ جریانهای ایجاد شده توسط هوادهنده‌ها، فرسایش نیابند.

منابع آبی در بعضی مناطق نظیر اکوادور حاوی مقادیر زیادی مواد معلق می‌باشند. در نتیجه استخر به سرعت با رسوبات پر می‌شود. بنابراین خارج کردن مرتب رسوبات جهت جلوگیری از کاهش حجم استخر در چنین مناطقی ضروری می‌باشد.

تغییر شکل بستر:

اگر پیش‌بینی‌های لازم جهت کاهش رسوبات داخلی یا خارجی بعمل آمده باشد، استخرها برای چندین سال کارآیی خواهند داشت، بدون آنکه نیازی به خارج کردن رسوب داشته باشند، اگر رسوبات از نوع داخلی باشند، می‌توان آنها را از مناطق عمیق‌تر به مناطقی که فرسایش یافته و یا به سمت داخلی دیواره‌ها منتقل نمود. البته در بسیاری مواقع رسوبات باید از استخر خارج شوند و در مکانی که از لحاظ آلودگی محیطی مشکلی ایجاد نکند، تخلیه شوند.

تأثیر آهک پاشی

ترکیبات آهکی صرفنظر از نوع آهک مصرفی، تأثیرات زیر را در استخر بر جای می‌گذارند.

۱ ـ افزایش تولید

۲ ـ تعدیل pH

۳ ـ مبارزه با آفات و پارازیت‌ها.

۴ ـ کاهش لجن‌گذاری در بستر

افزایش تولید

آهک پاشی در استخرهای پرورش ماهی از طریق افزایش قلیائیت آب و تأمین دی‌اکسیدکربن مورد نیاز در فتوسنتز، با افزایش تولید اولیه و ماهی همراه است. در آبهای سبک و با قلیائیت ناچیز، کوددهی اغلب با شکست روبرو می‌شود. از اینرو توصیه می‌گردد که در این آبها، جهت موفقیت در کوددهی برنامه آهک‌پاشی نیز تنظیم شود. با تولید دی‌اکسیدکربن از یون بی‌کربنات، استمرار فتوسنتز روی می‌دهد. در طول شب دی‌اکسیدکربن آزاد شده از پدیدهٔ تنفس بتدریج کربنات کلسیم موجود در بستر را حل و بصورت بی‌کربنات محلول در آورده و بدین طریق قابلیت نگه‌داری دی‌اکسیدکربن را نسبت به آبهای سبک زیاد می‌کند. قلیائیت ناچیز در آب، علی‌رغم کوددهی مناسب، می‌تواند بعنوان یک عامل محدودکننده در تولید اولیه ظاهر گردد. در چنین شرایطی در حقیقت کمبود کربن و یا اشکال قابل دسترس آن، جهت رشد فیتوپلانکتونها، محدود می‌باشد. که این کمبود با عمل آهک‌پاشی در استخرها، برطرف می‌گردد.

آهک‌دهی در آبهای دیستروف که بر اثر مواد هومینی و رسی کدر گشته و حاوی ذخائر زیادی از مواد آلی بوده و یا استخرهای حاوی آب با *pH* و قلیائیت کم که بعلت وجود گل بستر نسبتاً اسیدی هستند، بهترین بازدهی را دارند. افزایش قلیائیت و سختی به درجهٔ اسیدی بودن آب و گل و مقدار آهک مصرفی بستگی دارد. از مهمترین تأثیرات آهک‌پاشی، کاهش نوسان *pH* استخرها در بعدازظهرها می‌باشد. یونهای *Ca* و *Mg* موجود در آب رسوب مواد کلوئیدی را مساعدتر و عمق نفوذ نور را افزایش می‌دهند. آهک‌دهی در دریاچه‌های باتلاقی عمق رویت صفحهٔ سکشی را از ۲ متر به ۵ متر رسانیده و توزیع اکسیژن آب را به همان میزان، زیاد می‌کند. علاوه بر این آهک‌دهی، میزان دی‌اکسیدکربن آزاد شده از گل بستر را به دلیل شرایط مناسبتر فعالیتهای باکتریایی بهبود می‌بخشد.

نیاز جلبکهای عمومی به کلسیم معادل *mg/lit* ۵ و منیزیم به مقدار *mg/lit*۲ می‌باشد. تاکنون حداقلی از میزان مورد نیاز *Ca* و *Mg* برای رشد ماهیان ارائه نشده است. بهر حال آبهای با سختی کل *mg/lit*۲۰، بنظر می‌رسد کفایت نمایند. در حالی که در آبهای با سختی کل، کمتر از *mg/lit*۵، قادر به رشد و نمو طبیعی نیستند.

آهک‌دهی در بستر استخر از طریق قلیایی کردن محیط سبب فعال شدن لجن بستر و سرعت در تجزیه مواد آلی می‌گردد. میزان آهک‌دهی جهت این منظور تابعی از عمق لجن می‌باشد. استخرهای با عمق لجن کمتر از *cm*۱۰، حداقل به میزان ۷۵۰ کیلوگرم، *cm*۲۰ ـ ۱۰ حدود *kg* ۱۵۰۰ و بیش از *cm*۲۰ معادل *kg*۲۰۰۰ آهک، جهت بهبود فعالیت باکتریایی، نابودی انگلها و موجودات ناخواسته نیاز دارند.

جذب فسفر توسط آهک بستر، می‌تواند منبع خوبی برای تأمین فسفر مورد نیاز گیاهان آبزی محسوب شود. کاربرد آهک در استخرهای با سختی کل بیش از *mg/lit*۲۰ بعلت هزینه‌های زیاد ناشی از آهک‌پاشی، چندان توصیه نمی‌گردد. همانند کوددهی اگرچه آهک‌پاشی سبب افزایش تولید فیتوپلانکتونها و زئوپلانکتونها می‌شود، ولی تأثیری بر روی ترکیب جنسی فیتوپلانکتونها ندارد. قابلیت زمانی تولید سخت‌پوستان در آبهای آهک‌دهی شده، به نصف تقلیل می‌یابد.

تعدیل pH

اصطلاح *pH* که مخفف دو کلمهٔ *Power* و *Hydrogen* می‌باشد، بیانگر قدرت یونی هیدروژن در آب است. لذا به $log[H^+]$ - در آب *pH* گویند. به عبارت دیگر، نسبت مولکولهای یونیزه شده به غیر

یونیزه در محیطهای آبی را pH می‌نامند.

به‌طوری که در pH معادل ۷، به ازای هر ۱۰ میلیون ملکول آب، تنها یک ملکول آن یونیزه شده است. و در $pH = 6$ به ازای هر میلیون، یک ملکول یونیزه وجود دارد. بنابراین در مقابل هر واحد افزایش pH، غلظت یون هیدروژن ده برابر می‌گردد. چنانچه در یک محیط آبی، رابطهٔ غلظت ملکولهای یونیزه به غیر یونیزه، برعکس شود، در اینصورت اصطلاحاً pH منفی خواهیم داشت. به عنوان مثال در $pH = -1$، به ازای هر ده ملکول یونیزه، تنها یک ملکول غیریونیزهٔ آب داریم.

تأثیرات pH در محیطهای آبی می‌تواند بصورت مستقیم، بواسطهٔ غلظت یون اسیدی یا بازی و همچنین تأثیرات جانبی از طریق انحلال مواد سمی در آب و یا تبدیل کیفی مواد (تبدیل آمونیوم به آمونیاک) حاصل گردد. علاوه بر این pHهای اسیدی و قلیایی قابلیت سمی مواد را تشدید می‌نمایند. براساس مطالعات *(EIFAC, 1998)* تأثیرات pH اسیدی و بازی در محیطهای آبی به شرح زیر آمده است.

محدودهٔ pH	تأثیر
۳/۵ ـ ۳	غیر محتمل است که در جایی، ماهی قادر به دوام بیش از چند ساعت باشد.
۴ ـ ۳/۵	این محدوده کشنده برای آزاد ماهیان، احتمال دارد ماهیانی نظیر لای ماهی، بارش و اردک ماهی بر اثر عادت بتوانند دوام آورند.
۴/۵ ـ ۴	برای اغلب ماهیان مضر، در صورت عادت قابل مقاومت، ولی تخم‌ریزی مقدور نیست.
۵ ـ ۴/۵	احتمالاً برای تخم و لارو آزاد ماهیان و حتی کپور ماهیان، در صورت تداوم، می‌تواند مضر باشد.
۶ ـ ۵	احتمالاً غیر مضر برای تمام ماهیان، افزایش CO_2 آب قادر است مشکل‌ساز باشد.
۶/۵ ـ ۶	برای ماهیان غیر مضر، مادامی که میزان CO_2، کمتر از $100ppm$ است.
۸/۵ ـ ۶/۵	محدوده مناسب برای ماهیان.
۹ ـ ۸/۵	هنوز برای ماهیان غیرمضر، مشروط بر آنکه مواد سمی متأثر از pH موجود نباشد.
۹/۵ ـ ۹	برای آزاد ماهیان و بارش در طولانی مدت خطرناک است.
۱۰ ـ ۹/۵	کشنده برای آزاد ماهیان و همچنین برای رشد و نمو پاره‌ای از ماهیان مشکل‌آفرین است.
۱۰/۵ ـ ۱۰	در صورت دوام pH، کشنده برای اغلب ماهیان.
۱۱ ـ ۱۰/۵	کشنده فوری برای آزاد ماهیان و در صورت ادامه برای کپور ماهیان.

نوسانات شدید pH، در استخرهای متراکم پرورش ماهیان گرم آبی، یکی از مشکلات عمده‌ای است که بعلت بهم خوردن تعادل شیمیایی آب ناشی از مصرف CO_2، از یکسو و نوسانات شدید O_2، اتفاق می‌افتد.

مکانیسم‌های عمدهٔ تعدیل pH را می‌توان، هوادهی، عدم تغذیه، ایجاد سایه بر روی استخر، تعویض آب استخر و یا هر عاملی که منجر به کاهش تولید اولیه می‌گردد، ذکر نمود. بهر حال مطمئن‌ترین روش جهت تعدیل pH، در صنعت پرورش ماهی، استفاده مناسب از اهک در استخرهای پرورش ماهی است. آهک پاشی در استخر بطریق زیر سبب تعدیل و کاهش pH در آب می‌گردد.

۱ ـ مرگ و میر ناگهانی جمعیت فیتوپلانکتونی: افزایش ناگهانی pH بر اثر آهک، سبب تلف شدن بخشی از فیتوپلانکتونها در آب می‌گردد، در نتیجه مصرف CO_2، کاهش می‌یابد.

۲ ـ کدر شدن آب: آهک پاشی در استخر، موجب می‌شود تا محلول شیری رنگی تشکیل و از طریق کدر شدن سبب کاهش فتوسنتز در آب می‌گردد.

۳ ـ رسوب یا ته‌نشینی فیتوپلانکتونها: رسوب تدریجی آهک در آب، بخشی از فیتوپلانکتونها را همراه با خود، در استخر ته‌نشین می‌نماید. این پلانکتونها ضمن خارج شدن از محدودهٔ فتوسنتز، خود منبع خوبی برای تأمین دی‌اکسیدکربن از طریق تجزیه فیتوپلانکتونها در بستر می‌گردند.

۴ ـ افزایش پتانسیل جذب و دفع دی‌اکسیدکربن در آب: با استفاده از افزایش قلیائیت آب و در نتیجه کاهش نوسانات pH در طول دورهٔ پرورش ماهی.

آهک‌پاشی در استخرهای پرورش ماهی، علاوه بر تأثیرات قابل توجه در ازدیاد، تولید و تنظیم pH، محیط بسیار مساعد و شادابی را نسبت به آبهای با قلیائیت ناچیز برای آبزیان فراهم می‌سازد. مطالعات انجام شده در خصوص تأثیر مواد آلاینده در آب، حاکی از کاهش اثرات سمی آلاینده‌ها در آبهای با سختی و قلیائیت زیاد است و از آهک به عنوان یک عامل کاهنده قوی در مقابل مواد آلاینده و سمی محسوب می‌گردد. و بر خلاف صنعت که در آبهای با سختی و قلیائیت بالا، سبب وارد شدن، خسارات زیادی به تأسیسات صنعتی و خانگی می‌شود، در عرصه پرورش ماهی افزایش سختی همراه با قلیائیت محیط مناسبتری را جهت پرورش ماهی فراهم می‌سازد.

pH اسیدی در اکوسیستم‌های آبی بویژه رودخانه‌ها، سبب انحلال هیدروکسید آلومینیوم $Al(OH)_3$ در آب شده که بر روی برانشی ماهی رسوب نموده و سبب اختلال در سیستم تعادل گازی می‌گردد. این

عارضه که با افزایش فرکانس تنفسی همراه است، به‌آن *Hyperventilation* می‌گویند و در صورت ادامه سبب خفگی و مرگ ماهیان می‌گردد. این پدیده بیشتر در رودخانه‌های با آب اسیدی ناشی از ذوب برفها در زمان تخم‌ریزی ماهیان در فصل بهار در بسیاری از کشورها بویژه اسکاندیناوی دیده می‌شود.

تأثیر نوسانات دی‌اکسیدکربن در ماهیان

دی‌اکسیدکربن موجود در آبهای طبیعی با توجه به منبع تأمین آن، بسیار متفاوت است. آبهای چشمه و چاه، منابع پاکیزه‌ای به‌شمار می‌روند که اغلب در کارگاههای تکثیر مورد استفاده قرار می‌گیرند. این آبها اغلب حاوی اکسیژن کم و دی‌اکسیدکربن فراوان می‌باشند و از این جهت قبل از استفاده در کارگاههای تکثیر، باید از جهت اکسیژن غنی گردند. در آبهای زیرزمینی، بعضاً تا ۱۰۰ برابر آبهای جاری دی‌اکسیدکربن قابل اندازه‌گیری است. نوسانات دی‌اکسیدکربن در استخرهای پرورش ماهی، امری است که به‌طور روزانه رخ می‌دهد. از آنجاکه غلظت دی‌اکسیدکربن خون ماهیان تابعی از غلظت آن در آب است، افزایش شدید دی‌اکسیدکربن در آب، باعث تشدید غلظت آن در خون ماهی می‌گردد. اسید کربنیک در ماهیان سبب کاهش اشباع هموگلوبین از اکسیژن گشته و ضربان تنفس در ماهیان را زیاد می‌کند. عوارض ناشی از فراوانی اسید کربنیک آزاد در ماهی را می‌توان با توجه به غلظت آن، بشرح زیر بیان نمود:

۱ـ عدم آرامش ماهی.

۲ـ افزایش تنفس

۳ـ بهم خوردن تعادل

۴ـ قرار گرفتن با پهلو و پشت (به‌طور موقت)

۵ـ قرار گرفتن با پهلو و پشت دائمی

۶ـ اختلالات تنفسی ـ فلج تنفسی

۷ـ متوقف شدن حرکات رفلکسی

۸ـ مرگ.

کاهش اکسیژن در ماهی، منجر به خفگی آن می‌گردد. لذا باز بودن آبششها در ماهیان تلف شده نشانه خوبی برای افزایش اسید کربنیک آزاد در آب است. حساسیت ماهیان نسبت به اسیدکربنیک

آزاد، متفاوت می‌باشد. به‌طوری‌که ماهیان قزل‌آلا، حساستر از کپور ماهیان و لای ماهی مقاومتر از دیگر ماهیان است. (جدول شماره ۸-۴).

جدول ۸-۴ـ حساسیت ماهیان نسبت به اسیدکربنیک آزاد *(Deufel, 1976)*

گونه ماهی	عدم آرامش	اختلالات تنفسی	بی‌حالی	قرارگرفتن باپهلو موقت	قرارگرفتن با پهلو دائم
قزل‌آلای رنگین‌کمان	۹ـ۱۸	۳۶	۳۶ـ۷۳	۵۵ـ۷۳	۱۴۷
قزل‌آلای نهری	۹ـ۱۸	۳۶	۳۶ـ۵۵	۴۶ـ۶۴	۱۳۸ـ۱۴۷
کپور	۱۸ـ۳۶	۵۵ـ۷۳	۲۰۲	۲۳۹	۲۵۷
لای‌ماهی	۵۵ـ۷۳	۱۱۰ـ۱۲۸	۳۸۵	–	۴۴۰

سازمان خواربار جهانی *(FAO)* با بهره‌گیری از منابع متعدد حد مجاز CO_2 برای ماهیان را ۲۵*ppm* تعیین نموده است، مشروط برآنکه O_2 کافی و حرارت مناسب برای ماهی موجود باشد. اگر چه این مقدار برای کپور ماهیان و لای ماهی مناسب است، ولی مقدار آن برای ماهی قزل‌آلای باید، با احتیاط تلقی گردد. *(Deufel, 1976)*

غلظت CO_2 آب چشمه‌ها تابعی از قلیائیت آب می‌باشد. اسیدکربنیک آزاد اندازه‌گیری شده در ده چشمه با قلیائیت‌های متفاوت در مناطق مختلف آلمان توسط *(Deufel, 1976)* در جدول ۹-۴ آمده است.

در تعیین غلظت حد مجاز اسیدکربنیک آزاد، در پرورش ماهی باید براساس میزان قلیائیت آب، تنظیم گردد. زیرا با افزایش آن حساسیت ماهی به CO_2 کاهش می‌یابد. حد مجاز CO_2 برای لارو ماهی قزل‌آلا در قلیائیت ۰/۵، در محدوده ۱۰ـ۱۵*ppm* و در قلیائیت ۳/۵، ۲۵ـ۳۰*ppm* است. در ماهیان انگشت قد، این مقادیر به ۱۵ـ۲۰*ppm* و ۳۰ـ۳۵*ppm* افزایش می‌یابد. از میزان CO_2 موجود در آب چشمه‌ها، پس ازخروج در اثر تبادل گازی با هوا، کاسته می‌شود. در کارگاههای تکثیر ماهی، چنانچه فاصله کافی از محل چشمه تا کارگاه وجود داشته باشد، بدون هرگونه اقدام، قابل استفاده می‌باشد، ولی چنانچه این فاصله بسیار کوتاه و زمان کافی جهت کاهش دی‌اکسیدکربن نباشد، هوادهی بعنوان مناسبترین روش توصیه می‌شود.

جدول ۹-۴ـ اسیدکربنیک آزاد اندازه‌گیری شده در ده چشمه با قلیائیت‌های متفاوت *(Deufel, 1976)*

چشمه شماره	قلیائیت	اسیدکربنیک آزاد (ppm)	تعداد آنالیز
۱	۷/۹	۱۲۸ـ۱۳۲	۲
۲	۷/۵	۴۴ـ۶۹	۱۲
۳	۶	۳۹ـ۵۴	۲۰
۴	۵/۵	۵۱ـ۶۹	۵
۵	۵/۳	۴۴ـ۶۹	۴
۶	۳/۵	۳۶ـ۵۷	۴
۷	۳/۶	۶۷ـ۲۸۴	۶
۸	۰/۴	۱۰ـ۴۵	۴
۹	۰/۲	۲۴ـ۲۸	۲
۱۰	۰/۱	۴۸ـ۶۷	۴

در آبهای با قلیائیت ناچیز و نوسانات زیاد *pH* همزمان با هوادهی باید آب از داخل تودهٔ آهک عبور نماید، تا با این روش قلیائیت آن افزایش یافته و نوسانات *pH* به حداقل برسد. یکی از تأثیرات جانبی افزایش دی‌اکسیدکربن در آب، ایجاد حبابهای گازی در ناحیهٔ چشم است که، منجر به بیماری اگزوفتالیک در ماهیان می‌گردند. در ۱۰۰ آزمایش انجام شده در لارو ماهیان قزل‌آلای مبتلا به بیماری حباب گازی تنها دو مورد ناشی از افزایش دی‌اکسیدکربن مشاهده شده است. بیماری حباب گازی در شرایط افزایش دی‌اکسیدکربن با درصدی حدود ۳۵۰٪ اشباع و نیتروژن ۱۱۸٪ حاصل می‌شود. هوادهی، سریعترین روش تعادل گازهای محلول در آب است. علاوه بر این، کاهش تولید اولیه نیز در این خصوص مؤثر می‌باشد.

فصل چهارم

نقش آهن در آبزی پروری

فراوانی آهن در آب، قبل از آنکه از دیدگاه سمی مورد توجه قرار گیرد، تاثیرات آن از نظر بیولوژیکی و فیزیکی قابل توجه است. آبهای دارای ۰/۵ ـ ۰/۳ میلی‌گرم در لیتر را باید آبهای حاوی آهن بالا، *mg/lit* ۱ ـ ۰/۵ را نسبتاً زیاد *mg/lit* ۳ ـ ۱ را زیاد و بیشتر از ۳ میلی‌گرم در لیتر را خیلی زیاد، طبقه‌بندی نمود.

انحلال آهن در آب

آهن همراه با منگنز، اغلب در آبهای احیا و با اکسیژن ناچیز، دیده می‌شوند. عمل احیا می‌تواند بر اثر تجزیه مواد آلی در خاک حاصل گردد. ترکیبات آهن غالباً در آب احیا می‌شوند. عمل احیا در آب را می‌توان براساس فرمول کلی زیر نمایش داد:

$$2FeS_2 + 2H_2O + 7O_2 \longrightarrow 2FeSO_4^{-2} + 2H_2SO_4$$

دی سولفید آهن معمولاً در آبهای باتلاقی یافت می‌شود، که بر اثر اکسیژن کافی به سولفات آهن و اسید سولفوریک اکسید می‌گردد. در زمان کمبود O_2، مرحله اکسیداسیون در صد هیدروژن سولفوره متوقف می‌شود. یک عامل احیا کنندهٔ قویتر از دی سولفید آهن، کربنات آهن است. کربنات آهن در حضور H_2CO_3 به بی‌کربنات تبدیل می‌گردد.

$$FeCO_3 + H_2O + O_2 \longrightarrow Fe(HCO_3)_2$$

بی‌کربنات آهن *(II)*، فراوانترین ترکیب آهن در آب چشمه‌هاست. که تنها در محیطهای آبی، در *pH* پائین (CO_2 زیاد) و کمبود O_2 وجود داشته و پایدار است. در آبهای با اکسیژن طبیعی، غلظت *Fe*، بسیار پائین است. بر اثر ارتباط بی‌کربنات آهن در آب با O_2 موجود در هوا، آهن *(II)*، اکسید و به شکل هیدروکسید آهن *(III)* رسوب می‌نماید. در این مرحله باید بین رسوب شیمیایی و بیولوژیک

آهن تمایز قائل شویم. رسوب شیمیایی، طی سه مرحله به شرح زیر انجام می‌گیرد:

۱. $Fe(HCO_3)_2 \longrightarrow Fe(OH)_2 + 2CO_2 \uparrow$

۲. $4Fe(OH)_2 + O_2 + 2H_2O \longrightarrow 4Fe(OH)_3$

۳. $2Fe(OH)_3 \xrightarrow{-3H_2O} Fe_2O_3$

رسوب هیدروکسید آهن *(III)* با افزایش اکسیژن، آهک، *pH* و حرارت تشدید می‌شود. بسیاری از گونه‌های میکروارگانیسمها قادرند آهن *(II)* را به *(III)* جهت آزاد نمودن انرژی، تبدیل نموده و انرژی حاصله را در سنتز شیمیایی مصرف می‌نمایند.

به عبارت دیگر، به منظور ساخت مواد آلی $(C_6H_{12}O_6)$ از آن استفاده کرده و در نتیجه CO_2 آزاد می‌کنند. در این فرآیند، باکتریهای آهن وارد عمل می‌شوند. مهمترین باکتریهای اکسیدکننده را می‌توان *Leptothrix ochracea* و *Gallionella ferruginea* نام برد. این باکتریها قادرند در آبهای با مقادیر کم آهن انتشار یابند. بیشترین گسترش آنها در آبهای حاوی *mg/lit* ۱۲ ـ ۱/۶ از *Fe(II)* می‌باشد.

اکسیداسیون بیولوژیک، بیشتر در محدودهٔ *pH*، ۷ ـ ۴/۵ انجام می‌گیرد. در $pH < 5$، رسوب بیولوژیک و شیمیایی آهن شدیداً کاهش می‌یابد. در حالی که اکسیداسیون شیمیایی در حرارت بالا، تسریع می‌گردد، باکتریهای آهن جهت گسترش حرارتهای پائین را ترجیح می‌دهند. رسوب آهن عمدتاً در خروجی چشمه‌ها و ورودی استخرها، به چشم می‌خورد و در محل ورودی استخرها بعلت آغشته شدن هوا با آب به مراتب بیشتر است. در استخرهای خالی می‌تواند بصورت غشایی نازک سطح استخرا را فراگیرد. *(Lukowicz, 1976)*

تأثیر آهن بر پرورش ماهی

تاکنون تأثیر شیمیایی آهن بر روی ماهیان گزارش نشده است. تنها در شرایط غلظت‌های بسیار بالا، نمکهای آهن بصورت سمی ظاهر می‌گردند. حد کشندگی نمکهای آهن با توجه به میزان آهک آب، برای سولفات و کلراید *g/lit* ۴ ـ ۰/۵ آمده است. عوارض ناشی از این املاح بصورت مشکلات تنفسی، بهم خوردن تعادل و فلج شدن، که در مرحله قبل از مرگ ظاهر می‌شود، بیشترین صدمات آهن ناشی از رسوب آن بر روی آبششها می‌باشد. به‌طوری که هیدروکسید دوظرفیتی محلول در آب،

در اطراف برانشی بصورت سه ظرفیتی اکسیده و رسوب می‌نماید. در چنین شرایطی، باکتریهای آهن در اطراف دهان و برانشی تجمع یافته و کلونی‌های بزرگی را تشکیل می‌دهند. در ابتدا این باکتریها بی‌رنگ بوده، ولی بر اثر رسوب آهن به رنگ قهوه‌ای در می‌آیند. مشابه همین مسئله در کارگاههای تکثیر، بر اثر تجمع باکتریهای آهن بر روی تخم ماهیان نیز مشاهده می‌گردد، که در نتیجه کمبود اکسیژن موجب مرگ تخم‌ها می‌شوند. بنابراین صدمات ناشی از *Fe* بر ماهیان بیشتر بخاطر تأثیر فیزیکی آن بوده، که مانع از تبادل اکسیژن می‌گردد. امکان بهبود ماهیان آسیب دیده در صورت نگه‌داری در آبهای پاکیزه و عاری از آهن وجود دارد. براساس، نظریه برخی از محققین هیدروکسید آهن *(III)* ، قادر است سبب تخریب آبششها شود. در استخرهای پرورش کپور ماهیان در فصل زمستان، بویژه، زمانیکه سطح استخر یخ زده باشد و کمبود اکسیژن شدید باشد، امکان تلف شدن ماهیان بر اثر *Fe* افزایش می‌یابد. مقادیر *Fe* محلول در آب جهت رسوب در برانشی‌ها در تحقیقات مختلف، متفاوت آمده است. پاره‌ای غلظت *mg/lit* ۱/۹ آهن را جهت تشکیل رسوب آهن بر روی برانشی‌ها لازم می‌دانند. به عنوان مثال، نتایج تحقیقات انجام شده بر روی ماهیان قزل‌آلا، به طولهای *۶cm* ـ ۵، *۱۲cm* ـ ۱۰ ، *۲۵cm* ـ ۲۰، که به مدت چندین ساعت در آب جاری چشمه با غلظت آهن *۵mg/lit*، قلیائیت معادل یک، *pH = ۶/۵* و اکسیژن محلول *۵/۵mg/lit* ، نگه‌داری شدند. پس از دو و نیم ساعت، هر ده ماهی گروه *۲۵cm* ـ ۲۰ ، بر اثر رسوب کامل آهن، بر روی برانشی‌ها تلف گشتند، حتی انتقال این ماهیان به آبهای تازه نتوانست آنان را نجات دهد. سایر ماهی‌ها در طول شب، نگه‌داری شده و در حالی که تمامی ماهیان *۱۲cm* ـ ۱۰ نیز تلف شدند، هیچ یک از افراد گروه *۶cm* ـ ۵ از بین نرفتند. جالب آنکه در آبشش آنها هیچ‌گونه تجمع هیدروکسید آهن دیده نشد. آزمایش مجدداً با مقادیر آهن بیشتر نیز تکرار گردید. که نتیجه آن مشابه بود. بنابراین هر چه ماهی کوچکتر باشد، تجمع آهن کمتر انجام می‌گیرد، تکرار آزمایش بر روی کپور ماهیان نیز صورت گرفت. نتایج عمومی در خصوص اندازهٔ ماهیان یکسان بود. بنابراین تأثیر *Fe* بر روی ماهیان بیش از همه تابع شرایط محیطی و اندازه ماهی می‌باشد.

آهن و تولید اولیه

Fe در مقادیر جزئی *۰/۰۶mg/lit* ، برای رشد گیاهان مورد نیاز است. افزایش *Fe* نه تنها برای

ماهیان، بلکه برای تولید اولیه در آب نیز اثرات نامطلوب دارد. تجمع آهن در بستر استخر، مانع از تبادل هوا با بستر شده و فعالیت موجودات بستر راکاهش می‌دهد. در بسترهای با آهن فراوان، توسعه میکروارگانیسمها متوقف می‌گردد. در واکنشهای اسیدی بستر به آهن به فسفات متصل می‌شود. هر چه pHکاهش یابد، فسفات آهن بیشتری تشکیل می‌شود. و بدین ترتیب، از طریق جذب فسفر آب، میزان تولید اولیه راکاهش می‌دهد. در بسترهای با رسوب آهن، موجودات کف‌زی صدمه دیده و از نظر شرایط زیست محیطی در وضعیت نامطلوبی قرار می‌گیرند. تنها مزیت حضور Fe ، تشکیل سولفید آهن ناشی از گوگرد آزاد شده بر اثر تجزیه مواد آلی می‌باشد. سولفید آهن به لجن استخر رنگ کاملاً سیاهی می‌دهد، ولی در سطح بر اثر اکسیداسیون رنگ قرمز به خود می‌گیرد. بنابراین در مجموع تأثیر آهن از نظر تولیدات بیولوژیک فراتر از اثر آن بر روی ماهیان است.

جلوگیری از صدمات آهن

قبل از بررسی تأثیر Feبر روی ماهی و استخر، باید حضور آن را تشخیص و تحت کنترل در آورد. آبهای حاوی آهن اغلب در محلهای خروجی رنگ متمایل به قهوه‌ایی در بستر، ناشی از رسوب آهن، تشکیل می‌دهند. آبهای حاوی هوموس آهن، بوی مردابی و رنگ زرد متمایل به قهوه‌ای دارند. جهت دفع آهن در پرورش ماهی، بهترین اقدام اجتناب از آبهای حاوی آهن زیاد می‌باشد. در صورت ضرورت استفاده از آبهای حاوی آهن، می‌بایست شرایط اکسیداسیون و حذف آهن از آب را فراهم سازیم. بهترین اقدام در این خصوص، هوادهی و هم‌چنین طولانی نمودن فاصله آب خروجی چشمه یا چاه، تا محل کارگاه مورد استفاده می‌باشد. میزان اکسیژن مورد نیاز جهت اکسیداسیون آهن در مواقع هوادهی، حداقل mg/lit ۱۰ ـ ۸ است. سرعت اکسیداسیون تابعی از پاره‌ای پارامترهای شیمیایی آب، نظیر pH، میزان آهک، هم‌چنین حرارت، سرعت جریان آب و پروفیل طولی و عرضی جریان آب می‌باشد. در شرایطی که حذف آهن به‌طور طبیعی مقدور نباشد، باید از طریق هوادهی این امکان را فراهم سازیم. استفاده از پمپ‌های ماموت در استخرها و جریانهای آبی و هم‌چنین کاربرد فیلترهای کوارتز با دانه‌بندی mm ۲ ـ ۱ ، این عمل را تسریع می‌بخشد. هوادهی مصنوعی یک روش مطمئن، جهت حذف Feبه شمار می‌رود، مادامی که آهن بصورت بی‌کربنات و pHآب بیش از ۵ باشد. در آبهای با pHبیش از ۵ اکسیداسیون آهن (II) ، علی‌رغم وجود اکسیژن کافی چندان امکانپذیر

نیست. بویژه آنکه واکنشهای اسیدی ناشی از H_2SO_4 وجود داشته باشد، که در این حالت Fe بصورت ترکیبات کمپلکس هومات آهن در می‌آید. لذا در چنین شرایطی باید، افزایش pH از طریق آهک‌پاشی انجام شود. در یک آزمایش آب با سرعت $0/07 lit/sec$ از درون یک فیلتر به ابعاد $70 cm \times 60 \times 60$ (پر شده از قطعات بی‌کربنات کلسیم به قطر حدود $5cm$)، عبور داده شد. در این آزمایش میزان Fe از $5 mg/lit$ به $0/3 mg/lit$ کاهش یافت. قطعات آهک موجود در فیلتر، پس از دو روز از آهن پوشیده شده و فیلتر تأثیر خود را از دست داد. از چنین فیلترهایی می‌توان برای شرایط خاص بویژه، کارگاههای تکثیر جهت کاهش آهن آب استفاده نمود. از محاسن وجود آهن در استخرهای پرورش ماهی تشکیل سولفید آهن و ممانعت از تشکیل H_2S می‌باشد. هیدروژن سولفوره گازی سمی و خطرناک برای ماهیان بوده و شدت یونیزه شدن آن تابعی از حرارت و pH است. (جدول ۵)

جدول ۵- درصد سولفید هیدروژن غیریونیزه در آب در دامنه حرارت و pH متفاوت

	درجه‌حرارت (C)								
pH	۱۶	۱۸	۲۰	۲۲	۲۴	۲۶	۲۸	۳۰	۳۲
۵/۰	۹۹/۳	۹۹/۲	۹۹/۲	۹۹/۱	۹۹/۱	۹۹/۰	۹۸/۹	۹۸/۹	۹۸/۹
۵/۵	۹۷/۷	۹۷/۶	۹۷/۴	۹۷/۳	۹۷/۱	۹۶/۹	۹۶/۷	۹۶/۵	۹۶/۳
۶/۰	۹۳/۲	۹۲/۸	۹۲/۳	۹۲/۰	۹۱/۴	۹۰/۸	۹۰/۳	۸۹/۷	۸۹/۱
۶/۵	۸۱/۲	۸۰/۲	۷۹/۲	۷۸/۱	۷۷/۰	۷۵/۸	۷۴/۶	۷۳/۴	۷۲/۱
۷/۰	۵۷/۷	۵۶/۲	۵۴/۶	۵۳/۰	۵۱/۴	۴۹/۷	۴۸/۲	۴۶/۶	۴۵/۰
۷/۵	۳۰/۱	۲۸/۹	۲۷/۵	۲۶/۳	۲۵/۰	۲۳/۸	۲۲/۷	۲۱/۶	۲۰/۶
۸/۰	۱۲/۰	۱۱/۴	۱۰/۷	۱۰/۱	۹/۶	۹/۰	۸/۵	۸/۰	۷/۶
۸/۵	۴/۱	۳/۹	۳/۷	۳/۴	۳/۲	۳/۰	۲/۹	۲/۷	۲/۵
۹/۰	۱/۳	۱/۳	۱/۲	۱/۱	۱/۰	۱/۰	۰/۹	۰/۹	۰/۸

C.E: Boyd, water Quality in Pounds for Aquaculture, 1990. (A.D.R)

فصل پنجم

نقش اکسیژن در پرورش ماهی

مقدمه

اکسیژن محلول در آب اساسی ترین فاکتور حیاتی برای آبزیان است، که از طریق مکانیکی و انتشار به آب وارد شده و بخش عمده‌ای که از طریق فتوسنتز گیاهان حاصل می‌گردد. نفوذ اکسیژن از طریق انتشار، اختصاص به لایه سطحی آب، به ضخامت ۲ الی ۳ میلی‌متر دارد. اکسیژن محلول در آب جهت پدیدهٔ تنفس موجودات زنده، تخمیر هوازی باکتریها و اکسیداسیون مواد بکار می‌رود. بسیاری از پرورش دهندگان ماهی بر این عقیده‌اند که چون در استخر تلفاتی را مشاهده نمی‌کنند، پس مشکلی در ارتباط با اکسیژن محلول در آب ندارند. بعبارت دیگر تصور عامیانه بر این است که اگر کمبود اکسیژن در آب باشد، ماهیان بصورت دسته جمعی تلف خواهند شد، که این باور غلطی است، زیرا مرگ آخرین مرحله از سلسله تغییراتی است که از مدتها قبل شروع و در مراحل رشد و تولید اثرات مخربی داشته، که در ادامه آن منجر به مرگ می‌گردد. از آنجائی که این تغییرات اغلب قبل از تلف شدن ماهی نامرئی هستند، از چشم پرورش‌دهندگان دور می‌مانند بهر حال در بسیاری حالات این تغییرات منجربه مرگ نمی‌شوند. از علائم کمبود اکسیژن برای ماهیان می‌توان، عدم میل به تغذیه، بیماری ماهی، کاهش رشد و تولید مثل و نهایتاً مرگ ماهی را ذکر نمود. اکسیژن محلول در آب، قابلیت سمی مواد بویژه آمونیاک و هیدروژن سولفوره راکه برای ماهیان بسیار سمی هستند، کاهش می‌دهد. نقش اکسیژن در اکسیداسیون کودهای حیوانی که به‌طور مستقیم قابل جذب فیتوپلانکتونها نمی‌باشند و باید به ترکیبات معدنی، تبدیل گردند، بسیار با اهمیت است.

بقایای موجودات زنده و مواد غذایی در شرایط وجود اکسیژن کافی، سرعت تجزیه و بصورت مواد قابل مصرف در می‌آیند. بنابراین وجود اکسیژن در آب از شاخص‌های بسیار مهم کیفی آن می‌باشد.

عملکردهای اکسیژن محلول در آب

میزان اکسیژن محلول به عواملی مانند شب و روز، فصول، حرارت، فشار و املاح محلول بستگی دارد. از طرفی عواملی نظیر سکون، باکتریها و مواد آلی، تراکم زیاد ماهیان، یخبندان و یا افزایش شدید حرارت باعث کاهش اکسیژن آب می‌گردند. در این موارد ماهیان در سطح آب یا در نقاطی که اکسیژن بیشتری دارند، تجمع می‌یابند. احتیاج ماهیان به اکسیژن تابعی از سن و نوع آن‌ها است. ماهیان کپور به ۵*mg/lit* و قزل‌آلا به ۸*mg/lit* اکسیژن نیاز دارند. کاهش اکسیژن به کمتر از ۱*mg/lit* در چند ساعت، سبب مرگ کپور ماهی می‌شود. در هنگام شب بر اثر مصرف شدید اکسیژن توسط گیاهان، باکمبود اکسیژن در استخر روبرو می‌شویم، در چنین شرایطی، معمولاً ماهیان به سطح اب آمده و گلبولهای قرمز آنان افزایش می‌یابد. در استخرهای متراکم پرورش ماهی، مشکلات ناشی از کمبود اکسیژن بصورت حادتر و در دفعات بیشتر بروز می‌نماید. تغذیه متراکم و مواد زائد ناشی از متابولیسم مواد مغذی و هم‌چنین شکوفایی پلانکتونها در طول شبانه‌روز، در تعادل فتوسنتز و تنفس اختلال شدیدی ایجاد کرده که می‌تواند منجر به استرس یا مرگ ماهیان گردد.

نوسانات اکسیژن محلول را می‌توان تابعی از عوامل فیزیکی و شیمیایی و هم‌چنین تولیدکنندگان و مصرف‌کنندگان دانست.

فاکتورهای فیزیکی و شیمیایی

درجه حرارت آب: دما به‌طور مستقیم و غیر مستقیم در مقدار اکسیژن محلول در آب، تأثیر می‌گذارد. به‌طوری که افزایش آن باعث خروج گاز اکسیژن از آب می‌گردد. به‌طور کلی آبهای گرم ظرفیت نگهداری اکسیژن کمتری نسبت به آبهای سرد دارند. در جدول ۶ رابطه انحلال اکسیژن در حرارتها و شوریهای مختلف رشدی را نشان می‌دهد.

جدول ٦ – قابلیت انحلال اکسیژن در حرارت و شوریهای مختلف

درجه حرارت									
(C°)	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
۱	۱۴/۲۱۶	۱۳/۷۳۳	۱۳/۲۶۶	۱۲/۸۱۵	۱۲/۳۷۸	۱۱/۹۵۶	۱۱/۵۴۸	۱۱/۱۵۴	۱۰/۷۷۳
۲	۱۳/۸۲۹	۱۳/۳۶۴	۱۲/۹۱۴	۱۲/۴۷۸	۱۲/۰۵۷	۱۱/۶۵۰	۱۱/۲۵۶	۱۰/۸۷۵	۱۰/۵۰۷
۳	۱۳/۴۶۰	۱۳/۰۱۱	۱۲/۵۷۷	۱۲/۱۵۶	۱۱/۷۵۰	۱۱/۳۵۶	۱۰/۹۷۶	۱۰/۶۰۸	۱۰/۲۵۲

۴	۱۳/۱۰۷	۱۲/۶۷۴	۱۲/۲۵۵	۱۱/۸۴۹	۱۱/۴۵۶	۱۱/۰۷۶	۱۰/۷۰۸	۱۰/۳۵۲	۱۰/۰۰۸
۵	۱۲/۷۷۰	۱۲/۳۵۲	۱۱/۹۴۷	۱۱/۵۵۴	۱۱/۱۷۵	۱۰/۸۰۷	۱۰/۴۵۱	۱۰/۱۰۷	۹/۷۷۴
۶	۱۲/۴۴۷	۱۲/۰۴۳	۱۱/۶۵۲	۱۱/۲۷۲	۱۰/۹۰۵	۱۰/۵۵۰	۱۰/۲۰۶	۹/۸۷۲	۹/۵۵۰
۷	۱۲/۱۳۹	۱۱/۷۴۸	۱۱/۳۶۹	۱۱/۰۰۲	۱۰/۶۴۷	۱۰/۳۰۳	۹/۹۷۰	۹/۶۴۷	۹/۳۳۵
۸	۱۱/۸۴۳	۱۱/۴۶۵	۱۱/۰۹۸	۱۰/۷۴۳	۱۰/۳۹۹	۱۰/۰۶۶	۹/۷۴۴	۹/۴۳۱	۹/۱۲۸
۹	۱۱/۵۵۹	۱۱/۱۹۴	۱۰/۸۳۹	۱۰/۴۹۵	۱۰/۱۶۲	۹/۸۳۹	۹/۵۲۶	۹/۲۲۳	۸/۹۳۰
۱۰	۱۱/۲۸۸	۱۰/۹۳۳	۱۰/۵۹۰	۱۰/۲۵۷	۹/۹۳۴	۹/۶۲۱	۹/۳۱۸	۹/۰۲۴	۸/۷۳۹
۱۱	۱۱/۰۲۷	۱۰/۶۸۴	۱۰/۳۵۱	۱۰/۰۲۸	۹/۷۱۵	۹/۴۱۲	۹/۱۱۷	۸/۸۳۲	۸/۵۵۶
۱۲	۱۰/۷۷۷	۱۰/۴۴۴	۱۰/۱۲۱	۹/۸۰۸	۹/۵۰۵	۹/۲۱۰	۸/۹۲۵	۸/۶۴۸	۸/۳۷۹
۱۳	۱۰/۵۳۷	۱۰/۲۱۴	۹/۹۰۱	۹/۵۹۷	۹/۳۰۲	۹/۱۰۷	۸/۷۳۹	۸/۴۷۰	۸/۲۱۰
۱۴	۱۰/۳۰۶	۹/۹۹۳	۹/۶۸۹	۹/۳۹۴	۹/۱۰۸	۸/۸۳۰	۸/۵۶۱	۸/۳۰۰	۸/۰۴۶
۱۵	۱۰/۰۸۴	۹/۷۸۰	۹/۴۸۵	۹/۱۹۸	۸/۹۲۱	۸/۶۵۱	۸/۳۸۹	۸/۱۳۵	۷/۸۸۸
۱۶	۹/۸۷۰	۹/۵۷۵	۹/۲۸۹	۹/۰۱۰	۸/۷۴۰	۸/۴۷۸	۸/۲۲۳	۷/۹۷۶	۷/۷۳۷
۱۷	۹/۶۶۵	۹/۳۷۸	۹/۰۹۹	۸/۸۲۹	۸/۵۶۶	۸/۳۱۱	۸/۰۶۴	۷/۸۲۳	۷/۵۹۰
۱۸	۹/۴۶۷	۹/۱۸۸	۸/۹۱۷	۸/۶۵۴	۸/۳۹۹	۸/۱۵۱	۷/۹۱۰	۷/۶۷۶	۷/۴۴۹
۱۹	۹/۲۷۶	۹/۰۰۵	۸/۷۴۲	۸/۴۸۶	۸/۲۳۷	۷/۹۹۵	۷/۷۶۱	۷/۵۳۳	۷/۳۱۲
۲۰	۹/۰۹۲	۸/۸۲۸	۸/۵۷۲	۸/۳۲۳	۸/۰۸۱	۷/۸۴۶	۷/۶۱۷	۷/۳۹۵	۷/۱۸۰
۲۱	۸/۹۱۴	۸/۶۵۸	۸/۴۰۸	۸/۱۶۶	۷/۹۳۰	۷/۷۰۱	۷/۴۷۹	۷/۲۶۲	۷/۰۵۲

ادامه جدول ٦

۲۲	۸/۷۴۳	۸/۴۹۸	۸/۲۵۰	۸/۰۱۴	۷/۷۸۵	۷/۵۶۱	۷/۳۴۴	۷/۱۳۴	۶/۹۲۹
۲۳	۸/۵۷۸	۸/۳۳۴	۸/۰۹۸	۷/۸۶۷	۷/۶۴۴	۷/۴۲۶	۷/۲۱۴	۷/۰۰۹	۶/۸۰۹
۲۴	۸/۴۱۸	۸/۱۸۱	۷/۹۵۰	۷/۷۲۵	۷/۵۰۷	۷/۲۹۵	۷/۰۸۹	۶/۸۸۸	۷/۶۹۳
۲۵	۸/۲۶۳	۸/۰۳۲	۷/۸۰۷	۷/۵۸۸	۷/۳۷۵	۷/۱۶۸	۶/۹۶۷	۶/۷۷۱	۶/۵۸۱
۲۶	۸/۱۱۳	۷/۸۸۸	۷/۶۶۸	۷/۴۵۵	۷/۲۴۷	۷/۰۴۵	۶/۸۴۹	۶/۶۵۸	۶/۴۷۲
۲۷	۷/۹۶۸	۷/۷۴۸	۷/۵۳۴	۷/۳۲۶	۷/۱۲۳	۶/۹۲۶	۶/۷۳۴	۶/۵۴۸	۶/۳۶۶

۲۸	۷/۸۲۷	۷/۶۱۳	۷/۴۰۴	۷/۲۰۱	۷/۰۰۳	۶/۸۱۰	۶/۶۲۳	۶/۴۴۱	۶/۲۶۳
۲۹	۷/۶۹۱	۷/۴۸۲	۷/۲۷۸	۷/۰۷۹	۶/۸۸۶	۶/۶۹۸	۶/۵۱۵	۶/۳۳۷	۶/۱۶۴
۳۰	۷/۵۵۸	۷/۳۵۴	۷/۱۵۵	۶/۹۶۱	۶/۷۷۲	۶/۵۸۹	۶/۴۱۰	۶/۲۳۶	۶/۰۶۶
۳۱	۷/۴۳۰	۷/۲۳۰	۷/۰۳۶	۶/۸۴۶	۶/۶۶۲	۶/۴۸۳	۶/۳۰۸	۶/۱۳۷	۵/۹۷۲
۳۲	۷/۳۰۵	۷/۱۱۰	۶/۹۲۰	۶/۷۳۵	۶/۵۵۵	۶/۳۷۹	۶/۲۰۸	۶/۰۴۲	۵/۸۸۰
۳۳	۷/۱۸۳	۶/۹۹۳	۶/۸۰۷	۶/۶۲۶	۶/۴۵۰	۶/۲۷۸	۶/۱۱۱	۵/۹۴۸	۵/۷۹۰
۳۴	۷/۰۶۵	۶/۸۷۹	۶/۶۹۷	۶/۵۲۰	۶/۳۴۸	۶/۱۸۰	۶/۰۱۷	۵/۸۵۷	۵/۷۰۲
۳۵	۶/۹۴۹	۶/۷۶۷	۶/۵۹۰	۶/۴۱۷	۶/۲۴۸	۶/۰۸۴	۵/۹۲۴	۵/۷۶۸	۵/۶۱۷
۳۶	۶/۸۳۷	۶/۶۵۹	۶/۴۸۵	۶/۳۱۶	۶/۱۵۱	۵/۹۹۱	۵/۸۳۴	۵/۶۸۱	۵/۵۳۳
۳۷	۶/۷۲۷	۶/۵۵۳	۶/۳۸۳	۶/۲۱۸	۶/۰۵۶	۵/۸۹۹	۵/۷۴۶	۵/۵۹۷	۵/۴۵۱
۳۸	۶/۶۱۹	۶/۴۴۹	۶/۲۸۳	۶/۱۲۱	۵/۹۶۳	۵/۸۱۰	۵/۶۶۰	۵/۵۱۳	۵/۳۷۱
۳۹	۶/۵۱۴	۶/۳۴۸	۶/۱۸۶	۶/۰۲۷	۵/۸۷۳	۵/۷۲۲	۵/۵۷۵	۵/۴۳۲	۵/۲۹۲
۴۰	۶/۴۱۲	۶/۲۴۹	۶/۰۹۰	۵/۹۳۵	۵/۷۸۳	۵/۶۳۶	۵/۴۹۲	۵/۳۵۲	۵/۲۱۵

J. Huguenin and J.Colt, Design and Operating Guide for Aquaculture Seawater systems; 1989 (A.D.R)

علاوه بر حرارت و شوری میزان فشار هوا در انحلال اکسیژن مؤثر است به‌طوری که هر چه فشار هوا کاهش یابد، انحلال اکسیژن در آب نیز کمتر خواهد شد. دریاچه‌های مناطق کوهستانی که در ارتفاعات بالا قرار دارند، مقدار اکسیژن محلول کمتری را دارا هستند این فشار جو جهت پرورش ماهی اهمیت دارد که تغییرات ناگهانی در فشار هوای جو بر میزان اکسیژن محلول در استخر تأثیر می‌گذارد. زیرا گرچه مکان پرورش ماهی از نظر ارتفاع ثابت است، ولی فشار هوا در یک منطقه، همیشه یکسان نیست. به‌طوری که قبل از طوفانها، ایجاد سیستم‌های کم‌فشار، موجب کاهش اکسیژن محلول در آب می‌گردد. کاهش فشار می‌تواند سرعت آزادسازی گازهای سمی محبوس شده در لجن استخر را تسریع کند، که پرورش دهندگان به این پدیده «گاز گرفتگی استخر» می‌گویند.

اختلاط آب:

فراوانی پلانکتونها در استخرهای ماهی، منجر به لایه‌بندی حرارتی می‌شود. پلانکتونها دارای دورهٔ زندگی کوتاهی بوده و لذا همواره یک ریزش دائمی از پلانکتونهای مرده به منطقه هیپولیمنیون وجود

دارد، که در آنجا بسرعت، سبب تهی شدن آب از اکسیژن می‌گردند. زیرا در این منطقه غلظت مواد احیا کننده زیاد است. شکست لایه‌بندی حرارتی باعث آمیزش آب لایه‌های فوقانی با تحتانی (زیرین) شده، که منجر به مصرف اکسیژن توسط مواد احیاکننده می‌گردد، که می‌تواند سبب مرگ ماهی شود. از دلایل مهم این اختلاط آب را می‌توان یک کاهش ناگهانی حرارت آبهای سطحی و نزول آن به اعماق و بالا راندن آب هیپولیمنیون به لایه‌های فوقانی، نام برد. ریزش بارانهای سرد و جریانهای سطحی با حرارت پائین، پس از ورود به استخر می‌توانند باعث اختلاط آب گردند.

با افزایش املاح در آب قابلیت انحلال اکسیژن کاهش می‌یابد. از آنجائی که پرورش ماهی، عموماً در آبهای داخلی و با شوری قابل چشم‌پوشی صورت می‌گیرد، بنابراین این مسئله اهمیت چندانی ندارد.

نوسانات اکسیژن در استخر

تأمین بخش عمده‌ای از اکسیژن استخر از اتمسفر می‌باشد. آب استخرها در زمانی که اکسیژن آن کمتر از حد اشباع باشد. مقدرای از اکسیژن جو از طریق انتشار بدان وارد می‌گردد و در حالت فوق اشباع بخشی از آن وارد جو می‌شود. نیرویی که سبب ا ین توازن است، اختلاف در کشش اکسیژن موجود در جو و آب می‌باشد. لذا در هنگام برقراری تعادل این نقل و انتقال متوقف می‌گردد. نقصان اکسیژن و اکسیژن مازاد را می‌توان بصورت معادلهٔ زیر بیان نمود:

$$D = Do_e - Do_m$$

$$S = Do_m - Do_e$$

که در این معادله از Do_e غلظت تعادل یا اشباع اکسیژن در آب، Do_m غلظت اندازه گیری شدهٔ اکسیژن در آب است.اکسیژن از طریق تماس لایه نازک سطحی آب با هوا، بدان وارد یا خارج می‌گردد. سرعت ورود یا خروج تابعی از میزان D یا S می‌باشد، به‌طوری که هر چه D یا S بیشتر باشد، سرعت جذب اکسیژن یا رهاسازی آن افزایش می‌یابد. پیکره آبهای طبیعی هرگز در آرامش و تعادل کامل با اکسیژن در آب نبوده و انتقال محلول‌اکسیژن، از طریق توربولانس (اغتشاش) تنظیم می‌گردد. پیش‌بینی شدت انتقال اکسیژن استخرها مشکل است، زیرا غلظت محلول اکسیژن در طول شبانه‌روز دائماً متغیر می‌باشد. در صبح زود، غلظت اکسیژن کمتر از حد اشباع بوده، در حالی که در طول روز، بر اثر عمل

فتوسنتز ممکن است به فوق اشباع در برسد. بنابراین انتشار اکسیژن صبح زود به داخل آب و در طول روز به بیرون از آن صورت می‌گیرد. در اوایل شب آبها ممکن است از نظر اکسیژن فوق اشباع باشند، اما پس از چند ساعت، تنفس ناشی از موجودات زنده استخر، این وضعیت را تغییر می‌دهد. مطالعات انجام شده نشان می‌دهد که شدت انتشار اکسیژن جو به آب به میزان اکسیژن موجود در آب بستگی دارد. افزایش اکسیژن در جهت اشباع باعث کاهش میزان انحلال آن از طریق انتشار خواهد شد.

تولید اکسیژن از طریق فتوسنتز

میزان فتوسنتز در استخرهای پرورش ماهی تابعی از فراوانی فیتوپلانکتونها و شدت نور است. در استخرهای پرورش ماهی، فیتوپلانکتونها از عوامل مهم کدورت آب بوده، که شدت نفوذ نور عموماً، به فراوانی فیتوپلانکتونها بستگی دارد. نقطه جبرانی، عمقی است که در آن مقدار اکسیژن تولیدی از طریق فتوسنتز معادل اکسیژن مصرفی در تنفس است، در دامنه‌هایی از ۷۵cm ـ ۴۰ قرار دارد. میزان تولید اکسیژن پلانکتونی ۴mg/lit ـ ۱ در ساعت در لایه‌های فوقانی آب استخر برآورد شده است. در ۱۰cm ـ ۲ لایهٔ فوقانی، حدود ۹۰ ـ ۸۰٪ فتوسنتز انجام می‌گیرد. این مقدار با افزایش عمق کاهش می‌یابد. فراوانی پلانکتونها در سطح آب و کاهش نفوذ نور و حرارت سبب لایه‌بندی حرارت در استخرهای ماهیان می‌گردد. بنابراین با وجود اینکه در سطوح آب مقادیر زیادی اکسیژن تولید می‌شود، کمتر با لایه‌های زیرین مخلوط شده و انتشار اکسیژن از آب به هوا تسریع می‌گردد. اثر متقابل نور و پلانکتون را باید در غلظت فوق اشباع اکسیژن در سطح آب و نقصان آن در لایه‌های عمیق‌تر دانست.

مصرف اکسیژن

ماهیان مختلف در طی دورهٔ تکاملی با شرایط متفاوتی سازگاری یافته‌اند. ماهیانی که در آبهای با جریان زیاد و غنی از اکسیژن زندگی می‌کنند، بر خلاف ماهیانی که در آبهای راکد و یا با جریانی ضعیف زیست می‌نمایند، نیاز به اکسیژن بیشتری داشته و تحمل آنان در مواقع کمبود اکسیژن ناچیز می‌باشد. مصرف اکسیژن توسط ماهیان با درصد اکسیژن اشباع ارتباطی نداشته و عموماً به درجه حرارت آب بستگی دارد. از دیگر عوامل مؤثر در مصرف اکسیژن را می‌توان دی‌اکسیدکربن محلول، pH آب، متابولیسم و وزن انفرادی ماهی‌دانست. مطالعات اخیر نشان می‌دهند که با افزایش غلظت O_2، تنفس

ماهی بیشتر می‌شود. (جداول ۱-۶ و ۲-۶)

جدول ۱ -٦- میزان اکسیژن مصرفی در ماهیان پرورشی (گرم اکسیژن بر کیلوگرم ماهی در ساعت)

گونه	اندازه گرم	درجه‌حرارت سانتیگراد	نسبت تغذیه	مقداراکسیژن مصرفی	منابع
قزل‌آلای رنگین‌کمان	۱۰۰	۱۵	؟	۰/۳	Liao (1971)
	۱۰۰۱	۱۵	سطح تغذیه	۰/۳	Muller - Fuega et al (1978)
	۲۸/۱	۱۵	تغذیه نکرده	۰/۲۳	Brett and Zala (1975)
	۲۸/۶	۱۵	۳٪ وزن بدن در روز	۰/۲۸	
	۱۰۰	۳۰	تغذیه ندارد	۰/۵۶	Andrews and Matsuda (1975)
	۱۰۰	۳۰	سیر	۰/۸۱	Andrews and Matsuda (1975)
کپور معمولی	۱۰۰	۱۰	غذادهی	۰/۱۷	Beamish (1964)
		۲۰	غذادهی	۰/۴۸	Beamish (1964)
		۲۵	غذادهی	۰/۷۰	Beamish (1964)
فیتوفاگ	۱۵	۲۰	-	۰/۲۰	Muhamedova (1977)
	۲۴۰	۲۳	غذادهی	۰/۲۵	Vetskanov (1975)
تیلاپیا	۵۰	۲۵	تغذیه ندارد	۰/۱۶	Ross and Ross (1984)
	۵۰	۳۰	تغذیه ندارد	۰/۲۴	Ross and Ross (1984)
	۵۰	۳۵	تغذیه ندارد	۰/۴۰	Ross and Ross (1984)
میگوی آب شیرین	۰/۵g	۲۴	تغذیه ندارد	۳۶/۰	Nelson et al (1977)
	۰/۵	۲۴	در حال سیری	۴۳/۰	Nelson et al (1977)

M.C.M. Beveridge, Cage Aquaculture, 1987. (A.D.R)

مصرف اکسیژن توسط باکتریها

یکی از عمده‌ترین موارد مصرف اکسیژن محلول در آب استخرهای پرورش ماهیان گرم ابی، تجزیه مواد است که توسط باکتریها انجام می‌گیرد. باکتریهای موجود در استخر از نظر مصرف اکسیژن به سه گروه تقسیم می‌شوند. باکتریهای هوازی که برای تجزیه مواد از اکسیژن محلول در آب استفاده می‌نمایند. باکتریهای غیر هوازی که نیازی به اکسیژن محلول در آب ندارند و از منابع دیگر تأمین می‌نمایند و بالاخره باکتریهای اختیاری که بر حسب ضرورت به هر دو روش زیست می‌کنند. بدیهی است در استخرهای پرورش ماهی باکتریهای هوازی بسیار با اهمیت تلقی می‌شوند. این باکتریها،

عموماً هتروتروف یا اتوتروف می‌باشند. باکتریهای هتروتروف مواد آلی موجود در استخر را مورد مصرف قرار داده و برای تجزیه این مواد، اکسیژن نسبتاً زیادی مصرف و در فرآیند آن دی‌اکسیدکربن، آب و انرژی تولید می‌کنند. انرژی تولیدی صرف سوخت و ساز و تولید مثل باکتریها می‌گردد.

جدول ۲-۶- بار آلودگی اندازه‌گیری شده ناشی از مصرف بیولوژیکی اکسیژن (میلی‌گرم اکسیژن بر دقیقه) بر اساس وزن ماهی و نرخ تغذیه

	(درصد وزن ماهی در روز)				
وزن بدن (g)	٪۰/۰	٪۲/۵	٪۵/۰	٪۷/۵	٪۱۰/۰
۳۰	۰/۰۶	۰/۱۰	۰/۱۴	۰/۱۸	۰/۲۲
۴۰	۰/۰۷	۰/۱۳	۰/۱۸	۰/۲۳	۰/۲۸
۵۰	۰/۰۸	۰/۱۵	۰/۲۱	۰/۲۸	۰/۳۴
۶۰	۰/۰۹	۰/۱۷	۰/۲۵	۰/۳۲	۰/۴۰
۸۰	۰/۱۱	۰/۲۱	۰/۳۱	۰/۴۱	۰/۵۲
۱۰۰	۰/۱۲	۰/۲۵	۰/۳۸	۰/۵۰	۰/۶۳
۱۵۰	۰/۱۵	۰/۳۴	۰/۵۴	۰/۷۳	۰/۹۲
۲۰۰	۰/۱۸	۰/۴۳	۰/۶۹	۰/۹۴	۱/۲۰
۲۵۰	۰/۲۰	۰/۵۲	۰/۸۴	۱/۱۶	۱/۴۸
۳۰۰	۰/۲۲	۰/۶۱	۰/۹۹	۱/۳۷	۱/۷۵

ادامه جدول ۲-۶

۴۰۰	۰/۲۶	۰/۷۷	۱/۲۸	۱/۷۹	۲/۳۰
۵۰۰	۰/۲۹	۰/۹۳	۱/۵۷	۲/۲۱	۲/۸۴
۶۰۰	۰/۳۲	۱/۰۹	۱/۸۵	۲/۶۲	۳/۳۸
۸۰۰	۰/۳۸	۱/۴۰	۲/۴۲	۳/۴۴	۴/۴۶
۱۰۰۰	۰/۴۳	۱/۷۰	۲/۹۷	۴/۲۵	۵/۵۳
۱۵۰۰	۰/۵۳	۲/۴۵	۴/۳۶	۶/۲۷	۸/۱۸

۱۰/۸۰	۸/۲۷	۵/۷۲	۳/۱۷	۰/۶۲	۲۰۰۰
۱۶/۱۰	۱۲/۳۰	۸/۴۳	۴/۶۰	۰/۷۸	۳۰۰۰
۲۱/۳۰	۱۶/۲۰	۱۱/۱۰	۶/۰۱	۰/۹۱	۴۰۰۰
۲۶/۵۰	۲۰/۲۰	۱۳/۸۰	۷/۴۰	۱/۰۳	۵۰۰۰
۳۱/۷۰	۲۴/۱۰	۱۶/۴۰	۸/۷۹	۱/۱۴	۶۰۰۰
۴۲/۱۰	۳۱/۹۰	۲۱/۷۰	۱۱/۵۰	۱/۳۳	۸۰۰۰
۲۵/۵۰	۳۹/۷۰	۲۷/۰۰	۱۴/۲۰	۱/۵۰	۱۰۰۰۰
۱۰۴/۱۰	۷۸/۷۰	۵۳/۲۰	۲۷/۷	۲/۱۹	۲۰۰۰۰
۱۵۵/۷۰	۱۱۷/۵۰	۷۹/۲۰	۴۰/۹۰	۲/۷۲	۳۰۰۰۰
۲۰۷/۲۰	۱۵۶/۱۹	۱۰۵/۲۰	۵۴/۲۰	۳/۱۹	۴۰۰۰۰

Spotte, Fish and Invertebrate Culture; Copyright 1979. reprinted with permission of John Wiley & Sons Inc. (A.D.R)

بار آلودگی ناشی از مصرف بیولوژیکی اکسیژن (میلی‌گرم بر دقیقه) از فرمول زیر محاسبه می‌شود:

$$X = \sum_{j=1}^{q} B_j^{0/544} \times 10^{-2}) + 0\backslash 1051F$$

که در آن:

X: اکسیژن مورد نیاز در دقیقه به میلی‌گرم در لیتر

B: وزن انفرادی جانور (گرم)

F: مقدار غذای وارد شده به سیستم در روز

q: تعداد جانور نگهداری شده

باکتریهای اتوتروف مواد معدنی را مورد هجوم قرار می‌دهند. زیرا توانایی حمله به مواد آلی را ندارند. در این گروه می‌توان به باکتریهای آهن، گوگرد و ازت اشاره نمود.

مصرف O_2 در کف استخر نیز تابعی از موجودات کفزی و مواد آلی موجود در لجن بستر است. به‌طور کلی آبی که مستقیماً با بستر در تماس است، از O_2 کمتری نسبت به لایه‌های بالایی برخوردار می‌باشد. برخی مطالعات نشان می‌دهد، مقدار اکسیژنی که در مدت ۲۴ ساعت در بستر استخر جذب می‌شود، ۳g ـ ۱ در هر مترمربع از کف استخر است. (جدول ۳-۶)

جدول ۳-۶ـ مصرف بیوشیمیایی اکسیژن در ۲۴ ساعت برای مواد گوناگون موجود در استخر در حرارت ۳۰° (درصد وزن خشک)

ماده	غلات	$BOD\ gO_2/kg24h$
پلت ۲۵٪ پروتئین	۹۰/۰	۱۴۰
مخلوط جو و گندم آسیاب شده	۹۰/۰	۹۶
دانه گندم	۹۱/۰	۴۰
دانه ذرت	۸۸/۰	۱۸
کود		
کود مرغی	۹۵/۰	۲۰ـ۴۰
کود خشک مزارع	۳۶/۰	۱۰
کود ترگاو	۱۲/۵	۷
کود ترگوساله	۹/۰	۵
کود خشک انسانی	۲۶/۵	۳۵ـ۵۰
فضولات انسانی	۲/۰	۲/۵ـ۳/۰
علوفه‌ها		
گیاهان آبزی	@۸/۰	۵/۴
گیاه آبزی شناور	**@۸/۰**	**۶/۳**
گیاه آبزی مستغرق	@۸/۰	۸/۶
علوفه‌های خاکی	@۲۰/۰	۱۳/۴

D. Little and J.Muir, A Guide to Integrated Warm Water Aquaculture, 1987) (A.D.R)

چنانچه در یک استخر به‌مساحت ۱۰۰۰ متر مربع با عمق یک متر و ۱۰۰۰ متر مکعب آب ۱۰۰ کیلوگرم کود خشک به‌استخر اضافه شود، میزان *BOD* ۲۴ساعته در دمای ۳۰ درجه معادل ۱۰ گرم در کیلوگرم کود در ۲۴ ساعت می‌باشد که این مقدار معادل ۱ میلی‌گرم در لیتر است.

مصرف اکسیژن توسط گیاهان

تمام موجودات گیاهی که در طول روز از طریق فتوسنتز اکسیژن تولید می‌نمایند، پس از قطع نور، خود مصرف‌کنندهٔ اکسیژن و تولیدکنندهٔ دی‌اکسیدکربن می‌گردند. بنابراین هر چه تراکم گیاهان آبزی در استخر بیشتر باشد، اکسیژن بیشتری در روز تولید و در شب مصرف خواهد شد.

علی‌رغم مواردی که قبلاً در خصوص مصرف اکسیژن توسط باکتریها گفته شد، در استخرهای غنی از موجودات گیاهی در طول شب، بزرگترین مصرف‌کنندهٔ اکسیژن، گیاهان هستند. در استخرهای پرورش ماهیان گرم آبی با آبهای راکد و پوشش گیاهی ماکروفیت‌ها، فقط گیاهان غرقابی

اهمیت دارند. به‌طور کلی فیتوپلانکتونها، مهمترین گروه موجودات استخرها بوده، که تولید اولیه را تشکیل می‌دهند، ولی آیا اینکه قادرند به اندازه اکسیژن مصرفی در طول روز، تولید نمایند، به طول مدت روشنایی یا نور تابشی به استخر، بستگی دارد. به‌همین دلیل تکرار روزهای ابری و هوای غبارآلود که فتوسنتز راکاهش می‌دهد، می تواند مخاطره‌آمیز باشد. اگرچه تشخیص آب استخر از نظر میزان اکسیژن محلول بدون استفاده از پارامترهای آزمایشگاهی مشکل است، با این همه از طریق مشاهدات ظاهر آب و رفتار اکسیژن مشکل دارند، تا حدی آگاه گردید. از تغییر رنگ جلبکها به‌طور ناگهانی از رنگ سبز به قهوه‌ای یا خاکستری، باید به امکان مرگ فیتوپلانکتونی مشکوک شد. این پلانکتونها، پس از مرگ لکه‌های جلبک در حال پوسیدن در سطح آب استخر ایجاد می‌نمایند که نیاز به اکسیژن فراوانی دارند. حضور مقادیر زیاد ماهیان در سطح آب که اغلب به بلعیدن هوا مشغولند، از دیگر علائم نقصان اکسیژن است. *(Dendy, 1965)* از لایه‌های نازک چوبهای با رنگ روشن که به تازگی بریده شده‌اند، جهت تعیین وضعیت اکسیژن استفاده می‌شود. قرارگرفتن این چوبها در آبهای با اکسیژن بسیار کم، سبب تیره شده آنان می‌گردد، که در اثر واکنش تانن موجود در چوب با آهن در آبهای بی‌هوازی است. بهترین چوب تازه برای تشخیص اکسیژن، انواع چوب تازهٔ خانواده بلوط و شاه بلوط می‌باشند. (جدول ۴-۶)

جدول ۴-٦ـ میزان مصرف اکسیژن شیمیایی و بیوشیمیایی (*COD* و*BOD*) درگیاهان ماکروفیت استخر

ماکروفیت	نوع	COD	BOD0.5	BOD1	BOD2	BOD3	BOD4	BOD 5	$\frac{COD}{BOD}$
Typha lotifolia	–	۱/۰۸	۰/۰۴۵	۰/۰۶۷	۰/۱۰۵	۰/۱۲۱	۰/۱۴۵	۰/۱۴۸	۷/۳
Eichhornia Crassipes	شناور	۰/۰۸۸	۰/۰۴۴	۰/۰۷۹	۰/۱۰۹	۰/۱۲۸	۰/۱۴۵	۰/۱۵۷	۵/۶۱
Najas	غوطه‌ور	۱/۰۹	۰/۰۷۷	۰/۱۰۷	۰/۱۸۱	۰/۲۸۳	۰/۳۱۳	۰/۳۸۵	۲/۸۵

D. Little and J.Muir, A Guide to Integrated Warm Water Aquaculture, 1987). (A.D.R)

فصل ششم

هوادهی در پرورش ماهی

تراکم ماهی در استخرهای متراکم، بدلیل افزایش فعالیت‌های متابولیکی و بهره‌گیری از کوددهی و تغذیه، اکسیژن بیشتری از آب را طلب می‌کند. در نتیجه مکانیسم‌های طبیعی قادر به اکسیژن مورد نیاز نمی‌باشند. و لذا باید اقدام به هوادهی نمائیم. هوادهی عملی است که به کمک آن اکسیژن تمام یا بخشی از استخر را تا حدی افزایش داده که تضمین کننده میزان اکسیژن مورد نیاز ماهیان باشد. در سیستم غیر متراکم، هوادهی استخرها، صرفاً جهت نجات جان ماهیان صورت می‌گیرد. در حالی که در استخرهای متراکم تأمین اکسیژن نقش بسیار عمده‌ای از دیدگاه اقتصادی برای پرورش دهندگان ماهی ایفا می‌نماید. اهداف هوادهی را می‌توان در تزریق اکسیژن به آب جهت تأمین، خروج گازهای نامطلوب، جلوگیری از تجمع مواد زائد در بستر، کاهش گونه‌های نامطلوب، یکنواختی حرارتی، چرخش آب و بهبود شرایط کوددهی و آهک‌پاشی ذکر نمود. از علائم حیاتی در استخرهای پرورش ماهی که بیانگر کمبود اکسیژن در آب بوده و نیاز هوادهی در استخر را آشکار می‌نماید می‌توان به مواردی همچون بلعیدن هوا، مرگ و میر در صبح زود، تلف شدن ماهیان بزرگتر و باز بودن دهان در ماهیان سردآبی، اشاره نمود. در میان کپور ماهیان حساسیت کپور نقره‌ای به کمبود اکسیژن بیشتر از ماهی آمور و کپور معمولی می‌باشد. جدول شماره ۷ برخی از سیستم‌های هوادهی را نشان می‌دهد.

جدول ۷- معرفی برخی از سیستمهای هوادهی

نوع	سطح هوادهی کیلوگرم O_2 برکیلووات ساعت	ظرفیت هوادهی به درصد	منابع
سطح هوادهی			
سطحی یا سرعت کم	۱/۲ ـ ۲/۴	۰	Metcalf and Eddy (1979)
سطحی باسرعت کم یاآبخورلوله‌ای	۱ ـ ۲/۴	۰	

سطحی‌سرعت زیاد	۱/۲ ـ ۲۴	۰	
باروئی			
با تیغه‌های سه گوش	۲/۹ ـ ۲/۷	۰	Ahmad and Boyd (1988)
با لوله‌های pvc تیغه‌دار	۱/۹ ـ ۱/۲	۰	Boyd et al. (1988)
با نیروی تراکتور	۱۳ ـ ۲/۰	۰	Buschetal. (1984)
هوادهنده‌های ثقلی			
پلکانی آبشاری (45°)	۱/۸ ـ ۱/۵	۰	Tebbutt (1972)
با سطح سراشیبی با زاویه 20°	۱/۹ ـ ۱/۰	۰	Chesness et al. (1971; 1972)
غربال محوری	۲/۶ ـ ۱/۲	۰	Hartman (1983)
هواده مشبک	۲/۶ ـ ۱/۸	۰	Chesness et al. (1971; 1972)
ستون بسته یا ستونهای مظروف			
سرپائین	۲A ـ ۱/۲	۰	Hackney and Colt (1982)
با سر 1/0m ـ 0/5	۸۰ ـ ۱۰ (1)	۰	
هوادهنده‌های عمقی			
هواده مخروطی	۲/۵	ـ	Speece et al. (1971)
پمپ‌های هوادهنده چپ	۲/۱ ـ ۲/۰	۳۰ (1)	Nagy (1979); Cornacchia and Clot(1984);Reinemann and Timmons (1989)

ادامه جدول ۷

هوادهنده افشان			
حباب ریز	۲/۰ ـ ۱/۲	۳۶ (2)	Metcalf amd Eddy Ine. (1979); Colt and Westers (1982)
حباب متوسط	۱/۶ ـ ۱/۰	۳۲ (2)	Metcalf amd Eddy (1979)
حباب درشت	۱۲ ـ ۰/۶	۲۸ (2)	

هوادهنده‌های پخش‌کننده	۱۳ ـ ۲۶	—	Chesness et al. (1973); Dijkstra et al (1979)
پمپ‌های هوادهنده	۱/۷ ـ ۱/۹	—	Boyd and Carnpbell (1974); Clot and Wester (1982)
ثابت پایینی	۱/۸ ـ ۲/۴	۲۹ (۲)	Ban and Carnpbell (1974); Colt and Wester (1982)
لوله‌ای U شکل			
سرپایینی	۰/۷۲ ـ ۲/۳	—	Speece (1970)
با سر ۱/۰m ـ ۰/۵	۱۰ ـ ۴۰	—	
هوادهنده‌های تهویه‌ای	۲/۰ ـ ۳/۳	۵۱ (۲)	Toerber and Mandt 1979; Colt and Westers (1982)

(۱) شامل قدرت پمپ‌دهی نیست

(۲) صرفاً یک تخمین

Colt and Orwicz, In:D.E. Brune and J.R. Tomasso Aquaculture and Water Quality; 1991. (A.D.R)

سیستم‌های هوادهی

در استخرهای پرورش ماهی، مهمترین منبع تأمین کمبود اکسیژن، استفاده از هوادهی و جذب اکسیژن موجود در جو می‌باشد که به دو روش پنوماتیکی و یا هیدرولیکی صورت می‌گیرد. در روش اول، انرژی لازم توسط کمپرسور به هوای اطراف داده شده و قابلیت نفوذ آن در آب را افزایش می‌دهد. در نتیجه بخشی از اکسیژن موجود در جو را در آب حل می‌نماید. در روش دوم انرژی مستقیماً به آب استخر وارد، آب حاوی انرژی بخش بیشتری از اکسیژن جو را در خود حل می‌نماید. لذا به این روش «هوادهی سطحی» می‌گویند. اساس این روش هوادهی، پمپ آبی است که انرژی آب را افزایش می‌دهد. ایجاد آبشار، فواره یا یک نازل می‌تواند عامل اختلاط هوا و اب باشد. در هوادهنده‌های هیدرولیکی، پخش آب توسط یک افشانک ساده قابل انجام است. در کمپرسها که انواع مختلفی از آن قابل استفاده‌اند، هوا از طریق یک جسم متخلخل بدرون آب تزریق می‌شود، نظیر یک لوله درازکه در آن سوراخهایی تعبیه شده و یا سنگ هوا که کاربرد اصلی آن در پرورش ماهی است از میان هوادهنده‌های زیادی که در سطح جهانی مورد استفاده قرار می‌گیرند، نمونه‌هایی از آن را مورد

بررسی قرار می‌دهیم.

هوادهنده سطحی[1]

کار این نوع هوادهنده‌ها بدینصورت است که از طریق پمپ، آب را از استخر بالاکشیده و در هوای روی استخر پخش می‌نمایند. پخش آب توسط فواره نیز سبب می‌گردد تا قطرات ریز، اکسیژن هوا را جذب نموده و در هنگام برخورد با سطح استخر، موجب تلاطم آب و افزایش اختلاط هوا با آن گردند. اختلاط آب ورودی در استخر می‌تواند به‌طور طبیعی تا حدی عمل هوادهی سطحی را انجام دهد. هوادهنده‌های سطحی در داخل استخر قرار گرفته و در نتیجه گردش پره‌های آن بطریق عمودی یا افقی، آب را به هوا پاشیده و یک جریان عمودی یا افقی در استخر ایجاد می‌کنند، که باعث افزایش اکسیژن محلول می‌گردد.

هوادهندهٔ چرخ آسیابی[2]

این دستگاه هوادهنده در کشورهای آسیای شرقی طرفداران زیادی داشته و اساس کار آن در پروانه‌هایی است که عمود بر سطح آب می‌چرخند و آب استخر را بصورت قطرات ریز به بالا پرت نموده و در نتیجه مقداری از اکسیژن هوا را در خود حل می‌نمایند. این دستگاه توسط شناورهایی روی آب قرار می‌گیرد. با این حال که دستگاه یادشده قادر به‌ایجاد حرکت افقی و عمودی آب بخوبی نیست و لذا قادر به تأمین اکسیژن در لایه‌های پائین آب نمی‌باشد. ضمن آنکه سر و صدای نسبتاً زیادی داشته و تبخیر آب را افزایش می‌دهد. در مقابل راندمان خوبی در مقایسه با انرژی مصرفی و قیمتی داشته و مانع از گل آلودگی آب، در آبهای کم عمق می‌گردد و روش ساخت آن ساده می‌باشد.

هوادهنده چرخشی[3]

این دستگاه که برای استخرهای پرورش ماهی طراحی دشه است، بدینصورت عمل می‌کند که پروانه‌ای در عمق حدود نیم‌متری به موازات سطح آب چرخیده و گردابی ایجاد نموده که با ایجاد تلاطم و پخش آب باعث افزایش اکسیژن در آب می‌گردد.

این هوادهنده کوچک و قابل جابجایی بوده و در هنگام کار جریان نسبتاً بهتری از سطح به عمق

---

1. Surface aerator
2. Paddle wheel aerator
3- Rotary and Impeller

ایجاد می‌نماید. از آنجائی که امکان برخورد بچه ماهی با پروانه در استخرهای متراکم وجود دارد، از معایب این دستگاه در چنین استخرهایی به شمار می‌رود. با این همه برای استخرهای کوچک، قابل توصیه است.

هوادهنده قارچی

در این نوع هوادهنده، پمپ‌های غرقابی وجود دارد که در کف استخر نصب می‌شوند. به‌طوری که آب را از کف مکیده و به سطح می‌رانند. و در سطح آب فواره کوتاهی ایجاد می‌کند که به شکل قارچ است. این هوادهنده‌ها که با موتورهای کوچک و سبک ساخته می‌شوند، کارآیی بالایی داشته و صرفاً برای استخرهای بتونی و کم‌عمق توصیه می‌شوند. زیرا چنانچه کف استخر سیمانی نباشد آب را بشدت گل‌آلود می‌کند.

هوادهنده‌های پنوماتیکی

این گروه از هوادهنده‌ها، بیشتر با دمیدن هوا به‌طور مستقیم در داخل آب کار می‌کنند. هوا توسط انواع مختلفی از کمپرسورها به آب تزریق و از طریق لوله‌های سوراخدار یا اجسام متخلخل مثل سنگ هوا موجب ایجاد حبابهایی در داخل آب می‌گردند. حبابهای یاد شده که در آب شناور بوده در خلال عبور از لایه‌های آب تا رسیدن به سطح، بخشی از اکسیژن خود را از دست می‌دهند. از طرفی این سیستم سبب بوجود آمدن جریان ضعیفی از پائین به بالا و در نتیجه مخلوط شدن لایه‌های آب و غنی شدن تمامی تودهٔ آب از اکسیژن می‌گردد. سبک شدن آب، بواسطه تشکیل حبابها، خروج گازهای سمی نظیر H_2S، NH_3 و CH_4 را به سطح آب تسریع می‌نماید. هوادهنده‌های پنوماتیکی باعث تعدیل درجه حرارت در سطوح مختلف آب می‌گردند. استفاده از این شیوه هوادهی باکتریهای هوازی بستر را فعالتر نموده و در نتیجه تجزیه بی‌هوازی کمتر رخ می‌دهد. مقدار تبخیر در این روش در مقایسه با هوادهی سطحی کمتر می‌باشد. شدت جذب اکسیژن در آب رابطه معکوس با قطر حبابهای ایجاد شده دارد، به‌طوری که هر چه اندازه حبابها کوچکتر باشد، بدلیل سطح تماس بیشتر، جذب اکسیژن بیشتری از آنان صورت می‌گیرد. (جداول ۱-۷ و ۲-۷)

جدول ۱-۷ـ تأثیرات هوادهی (AF) در هواده‌های ثقلی

ارتفاع به سانتی‌متر	تأثیرات هوادهی به درصد	منابع
	نوع سر پائین	
ابشاری	با زاویهٔ ۴۵ درجه	
۲۵ سانتی‌متر	۲۲ـ۲۶	Tebbun (1972)
۵۰ سانتی‌متر	۳۶ـ۳۸	
باسطح‌سراشیبی موج‌دار	زاویه ۲۰ درجه	
۳۰ سانتی‌متر	۹۵ـ۱۰۰	Chesness and Stephens (1971)
۶۰ سانتی‌متر	۳۰ـ۵۰	
سبد سوراخ‌دار محوری		
۱۱۰ سانتی‌متر	۹۵ـ۱۰۰	Strasburg (1964)
هواده مشبک		
۳۰ سانتی‌متر	۲۹ـ۳۷	Cheness and Stephens (1971)
۶۰ سانتی‌متر	۴۸ـ۶۱	
پلکانی ساده		
۳۰ سانتی‌متر	۷ـ۱۰	Haskell et al. (1960)
بصورت پاشیدن		
۳۰ سانتی‌متر	۲۳ـ۲۵	Chesness and Stephens (1971)
۶۰ سانتی‌متر	۳۶ـ۴۱	
ستون بسته		
۳۰ سانتی‌متر	۹۴ـ۶۹	Hackney and Clot (1982)
۶۰ سانتی‌متر	۹۶ـ۹۸	
	نوع سر بالا	
	۶۱	Moore and Boyd (1984)
هوادهنده	۸۳	
خروجی نیمه باز سوپاپ دار	۷۶	
غربالی	۵۹	
غربالی پوشیده با صخره‌ها	۶۳	
غربالی پوشش‌دار	۵۲	

ادامه جدول ۱-۷

غربالی ممتد	۵۱	
سرپوش سوراخ‌دار	۶۵	
غربالی	۵۱	
	۵۳	
لوله سوراخدار	۲۵	
هوادهنده نشان‌دار	۷۲	

Colt and Orwicz, In:D.E. Brune and J.R. Tomasso Aquaculture and Water Quality; 1991. (A.D.R)

جدول ۲-۷ـ سیستم‌های هوادهی و میزان انتقال اکسیژن

سیستم هوادهی	استاندارد نسبت انتقال براساس kgO_2/kwh	$6mgl^{-1}O_2$ (b)
بصورت حبابهای ریز	۱/۰ ـ ۲/۰	۰/۲۵ ـ ۰/۴۲
بصورت حباب متوسط	۱/۰ ـ ۱/۶	۰/۲۱ ـ ۰/۳۴
حباب درشت	۰/۶ ـ ۱/۲	۰/۱۳ ـ ۰/۲۵
هوادهی سطحی با سرعت کم	۱/۲ ـ ۲/۴	۰/۲۵ ـ ۰/۸۰
هوادهی سطحی باسرعت بیشتر	۱/۲ ـ ۲/۵	۰/۲۵ ـ ۰/۵۰
هوادهنده‌های تهویه‌ای	۱/۲ ـ ۲/۴	۰/۲۵ ـ ۰/۵۰
هوادهنده‌های شناور	۱/۲ ـ ۲/۴	۰/۲۵ ـ ۰/۵
هوادهنده لوله‌ای U شکل		
در پایین	۴/۵	۰/۹۵
در کف	۴۵/۶	۹/۵۸
هوادهی ثقلی	۱/۲ ـ ۱/۸	۰/۲۵ ـ ۰/۳۸
سیستم اکسیژن دهی خالص		
حباب ریز	-	۱/۲ ـ ۱/۸۰
هوادهنده‌های سطحی		۱/۰ ـ ۱/۲
توربینی		۱/۲ ـ ۱/۵

J. Colt and W.Tchobanoglous, In: Proceedings of the Bio-Engineering Symposium for Fish Culture, Copyright 1981-with Permission of American Fisheries Society (A.D.R)

هوادهنده مکشی مدل Ventori

اساس کار این دستگاه، مکش هوا در اثر ایجاد فشار آب می‌باشد. به‌طوری که در قسمت عمیق استخر با نصب یک پمپ زیر آبی که آن را به دهانه بزرگتر یک لوله قیفی شکل متصل می‌سازند و روشن نمودن آن، با عبور حجم زیاد آب در قسمت اول و تنگ شدن لوله در قسمت انتهایی، باعث افزایش فشار آب شده، که در این منطقه لوله عمودی از سطح آب به آن متصل و فشار آب موجود، هوای لولهٔ عمودی را مکیده و بصورت حبابهایی با آب مخلوط و وارد استخر می‌گردد.

دمنده‌های هوا

دستگاههای دمنده هوا که با فشار زیاد، هوا را به درون آب می‌دمند، در سالهای گذشته طرفداران فراوانی داشته‌اند. امروزه این دستگاهها، بیشتر در سالنهای تکثیر میگو و ماهیان دریایی استفاده می‌شوند. و در استخرهای پرورش ماهی، بدلیل هزینه‌های بالای نصب و راه‌اندازی، مطلوبیت چندانی ندارند. این دستگاه که به کمک پروانه‌هایی با سرعت بالا، هوا را از یک مجرا دمیده و به کمک لوله‌های *PVC*، به سنگ هوا یا ابزار مشابه‌ای که در داخل آب قرار دارد، متصل می‌گردد. لذا این دستگاهها نیاز به صرف هزینه‌های زیادی جهت لوله‌کشی و سنگ هوا دارند. و به همین جهت از این دستگاهها بیشتر جهت سیستم‌های مدار بسته و کارگاههای تکثیر ماهی استفاده می‌شود.

کمپرسور هوا

در این روش، هوای فشرده ایجاد شده، توسط یک کمپرسور قوی از طریق لوله‌های گالوانیزه یا *PVC* بدرون استخر هدایت شده و سبب هوادهی استخر می‌گردد. از آنجائی که در این روش هوادهی از موتور مکانیکی و سنگین استفاده می‌شود، مقداری روغن موتور نیز همراه هوا به بیرون انتشار یافته و موجب آلودگی می‌گردد.

دستگاههای air - jet

هوادهنده‌های *air - jet* جدیدترین وسایل هوادهی در استخرهای پرورش ماهی با موتور الکتریکی با قدرتهای نیم تا ۵۰ اسب می‌باشند. لذا از این دستگاهها می‌توان در استخرهای پرورش ماهی تا دریاچه‌های با عمق نسبتاً زیاد برای هوادهی استفاده نمود. موتور این دستگاه، یک شافت میان تهی به قطر ۳ *cm* داشته، که در قسمت انتهایی آن، چند شکاف وجود دارد. در قسمت سر شافت پروانه‌ای قرار گرفته، که در هنگام چرخش باعث جلو راندن آب و در نتیجه ایجاد خلاء در جلوی شافت می‌گردد و به‌همین جهت هوا از قسمت شیار انتهایی مکیده و به آب تزریق می‌گردد. گردش پروانه به نحو مؤثری باعث اختلاط آب و هوا و جریان آب در استخر می‌شود. مجموعه شافت موتور دستگاه بر روی یک شناور قرار گرفته و به هر نقطه از استخر، قابل انتقال است. بویژه آنکه از وزن

نسبتاً کمی برخوردار می‌باشد. هوادهنده‌های *air-jet* ویژگیهای خوب سایر هوادهنده‌ها را دارند، که از آن جمله می‌توان به وارد نمودن هوا به داخل آب، عدم تبخیر، ایجاد یک جریان دائمی در آب، که مانع از لایه‌بندی حرارتی می‌گردد اشاره کرد، زیرا با تنظیم زاویه شافت دستگاه با سطح آب دامنهٔ تأثیر دستگاه قابل کنترل است. در یک مدل از این دستگاه که موتور آن داخل آب قرار می‌گیرد، آب را در سطح استخر به حرکت و تلاطم در آورده و سبب افزایش هوادهی می‌گردد. از معایب این دستگاهها گل‌آلود نمودن آب، بویژه در استخرهای کم‌عمق و تکنولوژی نسبتاً پیچیده آن می‌باشد. در کار با دستگاههای اختصاصی نظیر *air - jet* جهت تنظیم اکسیژن به‌هیچ وجه نباید ویژگیهای موتور، قطر پروانه و قطر سوراخهای مکنده هوا و تعداد پره‌ها، دستکاری گردد. جهت محافظت از دستگاه، بویژه جلوگیری از تخریب پروانه و سایر قطعات دستگاه برابر دستورالعمل کارخا نه سازنده نظیر تابلوی برق، استفاده از کابلهای مناسب ضروری می‌باشد. برای نصب در استخرها

تعداد هوادهنده در واحد سطح

اساس تنظیم تعداد و قدرت دستگاههای هوادهی مورد نیاز، تابعی از تولید، تراکم و تنظیم O_2 محلول در حد اشباع می‌باشد. از آنجائی که تنظیم میزان اکسیژن را می‌توان براساس محاسبات و یا بصورت تجربی برآورد نمود. و چون پرورش‌دهندگان ماهی علاقه کمتری به محاسبات ریاضی در تنظیم اکسیژن دارند، بیشتر از روش تجربی استفاده می‌کنند. اگرچه در این روش به پاره‌ای از اندازه‌گیریهای اکسیژن در آب، نیاز است. در روش تجربی می‌توان از مقایسهٔ دو استخر که یکی با هوادهی و دیگری بصورت طبیعی و بدون هوادهی اکسیژن آن تأمین می‌گردد، در طول یکسال مرتباً میزان اکسیژن را اندازه‌گیری نمودد. در شرایط مطلوب، میزان اکسیژن استخر هوادهی باید تا ۸۰٪ حد اشباع باشد و کاهش آن به میزان کمتر از ۵۰٪ اشباع حاکی از کمبود دستگاههای هوادهی در استخر است.

افزایش کوددهی، تغذیه و تراکم در یک استخر، نیاز به دستگاههای هوادهی را متناسب با آن، زیاد می‌کند. در نصب دستگاههای هوادهی باید به گونه‌ای در استخر عمل کرد که اکسیژن مشابهی را در حجم آب استخر تزریق نمایند. از طرفی باید از گل آلوده شدن آب استخر جلوگیری گردد. جهت جریان آب و جهت باد در مناطقی که بصورت نسبتاً دائم وجود دارند، در نحوه استقرار دستگاههای

هوادهی مؤثرند. به‌طوری که نصب دستگاه در محل ورودی آب تازه و سرشار از اکسیژن ضرورتی نداشته و بیشتر در مناطقی که دسترسی به آب تازه وجود ندارد، الزامی می‌باشد. در مکانهائی که جریان باد در حدی که سبب ایجاد موج در استخر می‌نماید، به‌طور طبیعی توانایی تنظیم اکسیژن استخر را داشته و نیازی به روشن کردن دستگاههای هوادهی وجود ندارد. بهر حال توصیه می‌شود که دستگاههای در جهت هم‌سو با جریان باد نصب شوند، تا ضمن راندمان بهتر، فشار کمتری بر دستگاهها وارد آید. در استخرهایی که در اوایل غروب میزان اکسیژن اشباع به کمتر از ۸۰٪ اشباع برسد و یا به کمتر از ۷ میلی‌گرم در لیتر کاهش یابد، باید هوادهی صورت گیرد.

در شرایط تابستان و مناطق گرم که در استخر حالت لایه‌بندی حرارتی تشکیل می‌شود، نیاز به هوادهی بیشتری وجود دارد، به‌طور کلی باید شرایط درجه حرارت و جریان باد را در میزان بهره‌گیری از دستگاههای هوادهی، مدنظر قرار داد. استفاده از دستگاههای هوادهی صرفاً منوط به کمبود اکسیژن در استخر نمی‌باشد. در شرایطی نظیر اکسیژن فوق اشباع، ایجاد گازهای سمی و خطرناک، لایه‌بندی حرارتی و غذایی و تجمع مواد آلی زیاد و هم‌چنین ظهور پلانکتونهای ناخواسته از دیگر مواردی است که استفاده از دستگاههای هوادهی توصیه می‌شود تا کاهش ضایعات را در استخرهای پرورش ماهی سبب گردند.

قابلیت انحلال بالای اکسیژن خالص در آب، امکان بکارگیری و استفاده مستقیم از آن را در استخرهای پرورش ماهی فراهم می‌کند. ولی بهر حال باید به مخارج تهیه و هزینه‌های توزیع آن توجه داشت. جدول ۳-۷ رابطه انحلال اکسیژن و ارتفاع در حرارت‌های متفاوت را نشان می‌دهد.

جدول ۳-۷ـ رابطه انحلال اکسیژن میلی‌گرم در لیتر در آبهای شیرین و افزایش ارتفاع

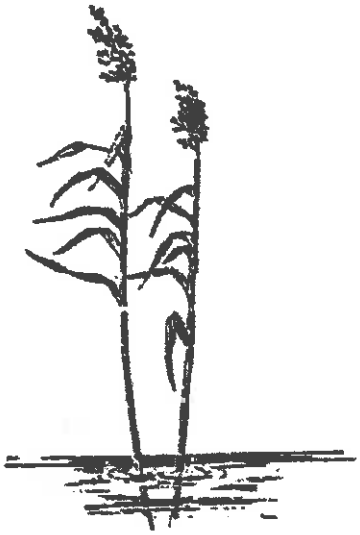
حرارت	ارتفاع (فوت)										
F°	۰	۱۰۰۰	۲۰۰۰	۳۰۰۰	۴۰۰۰	۵۰۰۰	۶۰۰۰	۷۰۰۰	۸۰۰۰	۹۰۰۰	۱۰۰۰۰
۴۰	۱۳/۰	۱۳/۰	۱۲/۵	۱۲/۱	۱۱/۲	۱۰/۸	۱۰/۴	۱۰/۰	۹/۶	۹/۳	۹/۰
۴۵	۱۲/۱	۱۱/۷	۱۱/۲	۱۰/۸	۱۰/۵	۱۰/۱	۹/۷	۹/۳	۹/۰	۸/۷	۸/۴
۴۶	۱۱/۹	۱۱/۵	۱۱/۱	۱۰/۷	۱۰/۳	۹/۹	۹/۶	۹/۲	۸/۹	۸/۶	۸/۳
۴۷	۱۱/۸	۱۱/۳	۱۰/۹	۱۰/۵	۱۰/۲	۹/۸	۹/۴	۹/۱	۸/۸	۸/۵	۸/۲
۴۸	۱۱/۶	۱۱/۲	۱۰/۸	۱۰/۴	۱۰/۰	۹/۷	۹/۳	۹/۰	۸/۷	۸/۳	۸/۰
۴۹	۱۱/۵	۱۱/۱	۱۰/۶	۱۰/۳	۹/۹	۹/۵	۹/۲	۸/۹	۸/۶	۸/۲	۷/۹
۵۰	۱۱/۳	۱۰/۹	۱۰/۵	۱۰/۱	۹/۸	۹/۴	۹/۱	۸/۷	۸/۴	۸/۱	۷/۸
۵۱	۱۱/۲	۱۰/۸	۱۰/۴	۱۰/۰	۹/۷	۹/۳	۹/۰	۸/۶	۸/۳	۸/۰	۷/۷
۵۲	۱۱/۰	۱۰/۶	۱۰/۲	۹/۹	۹/۵	۹/۲	۸/۹	۸/۵	۸/۲	۷/۹	۷/۶
۵۳	۱۰/۹	۱۰/۵	۱۰/۱	۹/۸	۹/۴	۹/۱	۸/۷	۸/۴	۸/۱	۷/۸	۷/۵
۵۴	۱۰/۸	۱۰/۴	۱۰/۰	۹/۶	۹/۳	۹/۰	۸/۶	۸/۳	۸/۰	۷/۷	۷/۴
۵۵	۱۰/۶	۱۰/۳	۹/۹	۹/۵	۹/۲	۸/۹	۸/۵	۸/۲	۷/۹	۷/۶	۷/۳
۶۰	۱۰/۰	۹/۶	۹/۳	۸/۹	۸/۶	۸/۳	۸/۰	۷/۷	۷/۴	۷/۱	۶/۸
۶۵	۹/۴	۹/۱	۸/۸	۸/۴	۸/۱	۷/۸	۷/۵	۷/۲	۷/۰	۶/۷	۶/۴
۷۰	۹/۰	۸/۷	۸/۴	۸/۰	۷/۸	۷/۴	۷/۲	۶/۹	۶/۷	۶/۴	۶/۱
۷۵	۸/۶	۸/۳	۸/۰	۷/۷	۷/۴	۷/۱	۶/۸	۶/۵	۶/۳	۶/۱	۵/۸

C.E: Boyd, water Quality in Pounds for Aquaculture, 1990. (A.D.R)

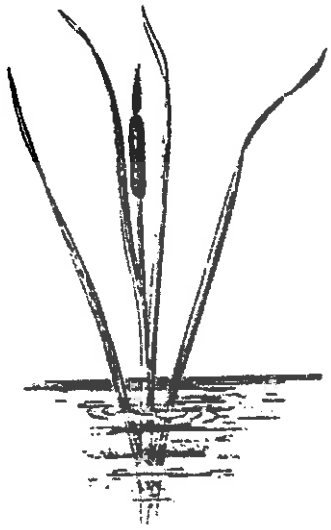
فصل هفتم

کنترل گیاهان آبزی

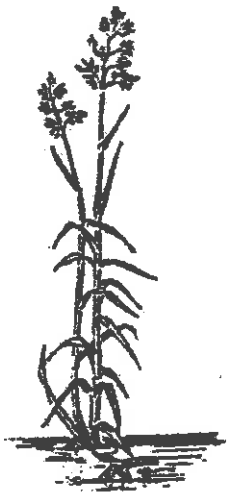
اگرچه گیاهان آبزی در محیطهای آبی اساس زنجیره غذایی را تشکیل می‌دهند. فراوانی بیش از حد آن می‌تواند موازنه O_2 آب را مختل نموده و منجر به نقصان شدید O_2 در آب و تلف شدن ماهیان گردد. فراوانی فیتوپلانکتونها، در نتیجه کاربرد مواد غذایی زیاد (کود) حاصل می‌شود. ماکروفیت‌ها نیز در استخرهای کوددهی شده و غیر کوددهی، دیده می‌شوند. گیاهان ماکروفیت جهت دست‌یابی به مواد مغذی با فیتوپلانکتونها رقابت می‌نمایند و از طرفی ماهیان هرز از آنان به عنوان مخفیگاه استفاده می‌کنند. ماکروفیت‌ها، ضمن ایجاد مزاحمت در برداشت ماهی و تورکشی در استخر، از طریق تبخیر و تعرق موجب افزایش افت آب می‌گردند. هم‌چنین در یافت غذای دستی در استخر را مشکل می‌سازند. با توجه به مزاحمت‌های ایجاد شده بوسیله فیتوپلانکتونها و ماکروفیت‌ها، علائق زیادی جهت کنترل آنها وجود دارد. علی‌رغم تکنیک‌های شیمیایی، بیولوژیک و مکانیکی در کنترل گیاهان آبزی، هیچکدام از روشهای کنترلی در همه شرایط مؤثر نبوده و اغلب کار پیچیده‌ای است. تصاویر پاره‌ای از گیاهان آبزی متداول در اکوسیستم‌های آبی و استخرهای پرورش ماهی که از کتاب *Der Teichwirt* نوشته *J.Hofmann et.al, 1987* اقتباس شده است را مشاهده می‌کنید.



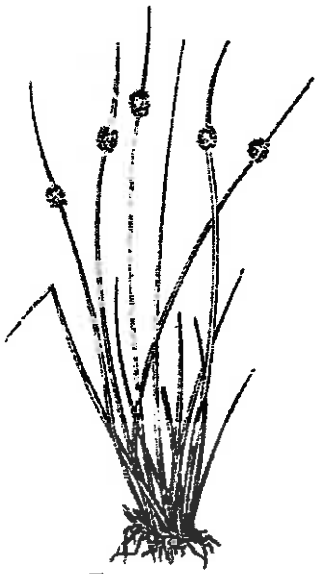
Phragmites communis



Typha spec

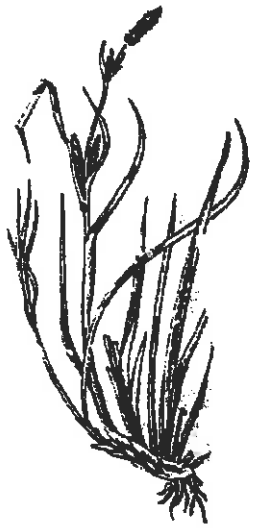


Phalaris arundinacea



Juncus spec.

Scirpus Lacustris & Heleocaris Palustris.

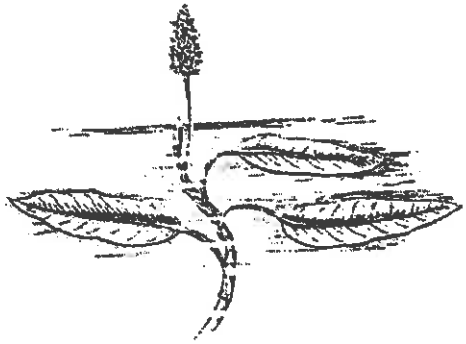


Carex spec.

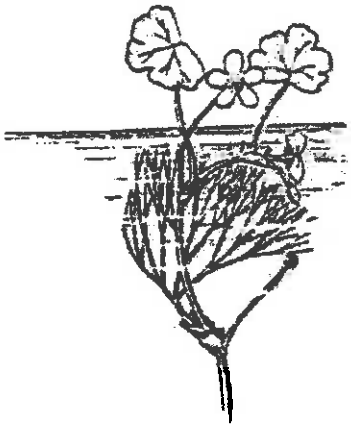
Alisma plantago

Sagitaria sagitifolia

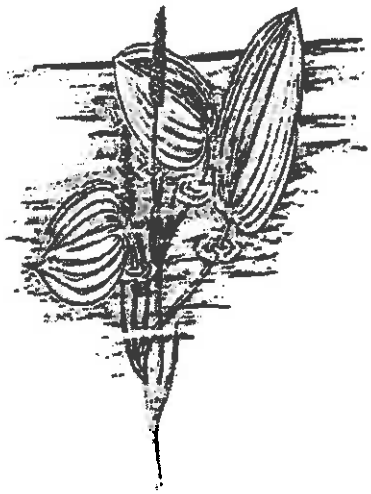
Bidens tripartitus



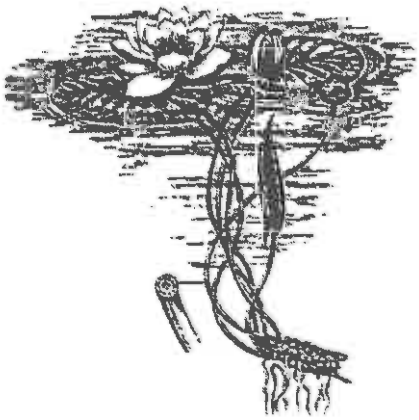
Polygonum amphibium



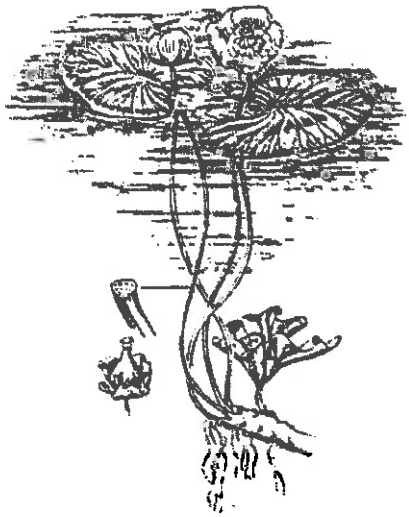
Ranunculus aquatilis



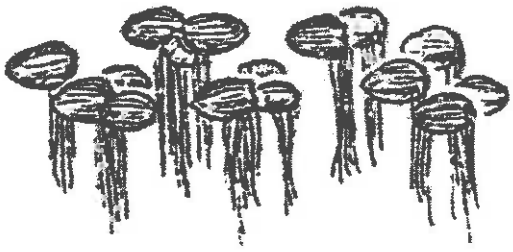
Potamogeton natans



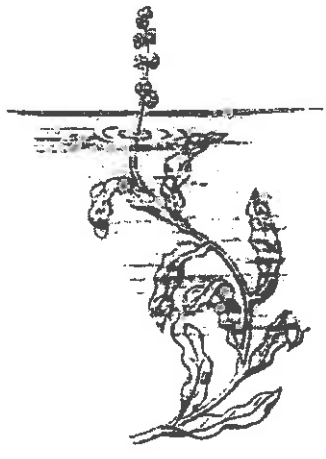
Nymphea alba



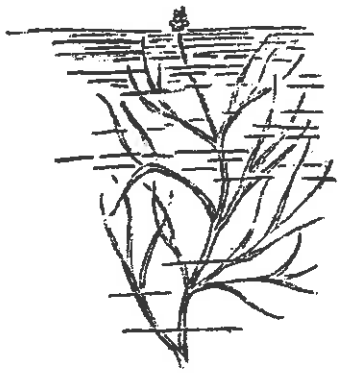
Nuphar luteum



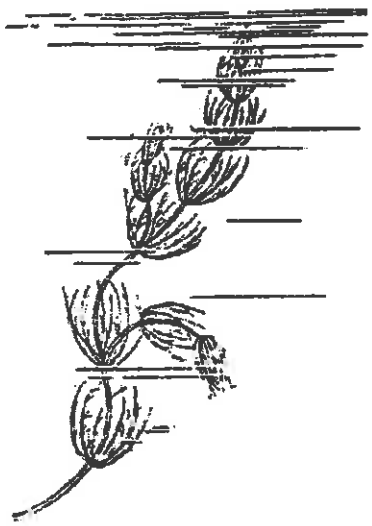
Lemna spec.



Potamogeton spec.



Potamogeton spec



Chara spec.

Elodea canadensis

اگرچه وجود پاره‌ای از گیاهان آبزی با برگهای نرم و ظریف در استخرهای پرورش ماهی در روز سبب تولید اکسیژن در آب و استفاده از برگهای ظریف، دانه و ریشهٔ آن به‌عنوان یک منبع غذایی برای ماهی محسوب می‌شود، با این همه در شرایط مساعد رشد گیاهان آبزی بسیار شدید و سبب به‌هم خوردن تعادل بیولوژیکی در استخرهای پروش ماهی می‌گردند و باید نسبت به‌حذف آنها اقدام گردد. در مجموع می‌توان در محیط‌های آبی و استخرهای پرورش ماهی متراکم و طبیعی اثرات مثبت و منفی زیر را در خصوص گیاهان آبزی برشمرد:

اثرات منفی:

ـ گیاهان آبزی از طریق سایه انداختن سبب کاهش تولید اولیه و ماهی می‌گردند.

ـ مواد باقیمانده ناشی از مرگ و میر گیاهان سبب تجمع یک لایه سلولزی در بستر استخر شده که با تجزیه بسیار کمتر همراهند.

ـ وجود مواد ناخواسته در بستر مصرف امکان و استفاده از موجودات بنتیک یا کفزی را برای ماهیان کاهش می‌دهند.

ـ سبب مخفی شدن گونه‌های مزاحم می‌گردند و در زمان صید ایجاد مشکل می‌نمایند.

ـ کاهش سطح مفید استخر از طریق اختصاص یافتن بخشی از آن به گیاهان آبزی بویژه در استخرهای کوچک

ـ مصرف مواد غذایی بویژه با فسفر در رقابت با فیتوپلانکتونها و در نتیجه نیاز به‌افزایش کوددهی.

اثرات مثبت:

ـ گیاهان آبزی سبب افزایش تنوع گیاهی (فیتوپلانکتونها)، جانوری (زئوپلانکتونها) و همچنین پرندگان آبزی می‌گردد.

ـ گیاهان آبزی در پرورش پلی‌کالچر شرایط مناسب‌تری را برای گونه‌های مختلف ماهیان فراهم می‌سازند.

ـ بسیاری‌از گیاهان آبزی به‌عنوان منبع‌غذایی مستقیم مورداستفادهٔ پاره‌ای‌از ماهیان پرورشی قرار می‌گیرند.

ـ شرایط تکثیر و تولید مثل مناسب‌تری را در فون و فلور آبزیان فراهم می‌سازند.

ـ زنجیرهٔ غذایی را در استخر و محیط‌های آبی بهبود می‌بخشند.

ـ در صورت افزایش شدید مواد غذایی در محیط‌های آبی آن را به‌مصرف می‌رسانند.

بنابراین در محیط‌های آبی طبیعی و استخرهای غیرمتراکم پرورش ماهی وجود گیاهان آبزی اثرات بیولوژیک مفیدی در زنجیرهٔ حیات آبزیان ایفا می‌نمایند و اگرچه در استخرهای متراکم باید درخصوص افزایش آنها بویژه گونه‌های سخت‌اندام کنترل شدید در مهار آن انجام شود.

شکوفایی پلانکتونی *(Water Blooms)*

در صورتی که مجموعه شرایط رشد برای برخی گونه‌های فیتوپلانکتونی فراهم باشد، آنها سریعاً تکثیر یافته و توده‌های پلانکتونی را به‌وجود می‌آورند. این توده‌ها به‌صورت ابرپلانکتونی رنگ آب را تغییر داده و در آب استخرهای پرورشی ایجاد کدورت و سایه می‌نمایند و ممکن است با مصرف زیاد میزان اکسیژن محلول در آب در سحرگاهان موجب نقصان اکسیژن محلول آب و سبب مرگ و میر دسته‌جمعی ماهیان گردد. این توده‌های شناور و وسیع در سطح آب دریاچه‌ها و حوضها در هوای آرام مخصوصاً اواخر فصل تابستان یا پائیز تشکیل می‌شوند. جنس‌هایی که تشکیل ابرپلانکتونی می‌دهند عمدتاً عبارتند از: جلبکهای آبی شامل *Aphanizomenan ،Anabaena ،Microcystis* و از جلبکهای سیلیسی *Cyclotella* ، *Stepahnodiscus ،Melosira* ... تشکیل بلوم می‌دهند.

فیتوپلانکتونها دارای کلروفیل سبزرنگ هستند. کلروفیل رنگدانه‌ای است که طی عمل فتوسنتز اکسیژن و کربو هیدراتها را تولید می‌نماید و کربوهیدراتها به‌عنوان منبع تأمین انرژی جهت رشد، تکثیر، باروری و غیره مورد استفاده ماهیان قرار می‌گیرند و یا به‌طور مستقیم منبع غذایی زئوپلانکتون‌ها بوده و این موجودات نیز به‌نوبه خود غذای بسیاری از ماهیان در مراحل اولیه رشد را تشکیل می‌دهند. بسیاری از ماهیان نیز در تمام طول حیات خود از این موجودات تغذیه می‌کنند. با این حال شکوفایی پلانکتونی در استخرهای پرورش ماهی باید یک اخطار جدی از برهم خوردن تعادل حیات در استخر تلقی گردد. هرچه نور خورشید بیشتر در استخر نفوذ کند جلبک‌های بیشتری رشد نموده و لکه‌ها یا ابرهای بزرگ شناوری را در سطح آب به‌وجود می‌آورند. در چنین وضعیتی بویژه وقتی که *pH* آب بالا باشد، چیزی نمی‌گذرد که تمام سطح استخر از جلبک پوشیده می‌شود. نتیجه این واقعه، کاهش مؤثر اکسیژن و در معرض خطر قرار گرفتند ماهیها و تمام موجودات استخر است. مدتها قبل از احتمال بروز این وضع، ترجیحاً در همان اوائل کار پرورش‌دهنده می‌بایست دست

به‌کار شود. زمانی که توده‌های بزرگ جلبک‌های شناور به‌وسیله باد به کناری رانده می‌شوند، باید آنها را از استخر خارج نمود.

جدول ۸ـ غلظت کشندهٔ * *(LC50-96h)* سموم مختلف علف‌کش (در برخی از آبزیان *(PPM)*

آبزیان				علف‌کش
میگوی آب شیرین	قـــزل‌آلای رنگین‌کمان	گربه‌ماهی	آبشش آبی	ـ
ـ	۲۳۰	۱۵۰	۳۴۳	اندوتال (اکواتل)
ـ	۲/۸	ـ	۱۶	سیمازین
۵۶	۲۸	ـ	۱۵	دیکامبا
ـ	۶/۳	ـ	۸/۳	دیکلوبنیل
ـ	۰/۰۲	ـ	۳/۲۸	آمونیوم کربنات مس
ـ	۱۰	ـ	۲۴۸	دیکوات
۰/۰۵	۰/۵	۰/۵	۰/۹۴	اندوتال (هیدروتل)
ـ	۴/۹	ـ	۸/۲	دینوزن
ـ	۸	ـ	۴۹	سولفور
ـ	۰/۰۳	۰/۰۰۲	۰/۰۲	روتنون
ـ	۸/۳	۱۳	۵/۶	گلینوسات
ـ	۱۴۴	ـ	۱۱۲	بتوتیورون
۵۶	۳۲۰	ـ	۳۷۰	هگزازینون
۰/۴	۰/۲-۰/۶	۰/۳	۰/۶	ویدار ۲/۴D
۲/۷	۰/۶	۹/۴	۱۰/۴	ویدون ۲/۴D
ـ	ـ	ـ	۵۰۰	دیاپون

* غلظت کشندهٔ یک مادهٔ سمی در زمان ۹۶ ساعت که باعث مرگ ۵۰٪ از موجودات مورد آزمایش گردد.

D.D. Thayer et al., Weed Control in Aquaculture and Farm Pounds, Undated. (A.D.R)

کنترل شیمیائی

قبل از اقدام به مصرف مواد شیمیایی جهت مبارزه با گیاهان آبزی، باید توجه داشت از سمومی استفاده شود که تأثیرات نامطلوب بر ماهی و یا انسان نداشته باشند. مواد شیمیایی که در پاره‌ای کشورها، دارای شمارهٔ ثبت مجوز رسمی هستند، عبارتند از: آنتی مایسین، روتینون، بایلوسید، فینکل *(MS-222)* تری کلروفن (مازوتن)، کلراید سدیم، نیتروفوپیرونول (فوراناس)، تریمایسین، سولفامرازین، سولفات مس، دی کلوبنیل (کاسورو) دی متیل آمین، دی کوات برمید، ان‌دوتال (آکواتول، هیدروتون)، سی‌مازین (آکوازین)، از سمومی هستند که در استخرهای پرورشی با ماهیان مأکول و غیرمأکول استفاده می‌گردند. کودها، مواد آهکی، گچی و آلوم در عرصه شیلات به عنوان مواد شیمیایی سالم بوده و هیچگونه نگرانی در استفاده از آنان وجود ندارد.

کنترل فیتوپلانکتونها توسط سولفات مس

سولفات مس *($CuSO_4$)* ماده‌ای کریستالی آبی رنگ است که دارای طیف تأثیر وسیعی برروی انگلها و جلبکهای سبز، آبی می‌باشد، قارچهای بیماریزا، زالوها، حلزونها، سخت‌پوستان، تک یاخته‌ایها و باکتریها در مقابل سولفات مس، حساسیت‌های مختلفی را نشان می‌دهند. نظر به تأثیر این ماده شیمیایی در نابودی حلزونها، انگل دیپلوستوموم در ماهیان پرورشی به‌کمک سولفات مس کنترل می‌گردد. سولفات مس بصورت حمامهای کوتاه و بلند مدت تأثیر بسزایی در ضدعفونی نمودن ماهیان آب شیرین، آب شور و دریایی دارد. غلظت حمام سولفات مس تابعی از سختی آب می‌باشد. در آبهای سبک در غلظت ۰/۵ و در آبهای سخت تا میزان *ppm*۲ استفاده می‌گردد. کاربرد سولفات مس در غلظت‌های بالا جهت حمامهای کوتاه مدت باید حداکثر به‌مدت یک الی دو دقیقه باشد.

بدلیل خطرناک و سمی بودن سولفات مس بر روی ماهیان، در موارد استفاده از این ترکیب، احتیاط لازم می‌بایست صورت گیرد. بعنوان مثال اطلاع دقیق از وضعیت سختی آب و *pH* آن در استفاده از $CuSO_4$ از موارد بسیار با اهمیت می‌باشد.

استفاده از سولفات مس بعنوان یک ماده جلبک‌کش، تاریخچه طولانی داشته و پژوهشگران، سمیت آن را برای تعداد زیادی از گونه‌های جلبک مورد آزمایش قرار داده‌اند. براساس مطالعات *(Palmer, 1962)* دامنهٔ تأثیر کنترل سولفات مس در سی گونه جلبک، با غلظت‌های ۰/۲۵، ۰/۵، ۱ و

۲ میلی‌گرم در لیتر، به ترتیب صفر، ۱۳ و ۵۳ درصد است. (منظور از کنترل، غلظتی که سبب از بین رفتن گونه جلبکی می‌گردد، است). سمیت سولفات مس در جلبکها با افزایش *pH* و قلیائیت کل کاهش می‌یابد. تکرار مصرف نیز مقاومت جلبک را افزایش می‌دهد. بنابراین سمیت سولفات مس برای جلبکها، تابعی از کیفیت آب، گونه مورد نظر بوده و کاربرد تکراری آن نتایج متفاوتی را نشان می‌دهد.

سولفات مس از ترکیباتی است که برای ماهیان نیز سمی می‌باشد. غلظت تحمل این ماده در قزل‌آلا ۰/۱۴، کپور ۰/۳۳ و اسبله ۰/۴ میلی‌گرم در لیتر، توسط *(Boyd, 1991)* ارائه شده است. *LC۵۰*، ۹۶ ساعته بر روی گونه ماهی آبشش آبی در سختی کل *۵ppm*، معادل *۱mg/lit* ، در سختی *۲۰۹ppm* ، *۱/۷mg/lit* و در سختی *۳۶۵ppm* ، معادل *۲/۵mg/lit* بدست آمده است. علاوه بر سختی و قلیائیت که تأثیر کاهنده بر روی مس دارند، ترکیب *NTA* (نیتریلو تری استیک اسید)، بویژه در آبهای سبک جهت جلوگیری از مسمومیت ماهی در مقابل، مس بکار می‌رود. مس مصرفی در استخر، بسرعت در آب ناپدید شده، بخشی از آن توسط گیاهان جذب و قسمتی بصورت مواد نامحلول تنوریت *(CuO)* یا مالاشیت $(Cu_2(OH)_2CO_3)$ رسوب می‌نماید و یا بوسیله گل بستر جذب می‌گردد. کاربرد سولفات مس در محیطهای آبی تأثیر زیادی در کاهش پلانکتونی دارد.

استفاده از سولفات مس در محدوده ۰/۰۲۵ تا ۱ میلی‌گرم بر لیتر، بسته به شرایط شیمیایی آب تجویز می‌گردد. افزایش مصرف سولفات مس در مقادیر بالاتر، اگرچه در کنترل فیتوپلانکتونها موثر است، ولی بعلت بقایای آن و تأثیرات سمی باید دقت لازم صورت گیرد. بدنبال مصرف سولفات مس و تلف شدن جلبکها، ممکن است آب از اکسیژن محلول تهی گردد. نحوه استفاده از این ماده می‌تواند، از ترکیبات بلوری و انحلال آن در آب، بصورت سولفات مس یا کیلیت باشد. از علف‌کشهای کیلیت مس می‌توان کوترین، که یک کمپلکس تری اتانول آمین مس با ۷/۱٪ مس می‌باشد، استفاده نمود. کیلیت مس را می‌توان از مخلوط کردن سولفات مس و اسید سیتریک به نسبت ۱ به ۲ از نظر وزنی تهیه نمود.

تأثیرات سمی مس بر ماهیان

سمیت ناشی از عنصر مس بر ماهیان تابعی از *pH*، فراوانی اکسیژن و ترکیبات عامل کمپلکس می‌باشد، به‌طوری که با افزایش *pH* آب و اکسیژن محلول و حضور اسیدهای آمینه و اسیدهای

هومیک، سمیت مس کاهش می‌یابد. علاوه بر این، مواد معلق محلول در آب نیز، این کاهش را سبب می‌گردند. به‌طوری که اکسیژن اشباع در حرارت معمولی، چنانچه از ۱۰۰٪ به ۴۰٪ کاهش یابد، غلظت لازم مس برای $LC50$ را تا $\frac{1}{3}$ کاهش می‌دهد. در یک آزمایش انجام شده بر روی آزاد ماهیان با سختی $14mg/lit$ ، $CaCO_3$ و حرارت $20^{\circ}C$ با افزایش $5mg/lit$ اسید هومیک ، $LC50$ از $20ppb$ به $90ppb$ و با افزودن $10mg/lit$ اسید هومیک، به $165ppb$ افزایش یافت. مهمترین پارامترها در کاهش یا افزایش سمیت مس را باید سختی و pH دانست. با افزایش pH، یونهای آزاد مس بصورت کربنات مس رسوب می‌نمایند. زیرا سمیت عنصر مس بیش از سایر ترکیبات آن است. در pH مساوی با افزایش سختی آب، سمیت مس کاهش می‌یابد. در یک آزمایش بر روی ماهی قزل‌آلا که سختی آب از $12ppm$ به $320ppm$ افزایش یافت، غلظت مورد نیاز مس جهت حصول $LC50$ ، از $30\mu g/lit$ به $500\mu g/lit$ افزایش می‌یابد. دالتون در $13/4\ddot{a}H$ ، $LC50$ مس را $750\mu g/lit$ بدست آورد. در آزمایش مزمن بر روی قزل‌آلای نهری، در یک آب سبک یا $45mg/lit$ کربنات کلسیم به مدت هشت ماه در غلظت $17\mu g/lit$ هیچگونه تلفاتی نداشته، ولی با افزایش غلظت Cu به $32\mu g/lit$ ، موجب مرگ ۵۷٪ از ماهیان گردید. لذا در میان آزاد ماهیان، قزل‌آلای نهری نسبت به عنصر Cu حساستر از سایرین می‌باشد. تأثیر غلظت Cu در آسیب‌رسانی به تخم‌ها نیز از دیگر اثرات سمیت مس می‌باشد. در یک آزمایش انجام شده در آب سبک، $14mg/lit$ کربنات کلسیم، و غلظت $40\mu g/lit$ سبب آسیب رسانی به بیش از ۷۰٪ تخم‌ها گردید. در حالی که در آب سخت با غلظت $280mg/lit$ کربنات کلسیم تا $1000\mu g/lit$، کمتر آسیب مشاهده شد. مطالعات انجام شده بر روی سایر آبزیان نشان می‌دهد که در pH حدود ۷/۵ و درجه سختی ۱۲، غلظت Cu به میزان $350ppb$، باعث صدمه دیدن پروتوزوئرها، $150ppb$ ، جلبک‌های سبز و $100ppb$ باعث صدمه دیدن خرچنگهای کوچک می‌گردد. مطالعات انجام شده مقدار غلظت مس مورد نیاز برای کشتن ۱۰۰٪ جلبکهای پست را $200ppb$ نشان می‌دهد.

سیمازین

سیمازین از ترکیبات قوی بازدارنده فتوسنتز و سمی برای فیتوپلانکتونها می‌باشد. یکی از ترکیبات تجاری سیمازین، آکوازین نامیده می‌شود، که در محدوده ۰/۶ تا ۱/۲۵ میلی‌گرم در لیتر،

و یا ۱۸ـ۱۰ کیلوگرم در هکتار قبل از آبگیری استفاده نمود. تأثیر آکوازین بر روی جلبک‌های سبز ـ آبی بیشتر است اگر چه سیمازین یک جلبک‌کش بسیار قوی می‌باشد، باعث کاهش اکسیژن محلول در آب نیز می‌گردد و چنانچه در مصرف آن دقت نشود، می‌تواند سبب مرگ و میر ماهیان گردد.

سولفات مس و سیمازین هر دو علف‌کشهای بسیار مؤثری هستند که کاهش اکسیژن محلول از پیامدهای استفاده از آنان است. کاربرد علف‌کشها در آب استخرهای غنی از مواد غذایی چندان توصیه نمی‌شود، زیرا کاربرد سموم در این استخرها مانند کسی است که جهت کاهش وزن خود به جای کاهش غذا، به‌طور منظم ماده سمی استفاده نماید. کاربرد علف‌کشها در کاهش فراوانی فیتوپلانکتونها در محیطهای آبی که غلظت اندک اکسیژن دارند چندان خطرناک نیست (آبگیرها، استخرها و دریاچه‌ها که به منظور ورزشهای آبی بکار می‌روند)، می‌تواند موارد مصرف بیشتری داشته باشد.

ماکروفیت‌ها

تأثیر علف‌کشها بر گیاهان آبزی متفاوت بوده و برخی از آنان در مقابل بعضی از سموم حساس‌ترند، به‌طوری که کلادوفورا و اسپیروژیرا در مقابل سولفات مس حساس هستند. (کاربرد ۱*mg* به فاصله زمانی ۳ ـ ۲ روز در سه تکرار). اندوتال تأثیر بیشتری بر جلبک‌های رشته‌ای دراز و علفهای غرقابی داشته، اما بر گیاهان آبزی تأثیر چندانی ندارد. در گیاهان آبزی یا برگ شناور و براق که علف‌کش بر روی آنان پایداری نداشته، باید ماده سمی قبلاً با یک ماده شوینده مخلوط گردد تا بتواند بر روی برگ باقی بماند. در استفاده از علف‌کشهای روغنی می‌بایست یک امولسیون‌کننده به آنان افزوده شود. استفاده از محلول نفت یا گازوئیل اثر علف‌کشها را بهبود می‌بخشد. اگرچه با توجه به ادعای شرکتهای سازنده سموم، میزان مصرف توصیه شده مستقیماً برای ماهیان سمی نمی‌باشد، اما تجزیه گیاهان از بین رفته، سبب تهی شدن آب از اکسیژن می‌گردد. استخرهای با تراکم بالای گیاهان هرز، باید به بخشهای مختلف تقسیم و در زمانهای متفاوت نابود گردند، تا سرعت کاهش اکسیژن در آب بهبود یابد. برخی از سمومی که جهت مبارزه با ماکروفیت‌ها مصرف می‌شوند، قادرند فیتوپلانکتونها را نیز نابود نمایند. سیمازین و کارمکس از این گروه می‌باشند. معمولاً گیاهان آبزی پس از کاهش ماده مؤثره سمی در محیطهای آبی، مجدداً رو به افزایش می‌نهند. لذا با یکبار مبارزه شیمیایی این مسئله خاتمه یافته تلقی نمی‌گردد.

جهت کنترل ماکروفیت‌ها می‌توان از علف‌کشهای پیشنهادی جداول ۱-۸ و ۲-۸ استفاده نمود.

جدول ۱-۸- نام و مقدار علف‌کشهای مصرفی جهت مبارزه با گیاهان هرز استخر *(Boyd, 1990)*

گیاه هرز	علف‌کش	مقدار مؤثر
جلبک‌های ماکروفیت	سولفات مس	۰/۵ - ۳*mg/lit*
=	سیمازین	۱/۲۵*mg/lit*
پوتاموژتون و ناجاس	دیکوات	۰/۲۵ - ۲*mg/lit*
=	اندوتال	۲ - ۵*mg/lit*
=	سیمازین	۱ - ۳*mg/lit*
سراتوفیلوم	دیکوات	۰/۲۵ - ۲*mg/lit*
=	اندوتال	۲ - ۵*mg/lit*
الادوآ	دیکوات	۰/۲۵ - ۲
میروتیلوم	۲/۴ - *D*	۲۲*kg/ha*
آزولا، عدسک آبی و ولفیا	دیکوات	۰/۲۵ - ۱*mg/lit*
=	دی آمین ۲/۴	*kg/ha*
اکی هورنیا	دی آمین ۲/۴	۵*kg/ha*
نیمفا	دی کلوبنیل	۷ - ۹*kg/ha*
براسینیا	دی گرانول ۲/۴	۴۰*kg/ha*
الوکاریس، هیدروکوتیل	دی آمین ۲/۴	۹*kg/ha*
هیدرکوتیل و الوگاریس	دیکوات	۰/۵*kg/ha*

جدول ۲-۸- علف‌کش‌ها و میزان مصرف در محیط‌های آبی

توضیح	طرز مصرف	گیاهان مورد مصرف	ترکیبات
برای جلوگیری از مسمومیت ماهی هر دفعه ½ تا ¼ استخر	سبک ۱g/m3-۰/۵ آب سخت ۱/۵g/m3	جلبکها (همه نوع)	سولفات مس
به‌نسبت ۱:۹ رقیق شود	۶۶kg/h دو تا سه بار در سال	جلبکها (همه نوع)	سولفات مس ژلاتنه
—	۱Kg/h	جلبکهای Filamentous	اکسی کلراید مس
—	۰/۳kg/yd3	جلبکهای Filamentous	مالاشیت سبز
—	۶۰۰kg/h	جلبکهای Filamentous	سوپر فسفات
در استخرهای بدون آب	۳۰۰kg/h	ماکروفیت	کلرات سدیم
در استخرهای حاوی آب بدون ماهی	۷۵۰kg/h	ماکروفیت	سینامید کلسیم
کنترل گیاهان	—	ماکروفیت	آرسنات سدیم
در کف استخرهای خشک	۷۲۵kg/h	Eladoa	نیتروژن آمونیاکی
	۲۲۵kg/h	Fontialis	سولفات آمونیوم
بر روی گیاهان پاشیده شود	50 gal/acre	ماکروفیت	گازوئیل
همراه با ۴ پوند اسید و ۸ اونس دترژنت مخلوط و پخش شود	۱-۱/۵gal/acre	ماکروفیت	2/4D
-	۱-۱/۵gal/acre	گیاهان شناور و غرقابی	رودا
-	۱ gal/acre	گیاهان نیمه‌غرقابی	دیکوات
-	۲ gal/acre	ماکروفیت و نیمه غرقابی	آکواتل
-	۲۰lb/acre	ماکروفیت و نیمه‌غرقابی	فناک (تری کلروفنیل استیک اسید)
مخلوط و پخش شود	۴۰lb/۵۰galآب/acre	ماکروفیت‌ها	دالاپون

W.McLarney, The Freshwater Aquaculture Book, Copyright 1984- with Permission of Hartley & Marks, Publishers (A.D.R)

کنترل بیولوژیک

بسیاری از پژوهشگران، ماهیان پلانکتونخوار را یک عامل بالقوه در کنترل فیتوپلانکتونها به شمار می‌آورند، برخی از گیاهان نظیر سنبل آبی، قابلیت بسیار زیادی در جذب مواد مغذی از آب را داشته و رقابت شدیدی با فیتوپلانکتونها دارند. به‌طوری که طی یکروز رشد سریع قادرند حدود ۳/۴kg/ha ازت و فسفر را جذب نمایند. کپور علفخوار یا آمور توانایی زیادی در خوردن ماکروفیت‌ها و علف‌های هرز در استخر را دارند، این ماهی که بومی رودخانه‌های روسیه و چین می‌باشد، اخیراً به کشورهای زیادی وارد شده است. گیاهان مورد علاقه ماهی آمور را می‌توان گندمک آبی، کارا، عدسک آبی، پتاموژتون، ناتانس، تیفا، نی، جگن، کارکس و ایگروکارکس و ... نام برد. کپور علفخوار تمایل زیادی به خوردن برخی از گیاهان ابزی نظیر اکی هورنیا، فیستیا و نیلوفرهای آبی ندارد. در جیره غذایی کپور علفخوار ۹۵ ـ ۷۵٪ ماکروفیت‌ها می‌باشند. گرچه در روده برخی از آنان حشرات بالغ نیز دیده شده است. ماهی آمور، گرچه یک ماهی فوق‌العاده مناسب در صید ورزشی بوده و مأکول است، از عوامل بسیار مناسب در کنترل بیولوژیک علف‌های هرز در محیطهای آبی است. البته این نکته را نباید از نظر دور داشت که واردکردن یک ماهی غیر بومی در یک محیط جدید می‌تواند منجر به فجایع اکولوژیک گردد. لذا باید قبل از ورود آن در اکوسیستم‌های جدید، تأثیرات احتمالی بر ماهیان بومی مطالعه گردد. در شرایط استفاده از ماهی آمور جهت کنترل گیاهان آبزی، باید تمهیدات لازم به منظور جلوگیری از فرار این ماهیان به آبهای طبیعی صورت گیرد. استخرهای طغیانی که در معرض سیل هستند، نباید با ماهی آمور، ماهی‌دار شوند.

استخرهایی که آب از آنان سرریز می‌کند، محل سرریزگاه باید با تور محافظت گردد. کپور معمولی نیز از طریق هم‌زدن رسوبات بستر و کدورت آب مانع رشد گیاهان غرقابی می‌شود. ماهی تیلاپیا دارای چنین نقشی در کنترل علف‌های آبزی استخرها است. برخی از حشرات آبزی به گیاهان آبزی حمله می‌نمایند، اگرچه نقش این حشرات در کنترل علفهای هرز تاکنون مشخص نشده است.

کنترل مکانیکی

کنترل مکانیکی بیشتر برای گیاهان ریشه‌دار غرقابی مؤثر می‌باشد. این گیاهان باید به‌طور منظم از استخر کنده شوند. جهت کاهش این گیاهان، توصیه می‌شود که کناره‌های کم عمق استخر هیچگاه

کمتر از نیم متر نباشند. جلبک‌های ماکروفیت را می‌توان با تورکشی در سطح استخر یا با شن‌کش در سطح آب جمع‌آوری نمود. رنگ آنیلین (نیگروسین) قادر به‌محدود کردن نفوذ نور در آبهای طبیعی است. ۱/۲*mg/lit* از این رنگ قادر است عمق رویت صفحه سکشی را از ۴ متر به ۲/۸ متر کاهش دهد. این رنگ در آب پایداری بسیار زیادی دارد. رنگ مذکور سبب کاهش اکسیژن محلول در آب و افزایش غلظت اکسیژن می‌گردد. جهت کنترل گیاهان در استخرهای شنا، صنایع، برجهای خنک‌کننده و فواره‌ها، مخلوطی از رنگ با نام تجاری «آکواشده» مورد استفاده قرار می‌گیرد. در هر صورت بدلیل مطالعات ناچیز انجام شده در خصوص تأثیر رنگ در کنترل علفهای هرز و اثرات جانبی و احتمالی آن بر روی زنجیره غذایی، استفاده از آن توصیه نمی‌شود.

روش کنترل پلانکتونهای جانوری

کنترل پلانکتونهای جانوری عموماً قبل از انتقال لارو به استخرها صورت می‌گیرد. هدف از این کنترل کاهش برخی از موجودات پلانکتونی و آماده‌سازی محیط جهت تراکم برخی از گونه‌های پلانکتونی بوده که در تغذیه لاروها اهمیت دارند. بدین منظور چند روز قبل از انتقال لاروها به استخر با استفاده از سموم فسفره، موجودات پلانکتونی از جنس سخت‌پوستان و پاروپایان را نابود می‌کنند. زیرا این جانوران از روتیفرها که غذای لارو ماهیان محسوب می‌گردند، تغذیه و از رقبای غذایی آنان به شمار می‌روند. لازم به ذکر است، روتیفرها در مقابل سموم فسفره مصرفی نظیر دیتویفون و متازون که بندپایان به آنها حساسیت زیادی دارند، مقاومت بیشتری داشته و در صورت نابودی آنها، قادرند در مدت زمانی کوتاه از تراکم نسبتاً بالایی برخوردار و شرایط مناسبی جهت تغذیه لاروها را فراهم نمایند. (جداول ۴-۸ و ۵-۸)

تأثیر پارامترهای فیزیکی و شیمیایی در مبارزه با پارازیت‌ها (حرارت، اکسیژن محلول، نور و *pH*)

ماهی و پارازیت زندگی مشترکی را تشکیل می‌دهند که ارتباط آنان تابعی از فاکتورهای بیرونی می‌باشد. حرارت، اکسیژن محلول، نور، *pH* و آلودگی از مهمترین عوامل یادشده هستند که اختصاصاً بدانها اشاره می‌گردد.

تأثیر حرارت را می‌توان در طغیان عوامل بیماریزا و پارازیت ماهیان دانست. ماهیان دارای محدوده حرارتی مساعدی می‌باشند که انحراف از آن سبب بروز اختلالات می‌گردد. که مهمترین آنان ناشی از به‌هم خوردن موازنه اکسیژن مصرفی و مقدار اکسیژن محلول در آب است. پیامد این مسأله کاهش نیروی دفاعی در ماهیان می‌باشد. پارازیت‌ها نیز دارای محدوده حرارتی مساعد می‌باشند. برخی ۱۵c و برخی دیگر بیشتر از ۲۳c. بنابراین تغییرات حرارت می‌تواند محدوده زندگی پارازیت‌ها را از خود متأثر سازد. به‌عنوان مثال می‌توان از طریق کاهش حرارت آب توسعه عوامل بیماری چرخشی ماهی را بسیار کند ساخت. (جدول ۷-۸) *Reichenbach 1975*

کاهش اکسیژن قدرت مکانیسم دفاعی را کم کرده و در واکنشهای حیاتی به‌طور عمومی، اختلال ایجاد می‌نماید و امکان تمرکز پارازیت‌ها را افزایش می‌دهد. پارازیت‌ها عموماً در محیطهای با اکسیژن کم سازگارند و لذا کاهش اکسیژن شرایط سکونت آنان را مساعدتر می‌سازد. از عوارض عمومی کاهش اکسیژن در بدن ماهی را می‌توان پیدایش لکه‌های قرمز ذکر نمود. در چنین حالاتی ابتدا گلبولهای قرمز افزایش و سپس کاهش می‌یابند. همزمان میزان پروتئین خون و قابلیت تشکیل آنتی‌بادی رو به‌نقصان می‌گذارد. در مواقع کمبود اکسیژن در آب، تأمین اکسیژن مورد نیاز بافت‌ها، کاهش یافته و لذا موقعیت هجوم پارازیت‌ها بر ماهیان، افزایش می‌یابد.

نور نیز عاملی است که می‌تواند در سیستم‌های دفاعی پارازیت به‌کار رود. به‌عنوان مثال نور ماوراء بنفش می‌تواند در کشتن اسپور عامل بیماری چرخشی در ماهیان به‌کار رود. البته باید دقت شود که هرگونه ماهی در مراحل سنی مختلف، حساسیتهای متفاوتی را در مقابل اشعه نشان می‌دهند. پارازیتها اغلب نسبت به‌نور حساس می‌باشند و عموماً در مناطق باریک و با نور کم زندگی می‌کنند.

نقش pH بر زندگی بسیاری از پارازیتها شناخته شده است. به‌هرحال نقش pH برای پارازیت‌ها همانند حرارت یک محدودهٔ اپتیمال وجود دارد. یاره‌ای از پارازیت‌ها محیط قلیایی را ترجیح می‌دهند. در حالی که برخی دیگر در این محیطها آسیب می‌بینند. برای مبارزه با پارازیت‌های نوع دوم می‌توان از حمام $pH=10$ استفاده نمود.

شیمی آب در تعادل ماهی ـ پارازیت نقش مهمی دارد پاره‌ای از عوامل بیماریزا در آبهای آلوده یافت می‌شوند. پاره‌ای دیگر به‌بستر لجنی یا یوتروفی، به‌طور مستقیم و یا غیرمستقیم وابسته‌اند. این گونه پارازیت‌ها یک مرحله از زندگی خود را وابسته به‌شرایط خاصی از محیط آبی هستند. (جدول ۳-۸) *(Reichenhach. 1975)*

جدول ۳-۸- حرارت ترجیحی و کشنده در پارازیت‌های ماهیان (c°)

c. پارازیت‌های با حرارت ترجیحی کمتر از ۲۲c°

w. پارازیت‌های با حرارت ترجیحی بیش از ۲۲c°

گونه	حرارت ترجیحی	حرارت کشنده			*c* یا *w*
	بزرگسالان	کم (اسپور)	رشد حداقل	رشد حداکثر	
a) پروتوزوآ					
Ichthyobodo necatrix	۱۰-۲۲			۲۸-۳۰	*c*
hexamita salmonis	۱۸-۲۶				*w*
Oadinium phillularis	۱۸-۲۶		۱۰-۱۲*(?)*		*w*
Amyloodinium ocellatum	۲۰-۲۶		۱۰-۱۱		*w*
Myxosoma cerebralis	۱۰-۱۷	-۳۰°		۴۰	*c*
Ichthyophthirius multifilis	۲۰-۲۶	+۵۰°	۳	۲۷	*w*
chilodonella cyprini	۵-۱۳		۱	۲۰	*c*
b) Helminths					
Dactylogyrus solidus	۱۳-۱۵				*c*
D. vastator, lamellatus	۲۴-۲۸	۱	۵	۳۰	*w*
Phyllodistomum f.	۱۷-۲۰			۴۰	*c*
Hysteromorpha tr.	۱۹-۳۰		۸	۳۷	*w*
Bucephalus polym.	۲۱-۲۵				*w*
Caryophllaeus laticeps (pallas)	۴/۴-۱۵/۵				*C*
Proteocephalus sp.	۱۶-۲۲				*c*
Triaenophorus nod.	۱۵-۲۳	۰-۱	-۱	۳۰	*c*
Diphyllobothrium	۱۸-۲۱	-۲-۰	صفر	۳۰	*c*
c) copepoda					
Argulus foliaceus	۱۷-۲۸		۱۰	۳۰	*w*
Lernaea cyprinacea	۱۴-۳۳		۱۴	۳۵	*w*
Lernaea carassii	۲۰-۳۳		۱۷	۳۵	*w*
Ergasilus sieboldi	۱۲-۳۰		۴	۳۱	*c*

جدول ۴-۸- سطح ایمنی برخی از حشره‌کشها در پرورش ماهی

ترکیب	اندکس بزرگنمایی	اندکس پایداری	LC50-96h
آلدرین - دیلدرین	۰/۰۰۱mg/l	زیاد	زیاد	۰/۲-۱۶
کلردان	۰/۰۱mg/l (F)	زیاد	زیاد	۵-۳۰۰۰
د.د.ت	۰/۰۰۴mg/l (M)	—		۰/۲۴-۲
	۰/۰۰۱mg/l	زیاد	زیاد	—
دمیتون	۰/۰۱mg/l	؟	؟	—
اندوسولفان	۰/۰۰۳mg/l (F)	؟	کم	—
اندرین	۰/۰۰۱mg/l (M)	—	—	۰/۱۳-۱۲
گوتیون	۰/۰۰۴mg/l	کم	کم	—
هپتاکلر	۰/۰۰۱mg/l	زیاد	زیاد	۰/۱-۲۳۰
لیندان	۰/۰۱mg/l (F)	متوسط	؟	—
	۰/۰۰۴mg/l (M)			
مالاتیون	۰/۱mg/l	کم	کم	—
متوکسی کلر	۰/۰۳mg/l	کم	کم	—
میرکس	۰/۰۰۱mg/l	زیاد	زیاد	—
پاراتیون	۰/۰۴mg/l	کم	کم	—
توگزافن	۰/۰۰۵mg/l	زیاد	زیاد	۱-۶
پلی کلروبی فنیل	۰/۰۰۱mg/l	زیاد	زیاد	—

F: آب شیرین *M:* دریا

C.E: Boyd, water Quality in Pounds for Aquaculture, 1990. (A.D.R)

جدول ۵-۸- ماکزیمم غلظت قابل قبول حشره‌کشها در ماهیان *(Boyd, 1990)*

غلظت *mg/l*	حشره‌کش
حشره‌کشهای ارگانوکلره	
۰/۰۱	آلدرین
۰/۰۰۳	د.د.ت
۰/۰۰۵	دیلدرین
۰/۰۰۴	کلردان
۰/۰۰۳	اندرین
۰/۰۲	لیندان
۰/۰۱	توگزافن
حشره‌کشهای ارگانوفسفر	
۰/۰۰۲	دیازینون
۰/۰۰۱	دورسبان
۰/۰۰۸	مالاتیون
۰/۰۰۱	پاراتیون
۰/۳	تپ
حشره‌کشهای کاربامات	
۰/۰۱	کباریل
۰/۱	سکتران
—	قارچ‌کش (علف‌کش)
۳۰۰	آمینوتریازول
۰/۵	دیکوات
۱/۵	دیورن
۴/۰	۲/۴D
۲/۰	سیلوکس
۱۰/۰	سیمازین
حشره‌کشهای باغی	
۰/۰۱	پیرتروم
۱۰	روتنون

فصل هشتم

نقش تغذیه در کیفیت آب

مقدمه

در پرورش ماهی فون غذایی زیستگاهها می‌تواند بازگوکننده شرایط کیفی آب باشد. در مجموع جهت تغذیه مجموعه جانوری زیر در محیطهای آبی قابل تشخیص است:

الف) مصرف‌کنندگان گیاهان عالی (گاموریده، لارو بسیاری از بال موداران)

ب) مصرف‌کنندگان گیاهان میکروسکوپی (زئوپلانکتونها)

ج) مصرف‌کنندگان پوششهای بیولوژیک (کرمها، سخت‌پوستان، لارو شیرونومید، پوره یکروزه‌ها)

د) مصرف‌کنندگان بقایای گیاهی و جانوری از زئوپلانکتونها و گاماروس‌ها و نرم‌تنان که خود به دو دسته شکم‌پایان و دوکفه‌ایها تقسیم می‌شوند).

● شکم‌پایان دارای اهمیت زیادی در تغذیه طبیعی ماهیان بوده که در میان گیاهان غوطه‌ور زندگی می‌کنند، پوسته بدن مارپیچی و مهمترین آنها *Limnae stagnalis*، *L. oata*، *Vivipara* غذای *vivipara*، *Valvata piscinalis* هستند که گونه اخیر نشانه آلودگی در آبهای آشامیدنی است.

● سخت‌پوستان از مهمترین گروههای جانوری بوده، که غذای ماهی محسوب می‌گردند و خود به دو گروه پست و عالی تقسیم می‌شوند. سخت‌پوستان پست از غذاهای اصلی بچه ماهیان جوان و

پلانکتونخوار می‌باشند، در حالی که سخت‌پوستان عالی بوسیله ماهیان بزرگسال خورده می‌شوند. سخت‌پوستان پست را می‌توان در گروههای زیر دسته‌بندی نمود.

الف) پاروپایان و *(Copepoda)* که مهمترین آنها *Silcae* می‌باشد، کمتر از *5mm* و در ناحیه *Littoral* پلاژیک استخر به سر می‌برد.

ب) زره داران *(Ostracoda)* ، مانند سیپروس که بیشتر در بستر استخر یافت می‌شود.

ج) *Cladocera* نظیر *Daphnia Polex* و *D. longispina* ، *Bosminia longirasostris* از سخت‌پوستان عالی که در استخرهای طبیعی، قزل‌آلا و آبهای جاری یافت می‌شوند. می‌توان به *Gamarous* اشاره کرد. فراوانترین سخت‌پوست، *Eurycercus lamellatus* می‌توان نام برد.

فراوانی فون جانوری تا حد زیادی به میزان تخم‌ریزی و در تولید نسل آنان بستگی دارد. برخی از جانوران یاد شده ، غذای ماهی محسوب می‌گردند، نظیر پوره یکروزه، بال مودران و برخی رقیب ، در غذایی ماهی محسوب می‌گردند، مثل نیم سخت بالان، *Hemiptera* در حالی که برخی دشمن بچه ماهیان محسوب می‌شوند، نظیر پوره‌های بزرگ‌سنجاقکها، لاروقاب بالان *Coleoptera* ، سخت‌بالان *Hemiptera*

اگرچه غذای طبیعی در تمامی محیطهای آبی، کم و بیش در اختیار آبزیان قرار دارد، ولی در عرصه پرورش ماهی تأمین مواد غذایی بصورت طبیعی، رضایت‌بخش نبوده و بهمین جهت، در راستای افزایش بهره‌وری در استخرهای آبزی پروری، نیاز به تأمین غذای کافی می‌باشد. افزایش مواد غذایی در استخرهای ماهیان پرورشی به دو صورت تأمین می‌گردد.

الف: ماهیان گرم آبی: از آنجائی که در سیستم پرورشی ماهیان گرم آبی نیاز فراوان به توده فیتوپلانکتونی جهت تغذیه ماهی می‌باشد. از این رو در این استخرها، بسته به حجم و وسعت، اقدام به کوددهی در مراحل مختلف دورهٔ پرورش می‌گردد. اگرچه کوددهی باعث افزایش محصول ماهی در استخر می‌شود، پیامدهای نامطلوب زیست محیطی فراوانی در بردارد که کاهش کیفی آب از مهمترین عوارض آن بشمار می‌رود. شدت کاهش کیفیت آب تابعی از میزان کود مصرفی و نوع آن (شیمیایی یا آلی) می‌باشد. ترکیبات کود با توجه به منشاء آن و نوع ترکیبات باعث تغییرات زیاد شیمیایی در استخرها می‌گردند. امروزه در تمامی کشورهای توسعه یافته جهان قوانین و مقررات سختی را در محل خروجی آب استخرها از نظر ترکیبات شیمیایی ناشی از فعالیت‌های آبزی پروری تنظیم نموده‌اند، که پرورش‌دهندگان ماهی را ملزم به رعایت آن جهت جلوگیری از افت کیفی آب

می‌کنند. این مسئله بویژه در مورد ماهیان سردآبی که از آبهای جاری (رودخانه‌ها، نهرها و چشمه‌ها که از منابع اصلی تأمین آب آشامیدنی مردم هستند) استفاده می‌شود. از اهمیت ویژه‌ایی برخوردار است. زیرا از یکسو حجم آب مورد نیاز در ماهیان سردآبی بسیار بیشتر از گرم آبی و از سویی نوع آب مورد استفاده باید در وضعیت مطلوبتری قرار داشته باشد. در کشورهای مناطق خشک و نیمه خشک جهان که بحران کمبود آب، به‌طور طبیعی وجود دارد، استفاده از آبهای جاری در پرورش ماهی، باید با دقت و نظارت خاصی انجام گیرد. متأسفانه در حال حاضر در جمهوری اسلامی ایران علی‌رغم کمبود آب آشامیدنی، در اغلب شهرهای بزرگ و کوچک کشور، هیچگونه استاندارد تعریف شده‌ایی جهت ایجاد کارگاههای تکثیر و پرورش ماهیان سردآبی بر روی رودخانه‌های جاری با آب دائم، که از شاهرگهای حیاتی جامعه به شمار می‌روند صورت نمی‌گیرد. این کنترل که باید از جهت میزان ترکیبات آلاینده در خروجی کارگاهها و هم‌چنین امکان شرایط تصفیه آنها از یکسو و رعایت فاصله مطمئن با کارگاه بعدی جهت فرصت خود پالایی رودخانه، انجام گیرد، در حال حاضر رعایت نمی‌شود و با توجه به سیاست کشور مبنی بر افزایش تولید ماهیان پرورشی، بدون هرگونه مطالعه‌ایی اقدام به ایجاد کارگاههای تکثیر و پرورش ماهیان سردآبی بر روی رودخانه‌هایی نظیر هراز می‌گردد. که در طراحی و ساخت آن‌ها دقت لازم نسبت به رعایت فواصل با کارگاههای بالادست یا پائین دست و هم‌چنین امکان پالایش آب خروجی قبل از ورود به مسیر رودخانه نشده است. بدیهی است در فاصله زمانی نه چندان زیاد بعلت نیاز به منابع آبی جدید آشامیدنی، آلودگی آنها از معضلات جدی خواهد بود. بنابراین قبل از احداث یک کارگاه تکثیر و یا پرورش، بویژه در ماهیان سردآبی، باید به ظرفیت کارگاه، دبی آب رودخانه و نوع تغذیه و میزان آن دقت کافی مبذول کرد.

تغذیه در ماهیان سردآبی اعم از کارگاههای تکثیر و پرورش بصورت دستی انجام می‌گیرد.

از آنجا که برخلاف استخرهای پرورش ماهیان گرم‌آبی، زمان ماندگاری آب در سیستم پرورش ماهیان سردآبی بسیار کوتاه است. تنظیم میزان غذای دستی در این محیطها باید با دقت خاصی انجام گیرد که تا قبل از مصرف ماهیان از دسترس خارج نگردند. میزان غذای دستی مصرفی جهت افزایش محصول تابعی از نوع و ترکیبات موجود در غذای مصرف می‌باشد، که ارزش تبدیلی متفاوتی را نشان می‌دهد. در حقیقت هر چه میزان ارزش تبدیلی یک ماده غذایی بیشتر باشد، آثار نامطلوب

زیست محیطی کمتری را در برخواهد داشت. زیرا بقایای مواد غذایی مصرف نشده و همچنین فضولات و مواد زائد متابولیک ناشی از ماهیان باعث اختلالات شیمیایی آب، ناشی از فرآیندهای تجزیه می‌گردد که مهمترین آنها ازدیاد BOD ، COD ، ازت آمونیاکی، نیتریت، نوسان شدید O_2 محلول و تغییرات pH ناشی از بهم خوردن موازنه شیمیایی در آب، می‌باشد. از طرفی نوع مواد تشکیل‌دهنده غذای دستی و ترکیبات شیمیایی آن از قبیل اسیدهای آمینه، نسبت کربن به ازت، فسفر و دیگر عناصر متشکله، می‌توانند در سرعت تجزیه باکتریایی و اکسیداسیون و همچنین کیفیت شیمیایی آب تأثیرات متفاوتی را بوجود آورند. برای آشنایی بیشتر کیفیت مواد غذایی متفاوت با ترکیبات مختلف را می‌توان مطالعه نمود.

علاوه بر استفاده از غذای دستی و مواد شیمیایی مصرفی نظیر کود، مواد زائد بیولوژیکی حاصل از بقایای فون و فلور محیطهای آبی نیز از عواملی هستند که بر کیفیت آب تأثیر می‌گذارند. اگرچه بقایای این فون و فلور طبیعی تنها در شرایط خاص نظیر پدیدهٔ یوتریفیکاسیون آب را دچار اختلالات کیفی شدید می‌نمایند، در عرصه‌های پرورش ماهی نیز بدلیل بهره‌گیری از مواد شیمیایی (کود) و غذای دستی، حتی در مقادیر نسبتاً کم، خود از عوامل تشدیدکننده اختلالات شیمیایی در آب می‌گردند. سرعت تجزیه فلور موجود در محیطهای آبی نیز تابعی از اجزا تشکیل دهندهٔ آنان می‌باشد. شرایط استفاده از غذای دستی در آبزیان (ماهی و میگو) در مراحل مختلف رشد، بسیار متفاوت است. در حالی که در مراحل اولیه رشد در کارگاههای تکثیر و در مراحل ابتدایی رشد از غذاهای طبیعی (پلانکتونها) استفاده می‌شود، با ادامه رشد غذای کنسانتره، می‌تواند جای غذای قدیمی را بگیرد. بهر حال در بهره‌گیری از غذای طبیعی یا کنسانتره، باید کیفیت مناسب غذایی از نظر ویتامین‌ها، اسیدهای امینه و ... در جیره غذایی لحاظ گردند.

تأثیر مواد غذایی و آلاینده در مزه و بوی ماهیان

هرگونه ماده غذایی یک مزه و بوی خاصی به آبزیان می‌دهد که از سایرین متمایز است. البته به‌طور طبیعی ماهیان آب شور و شیرین طعم‌های متفاوتی را دارا می‌باشند. منظور از طعم و مزه در ماهیان، صرفاً به مواردی اطلاق می‌شود که در زمان حیات آبزی ایجاد می‌گردد. اگرچه می‌تواند در سیستم نگهداری انبار و حمل و نقل نیز بوهایی در ماهی ایجاد گردد. صرفنظر از محیط زیست، هر ماهی طعم طبیعی خاصی دارد که در شرایط طبیعی، عادی می‌باشد. این طعم طبیعی می‌تواند، توسط پاره‌ای از عوامل انسانی یا طبیعی، دچار تغییرات گردد. پاره‌ای از محققین *(Mann, 1982)* شدت تغییرات مزه و بو در ماهیان را به ۵ مرحله زیر تقسیم نموده‌اند:

۱. مرحلهٔ صفر: ماهی تحت تأثیر هیچ‌گونه عوامل بوزا و تغییر مزه قرار نگرفته است.

۲. مرحلهٔ یک: مزهٔ طبیعی از بین رفته، ولی هیچ‌گونه مزهٔ جدیدی قابل تشخیص نیست.

۳. مرحله دو: در این مرحله، یک مزه غیر معمول، قابل تشخیص است. ولی ماهی قابل خوردن است.

۴. مرحلهٔ سه: مزهٔ غیر طبیعی کاملاً مشهود و ماهی تحت شرایطی قابل استفاده می‌باشد.

۵ ـ مرحلهٔ چهار: مزهٔ غیر طبیعی، بقدری شدید است که تحت هیچ شرایطی ماهی قابل مصرف نیست.

عوامل طبیعی تغییر دهندهٔ مزه و بو

تغذیه ناصحیح و اغلب با یک مادهٔ خاص می‌تواند، منجر به تغییرات مزه در ماهیان گردد. در استخرهای کپور ماهیان استفاده ممتد از ذرت، می‌تواند منجر به این تغییرات گردد. گوشت چنین ماهیانی، بسیار نرم و چرب بوده و از نظر ظاهری رنگ روشن متمایل به زرد، بویژه در نواحی شکم دارد. چنین ماهیانی این روزها در بازار، بدلیل چربی بالا مطلوبیت چندانی ندارند. بر عکس ماهیانی که با جو تغذیه می‌شوند، مزه مطبوعی به خود می‌گیرند. اصولاً ماهیان پرورشی که با غذای دستی تغذیه می‌شوند، طعم متفاوتی از ماهیان بومی محیط آبی دارند. در ماهیان قزل‌آلا نیز نحوهٔ تغذیه تأثیر مهمی در طعم و مزه ایجاد می‌نماید. تغذیه مکرر ازطریق آرد ماهی می‌تواند در این مورد سهم بسزایی داشته باشد. مواد غذایی با ترکیباتی حاوی *Canthaxantin* (چغندر) سبب می‌گردند تا گوشت ماهیان رنگ قرمز به خود گرفته و شباهت زیادی به گوشت ماهی آزاد پیدا می‌کنند.

ماهیان بومی در آبهای وحشی می‌توانند طعم و مزه نامطلوب به خود بگیرند، که در این میان می‌توان مشخصاً به طعم لجنی در کپور ماهیان اشاره نمود. علاوه بر کپور ماهیان بسیاری از ماهیان این خانواده، نظیر ماهی سفید می‌تواند بر اثر تغذیه از بستر لجنی، این طعم را به خود بگیرد. ولی مهمترین عامل تغییرات مزه و بو در ماهیان از تغذیه جلبکها ناشی می‌شود. جلبکها در شرایط مساعد زیست محیطی، می‌توانند شدیداً توسعه یافته، به‌طوری که تا ۲۴۰/۰۰۰ کلونی در هر میلی‌لیتر آب تشکیل دهند. در خلال شکوفایی و یا پس از مرگ آنها، در بسیاری از این جلبکها بر اثر فعالیت‌های متابولیکی موادی آزاد می‌گردند که برای ماهیان سمی هستند و یا حداقل در اغلب موارد سبب کاهش کیفیت آنان می‌گردند. از نظر رده‌بندی مهمترین گروههای جلبک در این رابطه را می‌توان سه گروه *Pyrophyta*، *Cryophyta* و *Cyanophyta* را نام برد. جلبک‌های *pyrophyta (Dinoflagellata)* اغلب منشاء دریایی داشته و حاوی ترکیباتی بوده که گرچه تاکنون دقیقاً شناسایی نشده، ولی بسیار سمی می‌باشند. این مواد اغلب پس از شکوفایی جلبکها و مرگ سلولها آزاد می‌گردند. رفتار فارماکولوژیک این مواد در بدن ماهی بخوبی روشن نشده است. انسان نیز بر اثر تغذیه از چنین ماهیان یا صدفهایی، می‌تواند دچار فلج عضلانی گشته، که در پاره‌ای از شرایط می‌تواند منجر به مرگ نیز گردد. مهمترین گونه جلبک از این گروه در دریای شمال را *Gonyaulax tamarensis* و *G. catenella* می‌توان نام برد. در آبهای شیرین در این رابطه می‌توان از گروه *Phytoflagellata*،

گونه *Prymnesium parvum* را نام برد، که عامل مرگ و میر ماهی در استخرهای پرورشی در بسیاری از کشورها می‌باشد. برخی از سیانوفیت‌ها، از جنس *Microcystis* در سطح آب، یک لایه غشایی ضخیم، چسبنده و اسفنجی تشکیل می‌دهند، که از یکسو حاوی مواد سمی بوده و از طرف دیگر مانع ورود اکسیژن از هوا به آب می‌گردد، که ماهیان موجود در چنین شرایطی در طبقه‌بندی کیفی در مرحلهٔ چهار قرار گرفته و غیر قابل مصرف می‌باشند. پاره‌ای از گونه‌های جلبکی دارای بوهای اختصاصی بوده که از آن میان می‌توان به *Synura uvela* با طعم خیار، *Asterionella formosa* با بوی آروماتیک ماهی، *Uroglena volvox*، *Dinobryon sertularia* و *Melosira granulata* با طعم حالت لجنی، اشاره نمود.

در دهه‌های اخیر، در کشور آلمان تغییراتی در مزهٔ ماهیان پدیدار شده که اغلب در دریاچه‌های حوالی برلین دیده می‌شود. در این ماهیان، غالباً علاوه بر طعم خاکی ـ لجنی، بوی آروماتیک نامطبوعی قابل شناسایی بود. مطالعات انجام شده نشان داد که عامل این تغییرات در ماهیان، بر اثر جلبکها، ظاهر شده است. این ماهیان که در شرایط شکوفایی جلبکها قرار داشتند، عمدتاً بر اثر جلبک *Ascillatoria* و اغلب در ماههای تابستان دچار این تغییرات شده‌اند. مطالعات دقیقتر نشان داد که عامل این تغییرات یک ترکیب روغنی زرد مایل به قهوه‌ای، ناشی از گونه *Ascillatoria agardehii* است که سبب طعم نامطبوع لجنی در ماهیان می‌گردد.

روغن جلبک حاوی گروهی از اسیدهای غیر اشباع $C_nH_{2n-8}O_2$ و به ویژه ترکیب $C_{22}H_{36}O_2$ است که باعث تغییر بوی نامطبوع در ماهیان می‌گردد. این ماده پس از مرگ جلبک در تودهٔ آب پراکنده می‌شود. علاوه بر ماهیان در پروسهٔ تصفیهٔ آبهای آشامیدنی این گونه جلبکها سبب بروز مشکلات می‌گردند. علاوه بر ترکیبات هیدروکربورها ترکیبات الکلی، آلدئیدی و آمین‌ها از مهمترین ترکیبات آلی آزاد شده از جلبکها هستند. که در محیط کشت جلبکها به عنوان عوامل ایجاد بو، باید در نظر قرار گیرند.

توسعه انبوه *Chlamydomonas sp.* همه ساله در تابستان و در آبها، حاوی موادی به نام بوتانل آمین بوده، که از ترکیبات مهم آمین‌های فرار می‌باشد. مطالعات بیشتر نشان داد که این جلبکها حاوی مجموعهٔ طیف گستردهٔ آمین‌های فرار هستند. از آن میان می‌توان به ترکیب *Putrescin* اشاره نمود، که از تجزیه مواد سفیده‌ای حاصل می‌گردد. در عمدهٔ موارد عوامل بوزا ناشی از جلبک در زمانی

ظاهر می‌شوند که سلول‌های جلبکی هوازده گردند. به‌طوری که این جلبکها در سطح آب شناور شده و در محیط تبادل آب و هوا قرار می‌گیرند. هنوز مشخص نیست که آمین‌های حاصل از جلبکها از طریق *autolysis* یا فعالیت‌های باکتریایی آزاد می‌شوند. ولی آنچه مسلم است، تعداد مشخصی از آمین‌ها و نظیر *Putrescin* در تغییرات کیفی مزه و بو ماهیان سهیم می‌باشند.

ماهیانی که دچار تغییرات کیفی، بر اثر عوامل ناشی از جلبک می‌گردند، چنانچه چند روزی در آبهای پاکیزه قرار گیرند، مجدداً به حالت طبیعی باز می‌گردند. هنوز مشخص نیست که تغییرات کیفی ایجاد شده در ماهیان، مشخصاً از طریق پوست، آبشش یا تغذیه حاصل می‌شوند.

عوامل شیمیایی مؤثر در کیفیت غذایی آبزیان

مهمترین عوامل مؤثر در بو و مزه غیرطبیعی در ماهیان ناشی از فاضلاب صنایع می‌باشند. در این میان می‌توان به ترکیبات نفتی، روغنهای معدنی، هیدروکربورهای غیر اشباع، صمغ و فاضلاب صنایع سلولزی و ترکیبات ازته اشاره نمود، که طعم‌های متفاوتی را در ماهی ایجاد می‌نمایند. ترکیبات فنله عموماً بوی داروخانه‌ایی داشته، هیدروکربورها با طعم آروماتیک مشخص می‌شوند، فاضلاب سلولزی طعم آروماتیک چوبی و ترکیبات ازته طعم بادام تلخ راسبب می‌گردند. مهمترین عامل ایجاد بو در ماهیان، فاضلاب‌های آلوده به مواد فنله و قیری است، که مطالعات زیادی بر روی آنان صورت گرفته است. این ترکیبات که در فاضلاب صنایع زیادی وجود دارند، عموماً تحت عنوان ترکیبات فنلی از آن یاد می‌شود. و مهمترین جزء آن مادهٔ یک ظرفیتی فرار فنل، کرزول *Kresole* و یا زیلنول *Xylenole* است. در مرحلهٔ بعدی، می‌توان از ترکیبات دیگر فنلی نظیر *Brenzkatechin*، *Resorcin*، *Chinolin*، *Pyrogallol*، *Phloroglucin* نام برد، که در پرورش ماهی همگی تحت عنوان ترکیبات فنله شناخته می‌شوند. اگرچه از نظر شدت سمیت و تأثیرات در مزه ماهیان می‌توانند بسیار متفاوت باشند. به‌طوری که این مواد در محدوده *۰/۱mg/lit* برای *Chinolin* تا مقدار *۳۰mg/lit* - ۲۰ برای *Pyrogallol* و *Resorcin* اثر دارند. ترکیبات همراه در فاضلاب نیز در آسیب‌رساندن به کیفیت ماهی بسیار مؤثرند. که در این میان می‌توان به ترکیبات کلره فنلی اشاره نمود که بسیار سریع و شدید تأثیر می‌گذارد.

مطالعات انجام شده نشان می‌دهد که مقادیر ۰/۰۱۵ میلی‌گرم در لیتر *O - Chlorophenol* و یا

۰/۰۶ میلی‌گرم *P - chlor phenol* در کپور ماهیان سبب ایجاد تغییرات محسوس مزه می‌گردند. در مارماهی حتی ۰/۰۰۱ میلی گرم در لیتر *O - chlorophenol* برای این تأثیرات نامطلوب، کفایت می‌کند. ماهیان پرچرب نظیر مارماهی، آزاد و قزل‌آلا تحت شرایط مشابه آلودگی طی زمان کمتری از آن متأثر می‌گردند. به‌طور کلی آبهای حاوی ۰/۰۳*ppm* ـ ۰/۰۲ فنل، قادرند طعم فنله به ماهیان بدهند. آزاد ماهیانی که در چنین آبهایی زندگی می‌کنند، به آزاد فنلی مشهورند. جذب فنل در ماهی از طریق سطح بدن، پوست، آبشش و تغذیه صورت می‌گیرد نگاهداری *Tubificide*ها در آبهای عاری از فنل که بستر آنان با مواد فنله همراه باشد، منجر به بو گرفتن شدید آنها می‌شود. تغذیه ماهی با چنین موجوداتی در کمتر از ۵ روز سبب انتقال آن به بدن ماهی می‌گردد. از مهمترین اعضایی که در جذب فنل فعالند، می‌توان بافت عضلانی، خطوط جانبی و مناطق چرب ناحیه شکم و ارگانهای داخلی نظیر کبد، روده و غدد را نام برد. میزان جذب فنل در آب حاوی ۱۰*ppm* از آن، پس از ۵ روز در کپور ماهی و ماهی اسبله، مقادیر زیر را نشان می‌دهد: عضله ۱۰، کبد ۱۹، کلیه ۱۲، گنادها ۹، روده ۷ و آبشش‌ها ۱۷ میلی‌گرم فنل بر کیلوگرم. تغییرات ناشی از مواد نفتی و معدنی، عموماً در آبزیان ساکن در محدوده بنادر دیده می‌شوند. مقادیر ۱۴*mg/lit* – ۵ نفت، ۰/۸*mg/lit* – ۰/۱ فنل، سبب بوگیری شدید ماهیان می‌گردد. جهت رفع بو در این گونه از ماهیان، باید حداقل به مدت سه هفته در آبهای عاری از آلودگی نگهداری شوند.

آبزیانی که در معرض آلودگی‌های نفتی ناشی از حوادث حمل و نقل آن قرار می‌گیرند. غالباً به علت جذب ترکیبات پارافینی ۱۵ ـ ۱۳ کربنه غیرقابل مصرف می‌شوند. ترکیبات نفتی می‌توانند کمتر از چند ساعت از طریق برونشی جذب گردند. مقدار ۰/۰۱*mg/lit* مواد نفتی، قادر است بر مزه ماهی قزل‌الای رنگین کمان تأثیر بگذارد. از تأثیرات جانبی مواد نفتی بر ماهیان علاوه بر صدمات وارده به طعم و بو، تخریب ارگان بویایی ناشی از *hypopelozi* است. نفت خام موجب صدمات فیزیکی باله‌ها می‌شود. اغلب ماهیان واقع در این آبها، از طریق تخریب حاشیهٔ باله‌ها، قابل شناسایی هستند. فاضلاب صنایع سلولزی نیز سبب تغییرات محسوس در طعم و مزه ماهی می‌شود. ترکیبات گوگردی نظیر متیل مرکاپتان، از عوامل عمدهٔ مؤثر در فاضلابهای صنایع سلولزی به شمار می‌روند. در حوالی صنایع منفجره وجود ترکیبات ازته سبب ایجاد طعم بادام تلخ می‌گردد. ترکیبات هگزا سیکلو هگزان در فاضلابهای صنایع شیمیایی، حتی در مقادیر بسیار جزئی، می‌تواند ماهی را از نظر طعم و مزه

غیرقابل مصرف سازد. جدول شماره ۹ سمیت برخی از عناصر سنگین در ماهیان را نشان می‌دهد. *(Boyd, 1990)*

جدول ۹ـ سمیت پاره‌ای از عناصر سنگین

عنصر	*(mg/l) lC50-96hr*	سطح ایمنی *mg/l*
کادمیوم	۸۰-۴۲۰	۱۰
کروم	۲۰۰۰-۲۰۰۰۰	۱۰۰
مس	۳۰۰-۱۰۰۰	۲۵
سرب	۱۰۰۰-۴۰۰۰۰	۱۰۰
جیوه	۱۰-۴۰	۰/۱۰
روی	۱۰۰۰-۱۰۰۰۰	۱۰۰

C.E: Boyd, water Quality in Pounds for Aquaculture, 1990. (A.D.R)

سموم سیانوباکتریا

سموم سیانوباکترها گروههای متنوعی را از نظر ترکیب شیمیایی و سم‌شناسی را در بر می‌گیرند. علی‌رغم اینکه منشاء آنها در آب است ولی اغلب سیانوتوکسین‌هایی که تابحال شناخته شده‌اند برای پستانداران خشکی از موجودات آبزی خطرناکترند.

سیانوباکترها متابولیتهای غیرمعمول مختلفی تولید می‌کنند که ماهیت همهٔ آنها دقیقاً مشخص نیست.

اکثر تحقیقات منحصر به‌مطالعه اثرات سموم بر روی انسان و سایر موجودات زنده بوده و یا سایر اثرات آنها توجهی نشده است. (اسماعیلی، نجات‌خواه، ۱۳۷۷)

در اوایل سالهای ۱۹۸۰ دانشمندان کشورهای مختلف با استفاده از روشهای آزمایشگاهی تحقیقاتی بر روی پراکنش و فرکانس سموم سیانوباکترها انجام داده‌اند. روشهای آنالیز جهت تعیین کیفیت سموم در اواخر دههٔ ۱۹۸۰ توسعه یافت. مطالعات نشان داده که مرگ و میر حیوانات ناشی از سموم درنتیجه وجود نوروتوکسین‌ها کمتر معمول می‌باشند و توکسین‌های پپتیدی حلقوی (شامل میکروسیس‌تین و نودولارین *Microcystino nodularin*) که با آسیب کبدی سمیت آنها ظاهر می‌گردد متداولتر بوده و معمولاً علائم مشابهی را ایجاد می‌نمایند.

جلبکهای سبز - آبی نظیر آنانبا واوسیلاتوریا نوروتوکسین تولید می‌کنند، اثرات این سم بر روی

جانوران و انسان به‌صورت فلج شدن اعضا، اختلال در دستگاه تنفس، لرزش عضلات، ترشح زیاد بزاق، سرگیجه و تشنج و نهایتاً مرگ ظاهر می‌شود.

طبقه‌بندی

مکانیسم عمل سموم سیانوباکترهایی که تابحال شناخته شده‌اند بسیار متنوع است و شامل *hepatotoxic* و *neurotoxic* و *dermatotoxic* تا سموم مهارکنندهٔ سنتز عمومی می‌باشند.

سیانوتوکسین‌ها به‌سه گروه با ساختمان شیمیایی متفاوت تقسیم می‌شوند:

پپتیدهای حلقوی *cyclic peptides* آلکالوئیدها *alkaloids* و لیپو پلی‌ساکارید *Lipopolysaccharides (LPS)*.

جدول ۹ خصوصیات کلی و اندامهای مورد هدف سیانوفیسه‌های تولیدکنندهٔ سموم را نشان می‌دهد.

جدول ۱ - ۹ـ خصوصیات عمومی سیانوتوکسین‌ها *(Chorus, 1999)*

گروسمی	محل تجمع در پستانداران	سیانو باکتری
Cyclic Peptides		
Microcystins	کبد	Microcystis, Anabaena, Planktothrix (Oscillatoria), Nostoc, Hapalosiphon, Anabaenopsis
Nodularin	کبد	Nodularia
Alkalodis		
Anatoxin-a	سیناپس عصبی	Anabaena, Planktothrix (Oscillatoria), Aphanizomenon
Anatoxin-a(s)	سیناپس عصبی	Anabaena
Aplysiatoxins	پوست	Lyngbya, Schizothrix Planktothrix (Oscillatoria)
Cylidrospermopsins	کبد	Cylindrospermopsis, Aphanizomenon, Umezakia
Lyngbyatoxin-a	پوست -گوارش	Lyngbya
Saxitoxins	محور عصبی	Anabaena, Aphanizomenon,
Lipopolysaccharides (LPS)	Potential Irritant; affects any exposed tissue	All

پپتیدهای حلقوی هپاتوتوکسیک

در سرتاسر جهان اغلب سموم بلومهای سیانوباکترها در آبهای شیرین یا لب‌شور، توکسین‌های پپتیدی حلقوی متعلق به‌دو خانوادهٔ میکروسیس‌تین و نودولارین *nodularin* هستند و مهمترین تهدیدکنندهٔ آبهای آشامیدنی می‌باشند که به‌طور معمول حاوی سیانوباکترها هستند.

هپاتوتوکسین‌ها (سموم کبدی) در دوز حاد باعث ایجاد خونریزی کبدی و مرگ در عرض چند ساعت را می‌گردد. میکروسیس‌تین *Microcystins* از پلانکتونهای *Microcystis Anabaena* *Nostoc* و *Oscillatoria (Planktothrix)* و گونه‌هایی از *Anabaenopsis* شناسایی و جدا شده است.

Nodularin فقط از گونه *Nodularia spumigena* شناسایی و جدا شده است. پپتیدهای حلقوی معمولاً ساختمان طبیعی بزرگی دارند و وزن مولکولی آنها بین ۱۱۰۰-۸۰۰ می‌باشد.

Nodularin شامل ۵ اسید آمینه و میکروسیس‌تین شامل ۷ اسید آمینه می‌باشد با دو اسید آمینهٔ انتهایی که باعث بهم پیوستن زنجیره می‌گردد و شکل ترکیب حلقوی را بوجود می‌آورد. این ترکیبات محلول در آب هستند و مستقیماً نمی‌توانند از طریق غشای لیپیدی به‌سلولها نفوذ پیدا کنند بنابراین همراه با نوترنیت‌ها و یا مواد بیوشیمیایی ضروری به‌داخل راه پیدا می‌کنند.

در محیطهای آبی این سموم معمولاً درون سلولهای سیانوباکتر باقی مانده و هنگامی که سلول متلاشی شده و از بین می‌رود در محیط آزاد می‌گردند. میزان پایداری شیمیایی آنها و همینطور حلالیت آنها در آب اهمیت خاصی در ایجاد سمیت پیدا می‌کند.

اولین ساختمان شیمیایی از پپتیدهای حلقوی توکسین سیانوباکترها در اوایل دهه ۱۹۸۰ مشخص شد، و طی سالهای ۱۹۹۰ بر تعداد ساختمانهای شناسایی شده افزوده گردید.

برای اولین بار ساختمان هپتاپپتیدی در سیانوباکتر آب شیرین شناسایی شد که دارای ساختمان کلی (عمومی) زیر می‌باشند:

cyclo- (D-alanine[1] - X[2]-D-Me ASP[3] - Z[4] - Adda[5] - D-glutamate[6]- Mdha[7]) X و *Z*

می‌تواند *L* اسید آمینه بوده و متغیر است،

$D\text{-}Mes\ sp^{3}$ عبارتست از *N-methyldehydroalanine* (شکل ۱ بخش *A*)

اسید آمینه *Adda* - ۸ و ۶ و ۲ - *methoxy* - ۹ - *amino* - ۳ - (2*S*, 3*S*, 8*S*, 9*S*) *trimethyl-*

۱۰ - *phenyldeca* - ۴ و ۶ - *dienoic acid*

معمول‌ترین ساختمان از این گروه، توکسین‌های پپتیدی حلقوی سیانوباکترها می‌باشد.

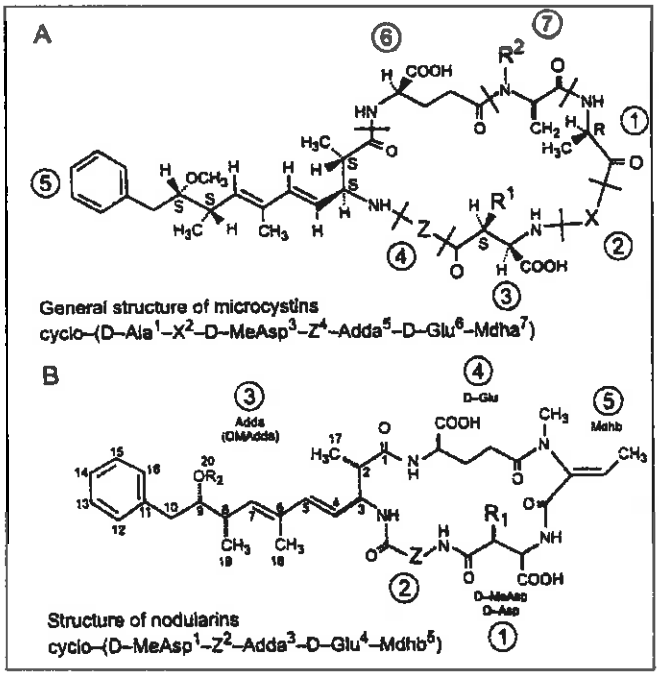
این ترکیبات در ابتدا از سیانوباکتر *Microcystis aeruginosa* جدا و شناسایی شده بنابراین توکسین را میکروسیس‌تین نامگذاری نمودند. *(Carmichael, el al., 1988)*

ساختمانهای مختلف با تغییراتی در هفت اسید آمینه گزارش شده است ولی بیشترین جابجایی در *L* اسید آمینه‌ها در موقعیت ۲ و ۴ و دی متیلاسیون اسید آمینه در موقعیت ۳ و یا ۷ وجود دارد. در حال حاضر حدود ۶۰ ساختمان مختلف میکروسیس‌تین از سیانوباکترها جدا و شناسایی شده است.

از یک سیانوباکتر آب لب‌شور، سمی با ساختمان پنتاپپتیدی حلقوی مشابه میکروسیس‌تین جدا شد این‌گونه *Nodularia spumglgena* نام داشت و سم آن را *Nodularin* نامگذاری نمودند.

ساختمان شیمیایی نودولارین عبارتست از- *D* - *(D-mesp[1]-L-arginie[2]-Adda[3]* - *glutamate[4]- Mdhb[5])* - حلقوی

به طوری که *Mdhb* عبارتست از اسید *dehydrobytyric* - ۲ - *(methylamino)* - ۲ (شکل ۱-۷ بخش *B*) تغییرات بسیار کمی در ساختمان نودولارین دیده می‌شود. دو ساختمان مختلف در رابطه با دی‌متیله شدن دیده می‌شود یکی با قرارگیری *D- ASP*[1] با *D-MeASP*[1] و دیگری با جابجایی *DMadda*[3] با *Adda*[3] و یک نودولارین غیرسمی که حاوی *6Z- steroisomer Adda* می‌باشد. *(Namikoshi, et al., 1994)*



شکل ۷ـ *A* ساختمان عمومی میکروسیس‌تین *Mcyst* - *B* ساختمان عمومی نودولارین

یک ترکیب بسیار شبیه به‌نودولارین از اسفنج دریایی *Theonella swinhoei* به‌نام *motoporin* بدست آمده است که اختلاف آن با نودولارین فقط در یک اسید آمینه و دارای *Hydrophobic L-va* بجای *L-Arg* در نودولارین است (۱۹۹۲، *de silva*). این سم شاید در اصل مربوط به‌سیانوباکترهایی باشد که با اسفنج به‌طور همزیست زندگی می‌کنند *(de Silva, et al., 1992)*

مسموم شدن پستانداران توسط میکروسیس‌تین و نودولارین از طریق ایجاد پیوندی قوی با پروتئین فسفاتاز سلولی صورت می‌گیرد. در فرم محلول میکروسیس‌تین و نودولارین شکل شیمیایی مشابهی داشته بخصوص در بخش *Adda- glulamate* اهمیت خاصی دارد. مطالعات اخیر نشان داده است که این منطقه قطعاً محلی است که با پروتئین فسفاتاز سلولی واکنش ایجاد می‌کند. بنابراین سمیت سیانوتوکسین‌ها از این منطقه ناشی می‌شود. میکروسیس‌تین علاوه بر این در محل *Mdha* هم می‌تواند یک پیوند کووالانت با مولکول پروتئین فسفاتاز برقرار کند. اغلب

میکروسیس‌تین و نودولارین‌ها با ساختمانهای متفاوت ولی بسیار سمی هستند و از این نظر اختلاف بسیار کمی باهم دارند. تنها تعداد بسیار کمی یافت شده‌اند که غیرسمی باشند. به‌طورکلی هرگونه تغییرات ساختمانی در محل *Adda-glutamte* مولکول سمی، نظیر تغییر در ایزو مریزاسیون *Adda- diene* یا *acylation* گلوتامات میکروسیس‌تین یا نودولارین را غیرسمی خواهد کرد.

سمیت میکروسیس تین و نودولارین خطی ۱۰۰ بار کمتر از ترکیبات حلقوی آنهاست. (جداول ۲-۹ و ۳-۹) انواع میکروسیس تین و انتشار جغرافیایی آنها را نشان می‌دهند.

جدول ۲-۹- میکروسیس‌تین‌های گزارش شده در مقالات علمی *(Chorus, 1999)*

MCYS-LA	909	50	M.aerugionsa, M.viridis	Botes et al., Kaya and watanabe, 1990
MCYST-LAba	923	NR	M.aeruginosa	Gathercole and Thiel, 1987
MCYST-LL	951	+	MAeruginosa	Craig et al., 1993
MCYST-AR	952	250	Microcystis spp	Namikoshi et al., 1992a
MCYS-YA	959	NR	M.aerugionsa	Botes et al., 1985
[D-Asp,Dha] MCYST-LR	966	+	M.aeruginosa, Anabaena sp.	Harada et al., 1991b; sivonen et al., 1992a
[D-Asp,Dha] MCYST-EE (OMe)	969	+	Anabaena sp	Namikoshi et al., 1998
MCYST-VF	971	NR	M.aeruginosa	Bateman et al., 1995
[D-Asp,Dha] MCYST-LR	980	160-300	A.flos-aquae, M. aerugionsa	Krishnamyrthy et al., 1980; Cremer and henning. 1991; Harada et al., 1990 b; 1991 a;
[Dha]MCYST-LR	980	250	M.aeruginosa, Anabaena sp., O.agardhii	Harada et al., 1991b; Sivonen et al., 1992; Luukkainen et al., 1993
[DMAdda] MCYST-LR	980	90-100	Microcystis spp. Nostoc sp	Namikoshi et al., 1992a; Sivonen et al., 1992b
[Dha] MCYST-EE (oMe)	983	+	Anabaena sp.	Namikoshi et al., 1998
[D-Asp-Dha] MCYST-E (oMe)E (oMe)	983	+	Anabaena sp.	Namikoshi et al., 1998
MCYST-LF	985	+	M.aeruginosa	Azevedo et al., 1994
MCYST-LR	994	50	M.aeruginosa, A flos-aquae M. viridis	Botes et al., 1985; Rinehart et al.,1988 Krishnamythy et al., 1989; watanabe et al., 1988
[D-Asp,D-Glu(OCH^3)] MCYST-LR	994	NR	A.flos-aquae	Sivonen et al., 1992d
[(6z)-Adda] MCYST-LR	994	>1200	M.viridis	Harada et al., 1990a,b

ادامه جدول ۲-۹

[Dha] MCYST-E(oMe) E(oMe)	997	+	Anabaena sp	Namikoshi et al., 1998
[L-Ser]MCYST-LR	998	+	Anavaena sp.	Namikoshi et al., 1992c
MCYST-LY	1001	90	M.aeruginosa	Stoner et al., 1989
[L-Ser)MCYST-EE (oMe)	1001	+	Anabaena sp.	Namikoshi et al., 1998
MCYST-HilR	1008	100	Microsystis spp.	Namikoshi et al., 1995
[D-Asp, ADMAdda] MCYST-LR	1008	160	Nostoc sp.	Sivonen et al., 1990a; Namikoshi et al., 1990
[D-Glu(OH^3)] MCYST-LR	1008	>1000	A.flos-aquae, Microcystis sp.	Sivonen et al 1992d; Bateman et al., 1995 Rinehart et al., 1994
[D-Asp,Dha] MCYST-RR	1009	+	O.agardhii, Anabaena sp., M.aeruginosa	Krishnamyrthy et al., 1989; Sivonen et al., 1992a; Lukkainen et al., 1994
[D-Asp, ADMAdda, Dhb] MCYST-LR	1009	+	Nostoc sp.	baettie et al., 1998
[L-MeSer] MCYST-LR	1012	150	Microcystis spp	namikoshi et al., 1992 a; 1995
[Dha] MCYST-FR	1014	NR	Microcystis sp	Luukkainen et al., 1994
[L-Ser] MCYST- E (oMe) E (oMe)	1015	+	Anabaena sp.	Namikoshi et al., 1998
[L-Ser] MCYST-E (oMe) E (oMe)	1015	+	Anabaena sp.	Namikoshi et al 1998
[ADMAdda]MCYST-LR	1055	60	Nostoc sp.	Sivonen et al., 1990 a; Namikoshi et al., 1990
[D-Asp, ADMAdda] MCYST-LHar	1022	+	Nostoc sp.	Sivonen et al., 1992b
[D-Asp] MCYST-RR	1023	250	O.agardhii, Anabaena sp. M. aeruginosa	Meriluoto et al., 1989 Sivonen et al., 1992a; Lukkainen et al., 1994
[Dha] MCYST-RR	1023	180	M. aeruginosa, Anabaena sp O. agardhii	Luukkainen et al., 1993
MCYST-LW	1024	NR	M.aeruginosa	Bateman et al., 1995
MCYST-FR	1028	250	Microcystis spp	Namikoshi et al., 1992a
MCYST-M(o)R	1028	700-800	Microcystis spp.	Namikoshi et al., 1992a
[Dha]MCYST-HphR	1028	+	Anabaena sp.	Namikoshi et al., 1992b
[D-Asp, Dha]MCYST-HtyR	1030	+	Anabaena sp.	Namikoshi et al., 1992b
[Dha]MCYST-YR	1030	+	M.aeruginosa	Sivonen et al., 1992c
[D-Asp] MCYST-YR	1030	+	Microcystis spp.	Namikoshi et al., 1992d
MCYST-YM(o)	1035	56	M.aeruginosa	Botes et al., 1985; Elleman et al., 1978
[ADMAdda]MCYST-LHar	1036	60	Nostoc sp.	Sivonen et al., 1990a; Namikoshi et al., 1990
MCYST-RR	1037	600	M.aeruginosa, M. viridis, Anabaena sp.	Kusumi et al., 1987; Painuly et al., 1988; Watanabe et al., 1988; Sivonen et al., 1992a

بلومهای سمی سیانوباکترها

بلومهای سمی سیانوباکترها در ابتدا از طریق گزارشات موجود پیرامون مرگ و میر آبزیان مورد توجه قرار گرفت. اولین مدرک از این نوع گزارشات در سال ۱۸۷۸ در استرالیا مشاهده شده است (*Francis*، ۱۸۷۸).

در اغلب موارد و البته نه همیشه، گزارش زمانی صورت گرفته نشان می‌دهد که حیوانات درنتیجهٔ مصرف آب حاوی سیانوباکترها دچار مسمومیت شده بودند. اخیراً با استفاده از دستگاه‌های مدرن اغلب می‌توان ایجاد بلومهای سمی با فرکانس زیاد را حتی قبل از اینکه مسمومیتی اتفاق بیفتد گزارش و پیش‌بینی نمود.

در تمامی دنیا سم کبد (هپاتوتوکسیک حاوی میکروسیس تین) ناشی از بلومهای سیانوباکترهای آب شیرین نسبت به‌بلومهای نوروتوکسین‌ها فراوانتر است.

بلومهای سم - کبد تابحال تقریباً از تمامی نقاط دنیا گزارش شده است ولی توده‌های سیانوباکترها عامل نوروتوکسین در بعضی کشورها مثل شمال آمریکا، اروپا و استرالیا گزارش شده است.

در سالهای اخیر مطالعات مختلفی درکشورهای جنوب آمریکا، افریقا، استرالیا، آسیا و اروپا انجام شده‌است. نتیجهٔاین مطالعات نشان‌دهندهٔ این‌حقیقت است که‌سیانوباکتری‌های سمی همه‌جا حضور دارند و مطالعات بعدی بلومهای دیگر و سموم جدید مربوط به‌آنها را آشکار کرده است. (جدول ۳-۹)

به‌نظر می‌رسد در محدودهٔ آبهای تمامی کشورها توده هایی از سیانوباکترهای سمی را که ایجاد بلوم می‌نمایند دیده می‌شود و گرچه زمان وقوع متفاوتی دارند.

نکته مهمی که بایستی به‌آن توجه داشت اینست که انسان همیشه در بوجود آمدن این توده‌های سمی از طریق آلودگی ناشی از پدیده غذایی دخالت ندارند مثلاً بلومهای عظیمی از سیانوباکترهای سمی از مخازن دست نخورده یا تقریباً دست نخورده از استرالیاگزارش شده است و یا سیانوباکترهای بنتیک سمی باعث کشتار احشامی شده‌اند که از آبهای الیگوتروف ارتفاعات آلپ در سوئیس نوشیده‌اند.

جدول ۳-۹-گونه‌های سمی سیانوباکترها و انتشار جغرافیایی آنها *(Chorus, 1999)*

گونه سمی	نام سیانوتوکسین	محل انتشار	منابع
Anabaena flos-aqua			
	Microcystins	کانادا	Krishnamurthy et al., 1989; Harada et al., 1991
Anabaena?	Microcystins	دانمارک	Henriksen et al., 1996b
Anabaena spp.	Microcystins	مصر	Yanni and carmichael, 1997
Anabaena spp. (flos-aquae, lemmermannii, circinallis)	Microcystins	فنلاند	Sivonen et al., 1990b: 1992a
Anabaena circinalis	Microcystins	فرانسه	vezie et al., 1998
Anabaena flos aquae	Microcystins	نروژ	Sivonen et al., 1992 a
Microcystis aeruginosa	Microcystins	جهانی	Several; see rinehart et al., 1994 for a summary
M. viridis	Microcystins	ژاپن	Kusumi et al., 1987; watanabe et al., 1986
M.botrys	Microcystins	دانمارک	Henriksen et al., 1996 b
Planktonthrix agardhii	Microcystins	چین	Ueno et al., 1996a
P. agardhii	Microcystins	دانمارک	henriksen et al., 1996b
P. mougeotii	Microcystins	دانمارک	Henriksen et al., 1996b
P. agardhii	Microcystins	فنلاند	Sivonen 1990b; Luukkainen et al., 1993
P. agardhii	Microcystins	نروژ	Krishnamunthy et al., 1989; Meriluoto et al., 1989
Oscillatoria limosa	Microcystins	سوئیس	Mez et al., 1996
Nostoc sp.	Microcystins	فنلاند	Sivonen et al., 1990a, 1992b
Nostoc sp.	Microcystins	انگلیس	Beattie et al., 1998
Anabaenopsis millerii	Microcystins	یونان	Lanaras & Cook, 1994
Haphalosiphon hibernicus (soil isolate)	Microcystins	آمریکا	Prinsep et al., 1992
Nodularia spumigena	Nodularins	استرالیا	Baker & Humpega 1994; Jones et al., 1994
N. spumigena	Nodularins	دریای بالتیک	Sivonen et al., 1989b
N. Spumigena	Nodularins	نیوزلند	Camicheal et al., 1989a; Rinehart et al., 1997
Aphanizomenon ovalisporum	Cylindrospermopsin	اسرائیل	Banker et al., 1997
Cylindrospermopsis raciborskii	Cylindrospermopsin	استرالیا	Hawkins et al., 1985, 1997
C.raciborskii	Cylindrospermopsin	مجارستان	Torokne, 1997
Umezakia natans	Cylindrospermopsin	ژاپن	Harada et al., 1975
Anabaena flos-aquae	Anatoxin-a	کانادا	Carmichael et al., 1975; Devlin et al., 1977
Anabaena spp.	Anatoxin-a	فنلاند	Sivonen et al., 1989a
Anabaena blooms	Anatoxin-a	آلمان	Bumke - Vogt, 1998
Anabaena sp.	Anatoxin-a	ایرنلند	Jaemes et al., 1997

ادامه جدول ۳-۹

Anabaena sp.	Anatoxin-a (minor amounts)	ژاپن	Park et al., 1993 a
Anabaena planctonica bloom	Anatoxin-a	ایتالیا	Bruno et al., 1994
Aphanizomenon sp.	Anatoxin-a	فنلاند	Sivonen el al., 1989a
Aphanizomenon blooms	Anatoxin-a	آلمان	Brumke-vogt, 1989a
Cylindrospernum sp.	Anatoxin-a	فنلاند	Sivonen et al., 1989a
Microcystis sp.	Anatoxin-a (minor amounts)	ژاپن	Park et al., 1993
Oscillatoria sp. benthic	Anatoxin-a	اسکاتلند	Edwards et al., 1992
Oscillatoria sp.?	Anatoxin-a	ایرلند	james et al., 1997
Planktothrix sp.	Anatoxin-a	فنلاند	Sivonen et al., 1989a
Planktothrix formosa	Homoanatoxin -a	نروژ	Skulberg et al., 1992
Anabaena flos-aquae	Anatoxin-a(s)	کانادا	Matsunaga et al., 1989; Mahmood & Carmichael, 1987
A. lemmermannii	Anatoxin-a(s)	دانمارک	Henriksen et al., 1997; Onodera et al., 1997a
Anabaena cricinalis	Saxitoxins	استرالیا	Humpage et al., 1994; Negri et al., 1995; 1997
Aphanizomenon flos-aquae	Saxitoxins	امریکا	Jackim & Gentile, 1968; Ikawa et al., 1982; Mahmood & Carmichael, 1986
Cylindrospermopsis racibroskii	Saxitoxins	برزیل	Lagos et al., 1997
Lyngbya wollei	Saxitoxins	امریکا	Carmichael et al., 1997; Onodera et al., 1997b

تجمع زیستی *Bioaccumulation*

میکروسیس‌تین در مهره‌داران و بی‌مهرگان آبزی شامل ماهیها، دوکفه‌ایها و زئوپلانکتونها انباشته می‌گردد. در دوکفه‌ایها بالاترین غلظت میکروسیس‌تین از هپاتوپانکراس و در مهره‌داران در کبد آنها دیده می‌شود.

در سال ۱۹۹۷ *Williams* و همکاران پیوندهای کووالانت ایجاد شده بین میکروسیس‌تین *LR* در کبد ماهی آزاد و لاروکپور راکه منجر به تجمع آن شده است را ثابت کرده‌اند.

میزان تجمع میکروسیس‌تین در آبزیانی که باعث ایجاد خطر مسمومیت برای انسان می‌گردند هنوز از مسائل قابل بحث است و البته به‌میزان مصرف و شدت بلومهای سمی در منطقه ارتباط پیدا می‌کند. به‌طور متداول امعاء و احشاء ماهیان در چنین مواردی نبایستی مورد تغذیه قرار گیرد ولی در مناطقی که بلومهای بزرگ سمی اتفاق می‌افتد بایستی هوشیارانه‌تر عمل نمود.

ساکسی توکسین ناشی از کشند قرمز دینوفلاژله‌ها بوده و تمایل زیادی به‌انباشتگی در مهره‌داران و بی‌مهرگان دریایی دارند و اغلب نتایج فاجعه‌آمیزی برای انسانها و حیواناتی که از آنها تغذیه می‌کنند را سبب می‌شوند.

به همین ترتیب ساکسی توکسین که از آنانبای، سیانوباکتر آب شیرین تولید می‌شود قادر است در دو کفه‌ایهای استرالیایی ساکن آب شیرین در غلظتی بالاتر از میزان تعیین شده در استاندارد بین‌المللی انباشته گردد. این سمیت در حدود ۷ روز مجاورت با شکوفایی با دانسیته سلولی، (۱۰۰۰۰۰ سلول در میلی‌لیتر) بوجود می‌آید و که معمولاً در بلومهای طبیعی تشکیل می‌شود.

دوام و پایداری در سلولها

کشت سلولی نشان می‌دهد که میکروسیس‌تین و نودولاین به‌آهستگی در داخل سلول زنده کاهش پیدا می‌یابند (در مقیاس هفته‌ها) به‌همین ترتیب بقایای خشک شدهٔ *Microcystis aerugionsa* در سواحل دریاچه‌ها غلظت بالایی از میکروسیس‌تین را تا چندین ماه نشان می‌دهد.

در زمان غوطه‌وری بقایا، توکسین‌ها دوباره به‌داخل آب آزاد می‌گردند. بنابراین همیشه پتانسیلی قابل توجه از میکروسیس‌تین محلول در غیاب سلول زنده و یا درنتیجه بلومی که به‌تازگی از بین رفته است می‌تواند وجود داشته باشد.

مطالعات انجام گرفته بر روی دریاچه‌ای در دو دوره تابستان - پاییز، نشان می‌دهد میکروسیس‌تین محلول پایدارتر از توکسین ذره‌ای می‌باشد و به‌ترتیب ۳۰ و ۱۵ روز نیاز دارند تا ۹۰ درصد غلظت آنها کاهش یابد.

اثر بر روی موجودات آبزی

اثر سم بر روی موجودات از دو طریق صورت می‌گیرد:

تاثیر مستقیم در اثر مصرف آب حاوی سیانوباکتر یا غیرمستقیم از طریق تغذیه از جانوران آلوده به سیانوباکترها.

سیانوتوکسین‌ها در مهره‌داران و بی‌مهرگان آبزی نظیر ماهیان و دوکفه‌ایها و زئوپلانکتونها انباشته شده و درنتیجه پتانسیل قابل توجهی از سمیت را که در زنجیرهٔ غذایی بتدریج حاصل شده است را

را دارا می‌باشند.

دقیقاً مشابه بزرگ‌نمایی ناشی از آلودگی که در موجودات خشکی نسبت به‌آلودگی فلزات سنگین و حشره‌کشها بتدریج حاصل می‌شود.

راه دیگری که سیانوباکترها باعث مرگ و میر می‌گردند از طریق کاهش غلظت اکسیژن محلول آب می‌باشد که پس از متلاشی شدن بلوم به‌دنبال فعالیت باکتریها ایجاد می‌گردد.

بهترین روش برای بدست آوردن میزان توان (پتانسیل) اثرات سمی روی موجودات آبزی در مجاورت قرار دادن حیوان با سیانوباکتری یا محلول بدون سلول در شرایط آزمایشگاهی می‌باشد.

اثر بر باکتریهای آبزی

اثر توکسین‌های سیانوباکترها بر روی باکتریها کاملاً شناخته نشده است و اظهارات متناقضی دراین‌باره وجود دارد. به‌عقیده بعضی از دانشمندان حضور میکروسیس‌تیس و حتی میکروسیس‌تین خالص اثرات مرگ‌آور بر روی *Bacillus subtilus* ،*Escherichia coli* ،*Pseudomonas hydrophila* ندارد.

البته این تستهای محدود نمی‌توانند بعنوان شاخصهای کل از توان اثر سیانوتوکسین‌ها بر روی باکتریها تلقی شود.

اکثر باکتریهای آبزی هنوز با روشهای متداول باکتریهای پاتوژن پستانداران کشت و مطالعه می‌شوند بنابراین باکتریهای آزمایشگاهی را نمی‌توان به‌همگی آنها تعمیم داد و کلاً امکان‌پذیر است که سیانوتوکسین‌ها بر روی بعضی از گونه‌های آبزی اثراتی داشته باشد.

میکروسیس‌تین برای تمام باکتریها سمی نیست چندین گونه باکتری شناخته شده است که باعث کاهش غلظت این سموم می‌گردند. این عمل از طریق کاهش رهاسازی سیانوتوکسین‌ها از سطح سلولی انجام می‌گیرد. این باکتری‌ها می‌توانند بصورت همزیست همراه سیانوباکترها وجود داشته باشند.

با استفاده از آزمایشهای سمیت باکتریها (که براساس بازداری شب‌تابی آنهاست) می‌توان حضور سیانوتوکسین‌ها بخصوص میکروسیس‌تین‌ها را مشخص نمود. اگرچه مطالعات دیگری نشان داده است که کاهش شب‌تابی باکتریها ارتباطی به‌سیانوتوکسین‌هایی که تابحال شناخته شده‌اند ندارد

(احتمالاً اثرات منفی می‌تواند در ارتباط با حضور نامشخص آندوتوکسین‌های *LPS* موجود در دیواره سلولی سیانوباکترها باشد).

اثرات بر زئوپلانکتونها

نتایج مطالعات بر روی پتانسیل سیانوتوکسین‌ها بر زئوپلانکتونها که در شرایط آزمایشگاهی صورت گرفته است متناقض و پیچیده است. در کل می‌توان گفت که سیانوتوکسینها اثرات زیانباری بر زئوپلانکتونها دارند اما نوع این اثرات در جنس و گونه‌ها و حتی بین کلون‌های یک گونهٔ خاص بسیار متنوع است. از مشکلاتی که در طرح مطالعات وجود دارد این است که آیا موجود در معرض آب آلوده به‌سیانوتوکسین قرار می‌گیرد و یا از سیانوباکتر سمی تغذیه می‌کند. آزمایشات نشان داده است وقتی دافنی در مجاورت میکروسیس‌تین محلول قرار می‌گیرد، تأثیر آن زمانی ظاهر می‌شود که غلظت سم چندین برابر موجود در شرایط طبیعی خودش باشد. اختلاف فاحشی در پاسخ گونه‌های مختلف زئوپلانکتونها به‌سم سیانوباکترها و حتی سیانوباکترهای غیرسمی دیده شده است. مثلاً ۴گونه از زئوپلانکتون نسبت به‌هپاتوتوکسین حساسیت‌های متفاوتی حتی تا دو برابر نشان می‌دهند، اما علائم مسمومیت فقط در غلظتهای خیلی زیاد که معمولاً در طبیعت نادر است دیده شده است.

(*Lc50* ۴۸ ساعت بین ۴۵۰ تا ۲۱/۴۰۰ میکروگرم از میکروسیس‌تین در لیتر است) ژانگمن و بندرف[1] در مطالعه برروی ۱۰ جمعیت از دافنی‌ها (*Daphnia pulex*) اختلاف حساسیت تا سه برابر را بدست آورده‌اند. دمت و لارن[2] پیشنهاد کرده‌اند که این اختلاف حساسیت بین گونه‌ها و جمعیت مختلف زئوپلانکتونها در محلهایی که بطور مکرر بلوم سمی اتفاق می‌افتد باعث انتخاب و افزایش گونه‌های مقاوم گردد.

هنینگ[3] در مطالعات خود متوجه شد جمعیت *Daphnia galeata* پس از تغذیه فعال چندین ماهه در منطقه افزایش یافته است. شاید بتوان گفت که تعدادی از گونه‌های زئوپلانکتونی از چرای سیانوباکتریهای سمی دوری می‌کنند ولی چرا از گونه‌های غیرسمی را ادامه می‌دهند.

نتایج مشابهی در ماهیان پلانکتون خوار، تیلاپیا و کپور نقره‌ای هم مشاهده شده است. پس فشار

1- Jungmann and Benndorf (1994) 2- (Lauren, et.al, 1997) و (Demott, 1991)
3-(Henning, 1989)

چرای زئوپلانکتونها و بعضی ماهیان عاملی باشد برای غنی کردن محیط از سیانوباکترهای سمی باشد. پس از گذشت مدت زمانی از تغذیه آبزیان مختلف چنین نتیجه‌ای حاصل می‌گردد.

برخی از گونه‌های خاص از زئوپلانکتون تحت تأثیر سم قرار نمی‌گیرند در حالی که بسیاری از گونه‌ها متأثر می‌شوند.

بنابراین سیانوتوکسین‌ها در طی مدت طولانی می‌توانند در ترکیب زئوپلانکتونی منطقه تأثیر گذاشته و آن را تغییر دهند. به‌شرطی که سیانوباکترها در محیط به‌میزان فراوان یاف شوند.

اثرات بر ماهیان

اگر سیانوتوکسین به‌ماهی تزریق شود و یا از طریق تغذیه وارد بدن ماهی گردد علائم مشابهی با پستانداران که در آزمایشگاه مورد بررسی قرار می‌گیرند نشان می‌دهند.

سؤال مطرح شده اینست که سیانوتوکسین‌هایی که در محیط وجود دارند از چه طریقی به‌ماهی آسیب می‌رسانند؟

ورود سم از طریق تغذیه و جذب روده‌ای و معدی باعث نکروز وسیع کبدی و بدنبال آن مرگ ماهی می‌گردد. درحالی که غوطه‌وری ماهی جوان *(Juveniles)* در آب جاری هیچ اثر سمی را بوجود نمی‌آورد. مدارک دیگری در دست است که نشان می‌دهد غوطه‌وری ماهی در سیانوتوکسین یا آب حاوی سیانوباکتر سمی ایجاد ضایعاتی می‌نماید.

شاید در بین گونه‌ها اختلاف حساسیت وجود داشته باشد. مثلاً ماهی طلایی در برابر تزریق میکروسیس‌تین نسبت به‌موش ۳۰ باربر مقاومتر است.

در مطالعات بافت‌شناسی برروی اندامهای ماهیان مرده (کشته شده در اثر بلوم سیانوفسیه‌ها) در انگلستان نشان می‌دهد که علت مرگ آنها اغلب ناشی از آسیب آبشش‌ها، لوله‌های گوارشی و کبد بوده است. آسیب آبشش‌ها احتمالاً ناشی از pH بالای محیط بوده است که در اثر متلاشی و تجزیه سیانوباکتری‌ها و آزادسازی آمونیم انجام می‌شود صورت گرفته است. که تبدیل به‌آمونیاک سمی شده‌اند.

آسیب‌دیدگی آبشش خود باعث افزایش برداشت میکروسیس‌تین و نکروز کبدی می‌گردد. آسیب‌دیدگی آبشش‌ها توسط LR - میکروسیس‌تین محلول به‌طور آزمایشی در تیلاپیا و قزل‌آلا

انجام شده است. مطالعات بعدی اضمحلال توبولهای کلیه و گلومرولها را ثابت نموده است. تأثیر میکروسیس‌تین بر کپور اروپایی تحت شرایط طبیعی در استرالیا مورد بررسی قرار گرفت. آتروفی سلولهای کبدی، آبشش‌ها با نکروزهای کوچک، ورقه ورقه شدن اپی تلیوم لامدار و تا خوردن سرلامدار و افزایش غلظت بیلی‌روبین سرم از تأثیرات سم بوده است.

همینطور میکروسیس‌تین محلول روی جنین ماهی و رفتار ماهی تأثیر می‌گذارد. بیشتر این تحقیقات با بررسی ماهی آزاد اقیانوس اطلس که در نتپنز[1] در آبهای ساحلی کلمبیا و واشنگتن پرورش یافته‌اند صورت گرفته است.

ارگانیزمهای تولیدکننده میکروسیس‌تین که هنوز کاملاً شناخته شده نیستند، باعث تخریب سریع و تصاعدی کبد در اسمولت سالمون که در *netpens* پرورش یافته‌اند می‌گردد و بیماری *Net Pen Liver Disease (NPLD)* را بوجود می‌آورند و خسارات اقتصادی قابل توجهی به‌صنعت آبزی پروری وارد می‌سازد.

1- netpens

فصل نهم

شرایط کیفی آب در حمل و نقل ماهی

ماهی موجود زنده‌ای است که همانند سایر جانوران، وجود شرایط نامساعد زیست محیطی سبب آسیب و آزار آن می‌گردد، بویژه در زمان حمل و نقل ماهی که شرایط خاصی حکمفرما است، بایستی جهت آسیب کمتر در دورهٔ نگه‌داری و حمل و نقل باید به موارد زیر توجه شود.

۱. از تجمع گونه‌های مختلف ماهی وشرایط سنی متفاوت اجتناب گردد.

۲. از تراکم زیاد ماهیان در ظروف نگه‌داری خودداری شود.

۳. شرایط آب، بویژه از نظر اکسیژن محلول مناسب باشد.

۴. از حرارتهای نامناسب در طول مدت حمل و نقل پرهیز گردد.

۵. دقت در پیشگیری از هرگونه اشتباه تکنیکی در زمان حمل و نقل.

حداقل نیازهای اساسی ماهی در زمان نگهداری کوتاه مدت و حمل و نقل، عمدتاً به پارامترهایی نظیر حرارت آب، *pH* و اکسیژن محلول مربوط می‌شود. که نهایت دقت در این رابطه باید انجام گیرد.

۱ـ حرارت آب

ماهی به عنوان یک جانور خونسرد، بسته به گونه‌های مختلف درجات حرارتی متفاوتی را ترجیح

می‌دهد. سرعت واکنشهای حیاتی در ماهی، تابعی از محدودهٔ حرارتی است، که در آن قرار می‌گیرد. افزایش $10^{\circ}C$ حرارت آب، سرعت واکنش پروسه‌های حیاتی را دو الی سه برابر زیاد می‌کند. ماهیان سرد آبی نظیر آزاد ماهیان، عموماً محدودهٔ $15^{\circ}C$ ـ ۵ و اکسیژن محلول فراوان را ترجیح می‌دهند، که چنین شرایطی به‌طور طبیعی در آبهای سرد وجود دارد. محدودهٔ حرارتی یاد شده برای کپور ماهیان $25^{\circ}C$ ـ ۱۶ می‌باشد اکسیژن محلول با افزایش حرارت در آب کاهش می‌یابد. از طرفی این ازدیاد، فعالیتهای متابولیکی، مواد دفعی و نیاز به اکسیژن را در ماهی تشدید می‌نماید. و بدین جهت ماهی در معرض خطر کمبود اکسیژن قرار می‌گیرد. در زمان حمل و نقل حرارت آب نباید از $2^{\circ}C$ کمتر از $18^{\circ}C$ بیشتر باشد. در هنگام تخلیه ماهی به محیط آبی جدید، تفاوت حرارتی نباید به بیش از $5^{\circ}C$ برسد. آبهای با حرارت پائین، جهت انتقال ماهیان مناسبترند، زیرا فعالیت‌های متابولیکی کاهش یافته و مشکلات زمان حمل و نقل و ا مکان آسیب رسیدن به ماهی نیز به حداقل می‌رسد.

۲ـ pH آب

به‌طور کلی مناسبترین pH برای تمامی ماهیان، ۷ می‌باشد. pH آب در محدودهٔ ۸ ـ ۶ نیز، در زمان حمل و نقل، می‌تواند قابل قبول باشد. pHهای ۹ ـ ۸، در شرایط نامناسب، می‌تواند منجر به ایجاد مشکلات ناشی از قلیایی شدن آب و یا در $pH = 5$ منجر به معضلات اسیدی گردد. به عنوان مثال، در افزایش قلیائیت، خطر تبدیل آمونیوم به آمونیاک سمی وجود دارد. (حداقل مجاز آمونیاک برای کپور ماهیان $2ppm$ و برای قزل‌آلا $0/2ppm$ می‌باشد). آداپته نمودن ماهیان به pH اسیدی یا قلیایی، می‌تواند دامنهٔ نوسانات را تا حدی تغییر دهد. *(Reichenbach, 1979)*

۳ـ اکسیژن محلول

اصلی‌ترین پارامتر حیاتی آبزی، اکسیژن محلول در آب است و از اینرو مطالعات زیادی در این خصوص انجام شده است. حساسیت ماهیان در مقابل کاهش اکسیژن محلول در آب، در مراحل مختلف رشد (تخم، لارو و بالغ) و همچنین فعالیت‌های حیاتی (تغذیه، رشد، تولیدمثل و فعالیت‌های عمومی) متفاوت است. و باید برای هر یک از این موارد حداقل آن مشخص گردد. برای ماهیان حساس در شرایط زیستی مناسب، نباید مقدار اکسیژن محلول آب به کمتر از $5mg/lit$ برسد.

اهمیت اکسیژن در مورد نیاز برای مراحلی نظیر درصد باروری، تکامل جنین و رشد لارو و بچه ماهیان فعالیتهای متابولیکی و هم‌چنین شنا و دیگر رفتارهای ماهی، زمانی آشکار می‌شود که کاهش آن منجر به تلفات و یا آسیب به مراحل یاد شده گردد.

تأثیر کمبود اکسیژن در مراحل مختلف رشد

باروری: در رابطه با اکسیژن مورد نیاز در مراحل باروری، اطلاعات زیادی موجود نیست.

تکامل جنین: در اغلب گونه‌های ماهی، خروج از تخم ماهیان با مقادیر ۳*mg* ـ ۲ اکسیژن در لیتر، منجر به تشکیل لاروهای کوچک، با رشد کم ولی فعال و غیر ناقص می‌گردد. در آزاد ماهیان، این مقدار اکسیژن، سبب طولانی‌تر شدن دورهٔ رشد جنینی، خروج از تخم، کوچکی لاروها و حتی ناقص شدن آنان می‌شود. افزایش میزان مرگ و میر در زمان خروج لارو از تخم، زمانی صورت می‌گیرد که اکسیژن به کمتر از ۲*mg/lit* برسد. برخی از ماهیان نظیر اردک ماهی در این مرحله تکاملی، حداقل به ۵*mg/lit* ـ ۴ اکسیژن، نیاز دارند.

رشد لاروی: افزایش طول دورهٔ لاروی، از آثار منفی، کمبود اکسیژن است. کاهش اکسیژن تا میزان ۵*mg/lit* ، تأثیر سوئی بر لارو آزاد ماهیان نداشته، ولی به میزان ۳*mg/lit* ، سبب طولانی شدن دورهٔ رشد می‌گردد. لاروهای تازه از تخم بیرون آمده در اردک‌ماهی در آب فاقد اکسیژن، تنها چند ساعت دوام می‌آورند. و لاروهای با شنای آزاد فقط چند دقیقه زنده می‌مانند. برای ماهیان قزل‌آلا، جهت رشد مناسب، حداقل ۴/۶*mg/lit* ـ ۴ اکسیژن در آب $10^{\circ}C$ مورد نیاز می‌باشد. و برای کپور ماهی در حرارت $21/5^{\circ}C$ ، به حداقل ۳*mg/lit* اکسیژن، جهت رشد مناسب، احتیاج است. ماهیان قزل‌آلای ۱۰ ـ ۴ ماهه در آب با نوسانات اکسیژن، ۱۰*mg/lit* ـ ۲/۴ از رشد محسوس کمتری نسبت به ماهیان با آب حاوی ۱۰*mg/lit* اکسیژن، برخوردار بودند. از تأثیرات منفی کمبود اکسیژن، کاهش اشتها در ماهیان و در نتیجه کاهش رشد است.

متابولیسم

در رابطه با متابولیسم در ماهیان، باید بین متابولیسم پایه یا استاندارد[1] یا متابولیسم روزمره[2] و

1-Basal metabolism

متابولیسم فعال[3]، تفاوت قائل شویم. متابولیسم استاندارد عبارتست از کمترین حد مصرف اکسیژن توسط ماهی در آب، با اکسیژن مناسب. متابولیسم روزمره عبارتست از متوسط اکسیژن مصرفی در ماهی، در شرایطی که ماهی تغذیه نمی‌کند، ولی مشکلی برای فعالیت و تحرکات او، وجود ندارد. متابولیسم فعال، عبارتست از میزان اکسیژن مصرفی در زمانی که ماهی بر خلاف جریان آب شنا می‌نماید و این جریان قادر به جابجایی ماهی نیست. میزان اکسیژن مصرفی در ماهیان تابعی از اندازهٔ ماهی، سطح فعالیت و حرارت آب بوده، که در شرایط مشابه در اغلب ماهیان از مکانیسم یکسانی پیروی می‌کند. در متابولیسم فعال، میزان اکسیژن حداکثر است. در چنین شرایطی، ماهی در حالت تغذیه بالا و واکنشهای شدید یک جمعیت می‌باشد. میزان نیاز به اکسیژن در ماهی قزل الا در متابولیسم فعال، با تغذیه، تا ۱۰۰٪ افزایش می‌یابد. در آزاد ماهیان کاهش اکسیژن، کمتر از *5mg/lit*، سبب اختلال در تغذیه می‌گردد.

فعالیت‌های تنفسی و تحرکی در ماهی، با کمبود اکسیژن، ابتدا افزایش و سپس کاهش می‌یابد. فعالیت‌های متابولیسمی با افزایش میزان دی‌اکسیدکربن در آب، کاهش می‌یابند.

شرایط ویژه آب در زمان حمل و نقل

از آنجائی که هرگونه عدم توجه به شرایط ویژه آب از نظر پارامترهای فیزیکی و شیمیایی، می‌تواند منجر به آسیب رسیدن و یا تلفات جدی گردد، جداول ۷-۱۰ تا ۱۰ شرایط کیفی آب و ماهی را در زمان حمل و نقل ارئه نموده است *(Reichenbach, 1979)*.

2-Routine metabolism Standard 3-Active metabolism

جدول ۱۰ـ حمل و نقل در کیسه‌های پلاستیکی، همراه با اکسیژن، رابطهٔ اکسیژن به آب ۱ : ۳ تا ۲ : ۳

مدت زمان حمل و نقل	تلفات	تعداد (قطعه) (وزن،گرم)	حرارت آب	میزان آب	حجم پلاستیک	گونه ماهی (اندازه)
۱۵ ساعت	ـ	۵۰۰ قطعه (۸۰۰ـ۱۲۰۰gr)	۱۰°C	۱۵ لیتر	۵۰ لیتر	(۴ـ۶cm) قزل‌آلا
۱۲ ساعت	ـ	۱۰۰ قطعه (۱۵۰۰gr)	۱۰°C	۱۰ لیتر	۵۰ لیتر	(۹ـ۱۲cm) قزل‌آلا
۱۲ ساعت	ـ	۱۰۰ قطعه (۲۵۰۰gr)	۱۰°C	۱۵ لیتر	۵۰ لیتر	(۱۲ـ۱۵cm) قزل‌آلا
۱۶ ساعت	٪۲	۱۰۰۰ قطعه (۹۰۰ـ۱۲۰۰gr)	۶ـ۸°C	۱۰ لیتر	۵۰ لیتر	(۴ـ۷cm)اردک‌ماهی
۱۵ ساعت	٪۱	۱۰۰۰ گرم	۱۰°C	۱۵ لیتر	۱۰ لیتر	سوف
۱۵ ساعت	٪۱	۱۰۰۰ قطعه (۱۵۰۰gr)	۱۰°C	۱۵ لیتر	۱۰ لیتر	(۶ـ۹cm)اردک‌ماهی

جدول ۱ـ۱۰ـ شرایط کیفی برای حمل و نقل ماهیان متفاوت

گونه	اندازه	دانسیته تراکم (g/l)	مدت (hr)	درجه حرارت (°C)
ماهی آزاد	۴۰mm	۶۰ـ۱۲۰	۸ـ۱۰	۵ـ۱۰
	۶۰mm	۱۲۰ـ۲۴۰	۸ـ۱۰	۵ـ۱۰
کوهوسالمون	۱۰۰ـ۱۳۰mm	۲۴۰ـ۳۶۰	۸ـ۱۰	۵ـ۱۰
قزل‌آلای قهوه‌ای	۲۰۰ـ۲۸۰mm	۳۰۰ـ۴۲۰	۸ـ۱۰	۵ـ۱۰
اسبله شهری	۱۰۰g	۳۵۰ـ۶۰۰	۸ـ۱۶	۱۸
	۱۰g	۲۵۰ـ۴۰۰	۸ـ۱۶	۱۸
	۴g	۲۰۰ـ۳۵۰	۸ـ۱۶	۱۸
	۲g	۱۵۰ـ۲۰۰	۸ـ۱۶	۱۸
ماهی Bass دهان بزرگ	۲۰g (۱۰۰mm)	۱۲۰	۱۲	۱۸ـ۳۰

	۵g (۷۵mm)	۸۰	۱۲	۱۸ـ۳۰
	۱g (۵۰mm)	۶۰	۱۲	۱۸ـ۳۰
کپور معمولی و بیگ‌هد	< ۱۰۰g	۲۸۰	—	۵
		۵۰	—	۳۰
کپور نقره‌ای	< ۱۰۰g	۹۰	—	۵
		۲۵	—	۲۵
تیلاپیا	۰/۵ـ۲۰۰g	۱۵۰ـ۲۰۰	۲۴	۸ـ۲۸

جدول ۲ـ۱۰ـ نسبت تراکم پیشنهادی برای انتقال ماهیان بدون هوادهی مصنوعی

گونه	اندازه	نسبت وزن بدن ماهی به وزن آب
قزل‌آلای قهوه‌ای	انگشت‌قد	۱:۷۰ـ۲۰۰
	۲ـ۲/۷ in (۵ـ۷cm)	۱:۵۰ـ۲۰۰
	۳/۹ـ۵/۱ in (۱۰ـ۱۳cm)	۱:۴۵ـ۹۰
کپور معمولی	کوچکتر از ۵cm	۱:۳۸ـ۷۵
	۳/۵ـ۴/۷ in (۹ـ۱۲cm)	۱:۱۳ـ۲۳
	۵/۹ـ۷/۰ in (۱۵ـ۱۸cm)	۱:۹ـ۱۳
	۰/۵۵ lb (۲۵۰gm)	۱:۷ـ۱۲
	۱/۶۵ lb (۷۵۰gm)	۱:۵ـ۱۰
	۳/۳ lb (۱/۵kg)	۱:۵ـ۷

جدول ۳-۱۰ـ میزان حمل و نقل ماهیان ۳cm ـ ۲، هر ۱۰۰۰ قطعه، تحت فشار ۰/۵ ـ ۰/۲ اتمسفر، حجم ظرف شامل ۳۰lit، آب و ۳۰lit ـ ۲۰ اکسیژن.

گونه	حرارت آب	زمان حمل و نقل (ساعت)	تعداد ماهی
اردک ماهی	۱۰°C	۸	۳۵۰۰
اردک ماهی	۱۰°C	۱۲	۳۰۰۰
اردک ماهی	۱۰°C	۲۴	۲۰۰۰
اردک ماهی	۱۰°C	۴۸	۱۵۰۰
اردک ماهی	۱۵°C	۸	۲۵۰۰
اردک ماهی	۱۵°C	۱۲	۲۵۰۰
اردک ماهی	۱۵°C	۲۴	۱۵۰۰
اردک ماهی	۱۵°C	۴۸	۱۰۰۰
سوف	۱۰°C	۸	۳۰۰۰
سوف	۱۰°C	۱۲	۲۵۰۰
سوف	۱۰°C	۲۴	۱۰۰۰
سوف	۱۰°C	۴۸	۷۰۰
سوف	۱۵°C	۸	۲۰۰۰
سوف	۱۵°C	۱۲	۱۵۰۰
سوف	۱۵°C	۲۴	۱۰۰۰
سوف	۱۵°C	۴۸	۵۰۰
سوف	۲۰°C	۸	۱۰۰۰
سوف	۲۰°C	۱۲	۸۰۰
سوف	۲۰°C	۲۴	۶۰۰
سوف	۲۰°C	۴۸	۳۰۰
ماهی کپور	۱۵°C	۸	۱۵۰۰۰
ماهی کپور	۱۵°C	۱۲	۱۲۰۰۰
ماهی کپور	۱۵°C	۲۴	۱۰۰۰۰
ماهی کپور	۱۵°C	۴۸	۸۰۰۰
ماهی کپور	۲۰°C	۸	۱۲۰۰۰
ماهی کپور	۲۰°C	۱۲	۱۰۰۰۰
ماهی کپور	۲۰°C	۲۴	۸۰۰۰
ماهی کپور	۲۰°C	۴۸	۶۰۰۰
ماهی کپور	۲۵°C	۴۸	۱۰۰۰۰
ماهی کپور	۲۵°C	۴۸	۸۰۰۰
ماهی کپور	۲۵°C	۴۸	۶۰۰۰
ماهی کپور	۲۵°C	۴۸	۵۰۰۰
کپور علفخوار	۲۰°C	۸	۱۰۰۰۰
کپور علفخوار	۲۰°C	۱۲	۸۰۰۰
کپور علفخوار	۲۰°C	۲۴	۶۰۰۰
کپور علفخوار	۲۰°C	۴۸	۵۰۰۰
کپور علفخوار	۲۵°C	۸	۸۰۰۰
کپور علفخوار	۲۵°C	۱۲	۶۰۰۰
کپور علفخوار	۲۵°C	۲۴	۴۰۰۰
کپور علفخوار	۲۵°C	۴۸	۳۰۰۰
اسبله	۲۰°C	۸	۸۰۰۰
اسبله	۲۰°C	۱۲	۶۰۰۰
اسبله	۲۰°C	۲۴	۵۰۰۰
اسبله	۲۰°C	۴۸	۴۰۰۰

لازم به ذکر است، هر ۱۲ ساعت باید اکسیژن تجدید و یا تعداد ماهی به ۵۰٪ کاهش یابد.

جدول ۴ – ۱۰ ـ مقدار حمل و نقل در ماهیان (۱۵۰۰gr ـ ۱۰۰۰) در ۱۰۰۰ لیتر آب همراه با اکسیژن در مدت ۲۴ ـ ۴ ساعت. بدون تعویض آب

گونه ماهی	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲
وزن در ۱۰۰ کیلوگرم												
کپور و لای ماهی	۵	۵	۵	۴/۵	۳/۵	۳/۵	۳/۵	۳/۵	۴	۴/۵	۴/۵	۵
ماهی علفخوار	۶	۶	۵	۴	۳	۲	۲	۲	۲/۵	۳	۳	۶
کپور نقره‌ای	۲	۲	۲	۲	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۲	۲
سر پهن	۵	۵	۵	۵	۴	۴	۴	۴	۴	۵	۵	۵
Zender (سوف)	۲	۲	۲	۲	۱	۱	۱	۱	۱	۲	۲	۲

جدول ۵ – ۱۰ ـ نیاز آب در ارسال تخم بارور شده، در انتقال بدون افزودن اکسیژن

آب	۵ ـ ۱۰*lit*	k_0	۱۰۰۰۰ قطعه
آب	۱۵ ـ ۳۰*lit*	k_2	۱۰۰۰ قطعه
آب	۱/۵ ـ ۳*lit*		۱۰۰۰ قطعه اردک ماهی
آب	۷ ـ ۲۰*lit*		۱۰۰۰ قطعه قزل‌آلا

در حرارت بالای $18\dot{C}$ باید از انتقال خودداری و در ارسال لای ماهی و کپور، با قطعات یخ، $15\dot{C}$ ـ ۱۰ حرارت تنظیم گردد. برای اردک ماهی و قزل‌آلا، در $10\dot{C}$ ـ ۳ تنظیم شود.

نیاز به اکسیژن در ماهیان بسیار متفاوت بوده، چنانچه نیاز به اکسیژن در کپور را به عنوان مبنا یک در نظر بگیریم، برای تعدادی از ماهیان به شرح زیر است.

جدول ٦ – ۱۰ – شرایط بسته‌بندی و تراکم میگو در حمل و نقل

مراحل میگو	مدت حمل کردن	درجه‌حرارت آب به سانتی‌گراد	میزان تراکم
ناپلی	۸ ساعت	۲۴	میگو۱۱۴@
	۸ ساعت	۲۴	میگو۲۱@
	۲۴ ساعت	۲۴	میگو۱۰@

ادامه جدول ٦-۱۰

پست لاروی ۲۴ ساعت ۲۲ *۱۵shrimp/ml*

جوانی‌به‌وزن(۱تا۵گرمی)	۸ ساعت	۱۸	۵۵g/l
	۲۴ ساعت	۱۸	۷g/l
بالای ۴۰گرم	۸ ساعت	۱۸	۳۱g/l
	۲۴ ساعت	۱۵	۲۵g/l

جدول ۷-۱۰ـ میزان مصرف برخی از داروها جهت آرام نمودن ماهی در حمل و نقل

نام دارو	غلظت
سدیم بی‌کربنات	۶۴۲mg/l
تری متیل الکل	۲ng/gallon
متیل پارافینول	۱ ـ ۲mg/gallon
کلروهیدرات	۳/۰ ـ ۳/۵g/gallon
سدیم باربیتال	۶/۷ ـ ۷/۷µg/l
اورتیان	۱ ـ ۴g/l
متان تریکائین سولفونات	۴۰ ـ ۱۵۰mg/l
کوانالیدین	۲ ـ ۲۰mg/l
مخلوط از *MS - 222* و گوانیدین	۲۰ ـ ۳۰mg/l

فصل دهم

شاخصهای آلودگی آب با استفاده از سیستم‌ساپروبی

ساپروبی از پدیدهٔ خودپالایی در آبها مشتق شده است. مواد آلی موجود در آب توسط باکتریها به CO_2 و مواد معدنی تجزیه می‌شوند که در چرخهٔ زنجیره غذایی مورد استفاده جلبکها و سایر گیاهان آبزی قرار می‌گیرند. پدیدهٔ خودپالایی در آبهای جاری طی زمان و مکان در مراحل متعدد و متوالی انجام می‌گیرد. *(Wegel, 1983)*

با توجه به‌ارتباط موجود میان ارگانیسم‌های آبزی و شرایط کیفی آب، اولین سیستم جامع ساپروبی در سال ۱۹۰۲ توسط آقایان *Kolkwitz* و *Marsson*و بر اساس یک سری از ارگانیسم‌های شاخص آبها با آلودگی متفاوت بنا نهاده شد. بنابراین سیستم ساپروبی را می‌توان بیانگر سازگاری و مقاومت ارگانیسم‌های آبی در مقابل مواد آلاینده (مواد آلی، کمبود O_2، وجود H_2S و غیره)، تعریف نمود.

سیستم ساپروبی تعریف شده در آبهای جاری، سالها بعد (۱۹۴۷) توسط یک محقق آلمانی به‌نام *Liebmann* برای آبهای ساکن توسعه یافت و در کلاسه کیفی I تا IV به‌شرح زیر طبقه‌بندی گردید:

خصوصیات	کلاسه آب	درجه ساپروبی
آبهای بسیار شدید آلوده	کلاسه کیفی *IV* (قرمز)	پلی ساپروب
آبهای شدیداً آلوده	کلاسه کیفی *III* (زرد)	α- مزوساپروب
آبهای با آلودگی متوسط	کلاسه کیفی *II* (سبز)	β- مزوساپروب
آبهای ندرتاً آلوده	کلاسه کیفی *I* (آبی)	اولیگوساپروب

در سال ۱۹۷۳ توسط *Sladecek* این سیستم کلاسیک توسعه یافت. به‌طوری که در مجموع ۹ مرحلهٔ لیمنو و اوی‌ساپروبی و منطقه فاقد حیات را شامل گردید.

سیستم ساپروبی توسعه یافته *Sladecek*

الف) آبهای آشامیدنی و خالص

ب) آبهای آلوده سطحی و زیرزمینی لیمنوساپروبی:

- آب چشمه‌ها، ذوب برفها زنوساپروب
- آبهای ندرتاً آلوده اولیگو ساپروب
- آبهای با آلودگی متوسط بتا - مزوساپروب
- آبهای با آلودگی شدید آلفا - مزوساپروب
- آبهای با آلودگی بسیار شدید پلی‌ساپروب

ج) فاضلاب با باکتریهای مخرب (اوی ساپروبی)

- ناحیه مژکداران ایزوساپروب
- ناحیه تاژکداران متاساپروب
- ناحیه باکتریایی هیپرساپروب
- ناحیه فاقد حیات اولتراساپروب

د) منطقه سمی مرحله انتقال ساپروبی

در اغلب کشورها، بویژه کشورهای آلمانی‌زبان، سیستم کلاسه‌بندی کیفی چهار مرحله‌ای را مبنای تقسیم‌بندی آلودگی آبها بر اساس توان خودپالایی و شاخصهای زیستی قرار داده‌اند.

ویژگیهای کلاسه کیفی چهار مرحله‌ای به‌طور مختصر، به‌شرح زیر است:

کلاسه کیفی *IV*: آبهای بسیار شدید آلوده (پلی ساپروب)

بوی تعفن ناشی از پروسه احیای مواد آلی همراه با انبوه میکروارگانیسم‌ها، بویژه باکتریهای سفید و قرمز گوگردی مژکداران، اولیگوخت‌های مقاوم، همراه بالارودوبالان از ویژگیهای این آبهاست. از نظر تنوع گونه‌ای بسیار فقیر، ولی تراکم گونه‌ها زیاد می‌باشد. این آبها در نقشه کلاسه‌های کیفی آب با رنگ قرمز مشخص شده‌اند.

کلاسه کیفی *III* : آبهای شدیداً آلوده (آلفامزوساپروب)

در این آبها امکان پروسه معدنی شدن کامل مواد آلی وجود ندارد. ماکروارگانیسم هایی نظیر زالو، صدف و خرچنگ همراه با سیانوفیت‌ها افزایش می‌یابند. لذا از تراکم گونه‌ای کاسته و بر تنوع آن افزوده می‌شود، این آبها با رنگ زرد مشخص می‌شوند.

کلاسه کیفی *II*: آبهای با آلودگی متوسط (بتامزوساپروب)

شرایط فیزیکی و شیمیایی حاکم بر این آبها، امکان اکسیداسیون کامل مواد آلی را فراهم ساخته، به‌طوری که پدیدهٔ خودپالایی در این آبها، بدون مشکلی انجام می‌گیرد. توسعه شدید جلبکها و گیاهان آبزی عالی به‌عنوان شاخص مواد مغذی ناشی از پدیدهٔ خودپالایی از ویژگیهای این آبها می‌باشد. تنوع گونه‌ای در این آبها به‌حداکثر می‌رسد، عمدهٔ گونه‌های موجود در این آبها خواهان کیفیت بالای آب می‌باشند. این آبها را به‌رنگ سبز نشان می‌دهند.

کلاسه کیفی *I*: آبهای ندرتاً آلوده (اولیگوساپروب)

از ویژگیهای این آبها، افزایش میزان O_2 محلول در آب، پاکیزگی آب و همچنین کاهش گونه و افراد جمعیت (تراکم و تنوع) به‌واسطه فقر مواد غذایی و مواد آلی موجود در آب است. در این آبها هیچگونه مشکلی در ارتباط با پدیده خودپالایی وجود ندارد و اندک مواد آلی راه یافته به‌طور کامل در جهت معدنی شدن تجزیه می‌گردند. این آبها محل اختصاصی توسعه لارو حشرات متعلق به‌آبهای

پاکیزه می‌باشند. در نقشه‌های رنگی این آبها به‌رنگ آبی نشان داده می‌شوند.
سیستم طبقه‌بندی چهار مرحله‌ای از این ویژگی برخوردار است که هر مرحله به‌طور شفاف و دقیق، از دیگر مراحل قابل تمایز است. به‌عنوان مثال در حالی که کلاسه کیفی *IV* بیانگر حالت بی‌هوازی و همراه با بوی تعفن است، در مرحله کیفی *I* آبهای بسیار پاکیزه را نشان می‌دهد و یا کلاسه کیفی *III* انتقال آب از فاز بی‌هوازی و با شروع کلاسه کیفی *II* خاتمه این مرحله را از طریق پروسه معدنی‌شدن کامل مواد آلی نمایان می‌سازد.

طبقه‌بندی کیفی آب از دیدگاه بیولوژیک براساس شناخت گونه‌های راهنما استوار است و بیانگر مجموعه ای از پاراامترهاست، که در آنالیزهای شیمیایی، تنها از طریق انجام تکنیک‌های پیچیده و صرف هزینه زیاد، امکان‌پذیر می‌باشد.
بنابراین محور پارامترهای بیولوژیک، تکیه بر شاخص‌های زیست محیطی و آلودگی‌های آلی در آب استوار است. به‌طوری که وابستگی شدیدی بین میزان آلودگی آب و موجودات ساکن در آن وجود دارد.

همانگونه که در سیستم‌های کلاسه‌بندی کیفی، مراحل بینابینی دیده می‌شود، اغلب گونه‌های آبزی نیز کم و بیش این حالت را نشان می‌دهند. به‌طوری که تنها ارگانیسمی محدودی به‌یک مرحله اختصاصی تعلق دارند. عواملی نظیر آداپته شدن و تلورانس‌های ایجاد شده در مقابل عوامل زیست محیطی از جمله پارامترهای پراکنش گونه‌ها در آبهای با آلودگی متفاوت می‌باشند که محدودهٔ انتشار آنها راگسترده‌تر می‌سازد.

ساپروبی و تروفی

مفهوم ساپروبی، بیانگر شدت تجزیه مواد آلی در آب است. در حالی که تروفی توان تولید مواد آلی را نشان می‌دهد. در محیط‌های آبی این دو پدیده به‌طور موازی اتفاق می‌افتند.

درآبهای ساکن، برخلاف آبهای جاری که جریان یکطرفهٔ مواد و انرژی دیده می‌شود. چرخش و لایه‌بندی حرارتی و یا بعبارتی شرایط لیمنولوژیک حاکم بر آبهای ساکن، شرایط اوی‌تروفی (افزایش مواد غذایی) را فراهم می‌نماید. لذا قضاوت کیفی در آبهای ساکن تعاریف متفاوتی نسبت به آبهای جاری دارد. بهمین جهت تلاش شده است که از مواد شیمیایی و آلی موجود در آب برای طبقه‌بندی

درجه تروفی یا میزان تولید (پتانسیل تولید) در آب بهره‌گیری شود. مراحل مختلف ساپروبی و تروفی، نمایانگر آبهای با خواص متفاوت می‌باشند. که علی‌رغم پاره‌ای از شباهت‌ها، در سایر مراحل قابل جمع شدن و مقایسه نیستند.

مراحل تروفی

درجه‌بندی آبها از نظر توان تولید به چهار مرحلهٔ زیر تقسیم می‌گردد:

۱ـ آبهای اولیگوتروف (فقیر از مواد غذایی): از حداقل مواد غذایی برخوردار بوده و حاوی مقادیر بسیار کمی از پلانکتونهای گیاهی و جانوری می‌باشند. عمق دید در این آبها بسیار بالا است. از نظر اکسیژن بسیار مطلوب، درجه حرارت پایین و اغلب در ارتفاعات بویژه، بر روی بستر سنگهای درونی و یا دهانه مخروطهای آتشفشانی دیده می‌شوند. بعلت فرسایش ناچیز اغلب ساحل تند و V شکل دارند. آبهای اولیگوتروف حاکی از عدم دخالت انسان و حداقل ورود مواد غذایی از طریق فاضلابهای مختلف می‌باشند.

آبهای اولیگوتروف ممکن است، هزاران سال در شرایط موجود باقی بمانند، مشروط بر آنکه مواد غذایی به‌آن راه نیابد.

۲ـ آبهای مزوتروف مواد غذایی متوسط: در این آبها تولید فیتووزئوپلانکتون برحسب عرضه مواد غذایی توسعه یافته و متناسب با آن، عمق دید آب کاهش می‌یابد. تنوع و تراکم گونه‌ایی در آبهای مزوتروف، نسبت به آبهای اولیگوتروف افزایش می‌یابد. چنانچه در این آبها، کنترلی در ورود فاضلابهای انسانی صورت نگیرد، استعداد بالایی در جهت رسیدن به مرحله پرغذایی و یا اوی‌تروفی را دارند. در دریاچه‌های مزوتروف در مقایسه با اولیگوتروف از نظر دسترسی آسانتر و امکان ورود مواغذایی ناشی از فعالیتهای انسانی، بیشتر است. در این آبها شکوفایی پلانکتون کم و بیش دیده می‌شود.

۳ـ آبهای اوی‌تروف (غنی از مواد غذایی): در آبهای اوی‌تروف بدلیل فراوانی زیاد مواد غذایی از تولید انبوه، پلانکتونی برخوردار بوده و به‌همین جهت، نوسانات شبانه‌روزی O_2 بواسطه پدیده‌های تتنفس و فتوسنتز، بسیار زیاد و لذا شرایط را برای بسیاری از گونه‌های ساکن، غیرقابل تحمل می‌سازد. پدیدهٔ اوی تروفی، نشانه بارزی از دخالت انسان در بسیاری از آبهای ساکن است. عمق دید

در این آبها شدیداً کاهش می‌یابد. مرحله اوی‌تروفی درصورت تداوم می‌تواند حیات یک اکوسیستم را باخطر جدی روبرو و سبب ایجاد توالی در اکوسیستم گردد. معمولاً آبهایی که بر اثر فعالیت‌های انسانی دچار پدیدهٔ اوی‌تروفی شده‌اند، شانس برگشت، بسیار کمی به مراحل قبلی را دارند. در آبهای اوی‌تروف شکوفایی پلانکتون به‌طور مکرر رخ می‌دهد.

۴ـ آبهای هیپرتروف (مواد غذایی فوق‌العاده زیاد): در این آبها تولید به جهت شکوفایی مداوم پلانکتونها بسیار زیاد که منجر به پدیده لجن‌گذاری می‌گردد. این مسئله ناشی ازعدم توان تجزیه در مقایسه با تولید می‌باشد. عمق دید در این آبها بسیار ناچیز و نوسانات O_2 بسیار زیاد و اغلب گازهای ناشی از پدیده‌های احیا درلایه‌های زیرین آب تشکیل می‌گردد.

پارامترهای بیولوژیک، شیمیایی و باکتریایی در سیستم تروفی و ساپروبی

جهت کنترل کلاسه‌هایی کیفی آب، بسیاری از مؤلفان سعی نموده‌اند از برخی پارامترهای شیمیایی، بیولوژیک و باکتریایی به منظور کلاسه‌بندی کیفی بهره گیرند.اگر چه معیار پارامترهای ارائه شده توسط مؤلفان بسیار متفاوت است، نظر عده زیادی از کارشناسان مبنی بر دلالت حد معینی از پارامترها، هنوز غیرقابل اطمینان می‌باشد. به‌طوری که برخی از آنان تا دهها برابر می‌توانند نوسان یابند. اطلاعات ارائه شده در جدول تروفی و ساپروبی، حاصل از تحقیقات تجربی و میانگین است. جدول زیر حد آستانه پاره‌ای از پارامترهای بیولوژیک شیمیایی و باکتریایی در سیستم‌های ساپروبی و تروفی را نشان می‌دهد. *(Streble, 1985)*

جدول ۱۱ـ پارامترهای فیزیکی و شیمیایی و بیولوژیکی در شناخت کلاسه کیفی آبها

ساپروبی	*I*	*I-II*	*II*	*II-III*	*III*	*III-IV*	*IV.*
اندیکس *Buck*	۱-۱/۵	۱/۵-۱/۸	۱/۸-۲/۳	۲/۳-۲/۷	۲/۷-۳/۲	۳/۲-۳/۵	۳/۵-۴
O_2 *mg/lit*	>۸	>۸	>۶	>۴	>۲	<۲	<۱
BoD_5 *mg/lit*	<۱	<۲	<۵	<۱۰	<۱۳	<۲۰	>۲۰
NH_3 *mg/lit*	<۰/۱	<۰/۳	<۰/۵	<۱	<۴	<۸	>۸
H_2S *mg/lit*	۰	۰	۰	۰	۰	۰/۱	۱
باکتری در میلی لیتر	$<^{500}$	$<^{1000}$	$<^{10000}$	$<^{50000}$	$<^{100000}$	$<^{750000}$	$>^{750000}$

oTŸÍ£fŸ nj ¤oT BMjAk U	<500	<1000	<10000	<50000	<100000	<750000	>750000
تروفی		اولیگو تروف		مزوتروف	اوی‌تروف		هیپرتروف
حداکثر عمق دید تابستانه m		>۵		۱-۵	۰/۵-۱		<۰/۵
بیوماس mg/m^3		<۲۰۰۰		<۷۰۰۰	<۱۰۰۰۰		>۱۰۰۰۰
کلروفیل mg/m^3 a		<۳		<۱۰	<۴۰		>۴۰
کل فسفر mg/m^3		<۱۳		<۴۰	<۱۰۰		>۱۰۰
کل نیتروژن mg/m^3		<۳۰۰		<۴۰۰	<۱۰۰۰		>۱۰۰۰

روشهای محاسبه کلاسه بندی کیفیی آب

در طول یک قرن گذشته، محققین زیادی با بهره گیری از شاخص‌های زیست‌محیطی، سعی نمودند با ارائه فرمولی مناسب کلاسه کیفی آب را مشخص نمایند. در میان روشهای مختلف ارائه شده، برخی از آنها معرفی می‌شوند:

- اندیکس ساپروبی *Pantle & Buck*:

روش ارزیابی پیشنهادی براساس فرمول زیر، محاسبه می‌گردد:

$$S = \frac{\Sigma s.h}{\Sigma h}$$

که:

S اندیکس ساپروبی یک نمونه معین، s اندیکس ساپروبی یک گونه معین و h فراوانی گونه است.

فراوانی هرگونه در یکی از ۷ مرحله زیر قرار می‌گیرد.

فراوانی ۱، به‌طور اتفاقی در نمونه‌ها دیده شود. (۲-۱ عدد)

فراوانی ۲، به مقدار کم در نمونه‌ها دیده می‌شود. (۱۰-۲ عدد)

فراوانی ۳، کم تا متوسط در نمونه‌ها موجود باشد. (۳۰-۱۱ عدد)

فراوانی ۴، به مقدار متوسط در نمونه‌ها حضور داشته باشد. (۶۰-۳۱ عدد)

فراوانی ۵، به میزان متوسط تا زیاد در نمونه‌ها دیده شود. (۱۰۰-۶۱ عدد)

فراوانی ۶، به میزان زیاد در نمونه‌ها دیده می‌شود. (۱۵۰-۱۰۱ عدد)

فراوانی ۷، به میزان خیلی زیاد در نمونه‌ها دیده می‌شود. (۱۵۰< عدد)

s اندیکس گونه‌ای که بیانگر ارزش شاخص زیست محیطی یک گونه در نمونه محسوب می‌گردد، براساس سازگاری آن با شرایط خاص آب، تعریف شده است.

مجموعه امتیازاتی که هر گونه دارد، برابر ۱۰ می‌باشد که مجموع امتیاز گونه می‌تواند متعلق به یک مرحله کیفی خاص باشد و یا اینکه در دو یا چند مرحله کیفی توزیع شود. لذا هر چه یک کلاسه کیفی مجموع امتیاز بیشتری از یک گونه را به خود اختصاص دهد، گونه از ارزش شاخص زیستی بالاتری برخوردار است. برای محاسبه اندیکس گونه‌ای، از فرمول زیر استفاده می‌شود:

$$S = \frac{۱ \times O + ۲ \times \beta + ۳ \times \alpha + ۴ \times P}{۱۰}$$

S اندیکس گونه

O امتیاز گونه در اولیگوساپروب

β امتیاز گونه در بتامزوساپروب

α امتیاز گونه در آلفامزوساپروب

P امتیاز گونه در پلی ساپروب

به عنوان مثال اگر گونه‌ای صرفاً در آبهای اولیگو یافت شود. هر ۱۰ امتیاز آن به این کلاسه تعلق خواهد داشت و براساس فرمول، اندیکس گونه‌ای آن برابر ۱ است.

$$S = \frac{۱ \times ۱۰ + ۲ \times ۰ + ۳ \times ۰ + ۴ \times ۰}{۱۰} = ۱$$

یا در کلاسه کیفی IV چنانچه صرفاً در آبهای پلی ساپروب دیده شود. اندیکس گونه‌ای برابر ۴ خواهد داشت ($S=۴$). در حالاتی که امتیاز یک گونه در مراحل مختلف توزیع شده باشد. به عنوان مثال (۴ ۴ ۲-) این گونه در آبهای اولیگو هیچ ارزش شاخصی نداشته، در آبهای بتا، ۲ امتیاز و در α و پلی، هر کدام ۴ امتیاز دارد به‌طوری که:

$$S = \frac{۱ \times ۰ + ۲ \times ۲ + ۳ \times ۴ \times ۴ \times ۴}{۱۰} = ۳/۲$$

پس بنابراین اندیکس گونه‌ای میانگین حضور زیستی گونه را نشان می‌دهد و ظرفیت ساپروبی توزیع امتیازات شاخص یک گونه را در کلاسه کیفی I تا IV نشان می‌دهد. هر چقدر محدوده امتیازات در یک و یا حداکثر دو کلاسه کیفی تعلق داشته باشد، آنگونه شاخص بهتری در محاسبات ساپروبی تلقی می‌شود. اندیکس گونه‌ای برای گونه‌های متفاوت از ارزش یکسان و یکنواختی برخوردار نبوده، به‌طوری که برخی از گونه‌ها با ظرفیت توزیع گونه‌ای متفاوت می‌توانند، ارزش اندیکس گونه‌ای یکنواختی داشته باشند. جدول زیر این موضوع را روشن می‌کند.

جدول ۱ – ۱۱ رابطه توزیع امتیازات و اندکس گونه‌ای

$O\beta\alpha P$	S	O	β	α	P	S
۱۸۱-	۲/۰	-	۱	۸	۱	۳/۰
۲۶۲-	۲/۰	-	۲	۶	۲	۳/۰
۳۴۳-	۲/۰	-	۳	۴	۳	۳/۰

به‌طوری که مثال نشان می‌دهد، گونه‌های یاد شده علی‌رغم اندیکس ساپروبی متفاوت از ظرفیت گونه‌ای یکنواختی برخوردارند. بنابراین در برآورد کلاسه کیفی چهار مرحله‌ای آب، براساس فرمول *Buck* گونه‌های بیشتر باید مدنظر قرار گیرند که توزیع ظرفیت ساپروبی آنها، اختصاص بیشتری به یک کلاسه کیفی داشته باشد. و لذا ارزش شاخص گونه‌ای با توزیع یکنواختر ظرفیت ساپروبی در کلاسه‌های کیفی مختلف، کاهش می‌یابد.

با روشن شدن اجزاء فرمول *Buck* *(h,s)*، مثالی جهت محاسبه اندیکس *Buck* آمده است.

در یک نمونه‌برداری سه گونه با فراوانی‌های داده شده و اندیکس گونه‌ای مشخص وجود دارند. نحوه محاسبه اندیکس کل یا نمونه به چه صورت است؟

گونه	فراوانی *(h)*	اندیکس *(s)* گونه‌ای	*sh*
Achnanthes minutissima	۱	۲/۰	۲/۰
Cymbella ventricosa	۳	۲/۰	۶/۰
Nitzischa palea	۵	۲/۶	۱۳/۰
	Σh=۹		$\Sigma s.h$ = ۲۱/۰

$$S = \frac{\Sigma s.h}{\Sigma h} = \frac{۲۱/۰}{۹} = ۲/۳$$

آلودگی نسبی و کیفیت نسبی (براساس فرمول *Icnoep*)

$$\text{کیفیت نسبی} = \frac{\Sigma\,(O + \beta)}{\Sigma\,(O + \beta + \alpha + P)} \times ۱۰۰$$

$$\text{آلودگی نسبی} = \frac{\Sigma\,(\alpha + P)}{\Sigma\,(O + \beta + \alpha + P)} \times ۱۰۰$$

چنانچه در مثال اندیکس ساپروبی توزیع ظرفیت ساپروبی گونه‌ها بشرح زیر باشند، محاسبه کیفیت نسبی و آلودگی نسبی از حاصل جمع، ظرفیت نسبی گونه‌ها، تعیین می‌گردد.

گونه	فراوانی h	O	b	a	P
Achnanthes minutissima	۱	۲	۶	۲	–
Cymbella ventricosa	۳	۶	۳	۱	۱
Nitzschia palesa	۵	۱	۳	۵	۱
	$\Sigma = ۹$	۱	۲	۸	۱

$$\text{کیفیت نسبی} = \frac{۹+۱۲}{۹+۱۲+۸+۱} \times ۱۰۰ = ٪۷۰$$

$$\text{آلودگی نسبی} = \frac{۸+۱}{۹+۱۲+۸+۱} \times ۱۰۰ = ٪۳۰$$

بنابراین در مثال یاد شده، وضعیت کیفیت نسبی آب ٪۷۰ و آلودگی نسبی آن ٪۳۰ می‌باشد.

از حاصلضرب فراوانی در ظرفیت ساپروبی هر کلاسه و حاصل جمع، مجموع گونه‌ها، درصد کیفیت نسبی در کلاسه I تا IV حاصل می‌گردد.

به عنوان مثال:

گونه	h	OβαP					
Achnanthes minutissima	۱	۲۶۲-		۲	۶	۲	-
Cymbella ventricosa	۳	۶۳۱-		۱۸	۹	۳	-
Nitzschia palea	۵	۱۳۵۱		۵	۱۵	۲۵	۵
			ΣO=	۲۵			
			Σβ=		۴۰		
			Σα=			۳۰	
			ΣP=				۵

بنابراین پراکنش گونه‌های یاد شده براساس توزیع ظرفیت ساپروبی ۲۵٪ در کلاسه کیفی *I*، ۴۰٪ *II* و به میزان ۳۰٪ در کلاسه کیفی *III* و ۵٪ در کلاسه کیفی *IV* تعلق دارد.

محاسبه درصد کاهش گونه‌ها *(Kothe)*

کاهش گونه‌ها براساس تعداد گونه‌هایی که بر اثر تأثیرات آلودگی از یک ایستگاه نمونه‌برداری تا ایستگاه دیگر صرف‌نظر از اهمیت آن گونه کاهش می‌یابد، محاسبه یم گردد. درصد کاهش گونه‌ایی را براساس فرمول زیر محاسبه می‌نمایند.

$$AF = \frac{A_0 - A_x}{A_0} \times ۱۰۰$$ درصد کاهش گونه

AF : کاهش گونه‌ایی برحسب درصد. (صفر درصد بدون کاهش، ۱۰۰٪ فقدان کامل گونه‌های مورد نظر)

A_0 : تعداد گونه‌ها در منطقه نمونه‌برداری مورد نظر

A_x : تعداد گونه‌ها در یک منطقه نمونه‌برداری دلخواه نسبت به منطقه مورد نظر

A_0 رامعمولاً در بالادست رودخانه و A_x را در پروفیل طولی پایین دست رودخانه انتخاب می‌نمایند.

به عنوان مثال:

گونه	ایستگاه اول h (فراوانی)	ایستگاه دوم h (فراوانی)
Achnanthes minutissima	۱	۱
Cymbella ventricosa	۳	-
Nitzschia palea	۵	۵
	A_0=۳	A_x=۲

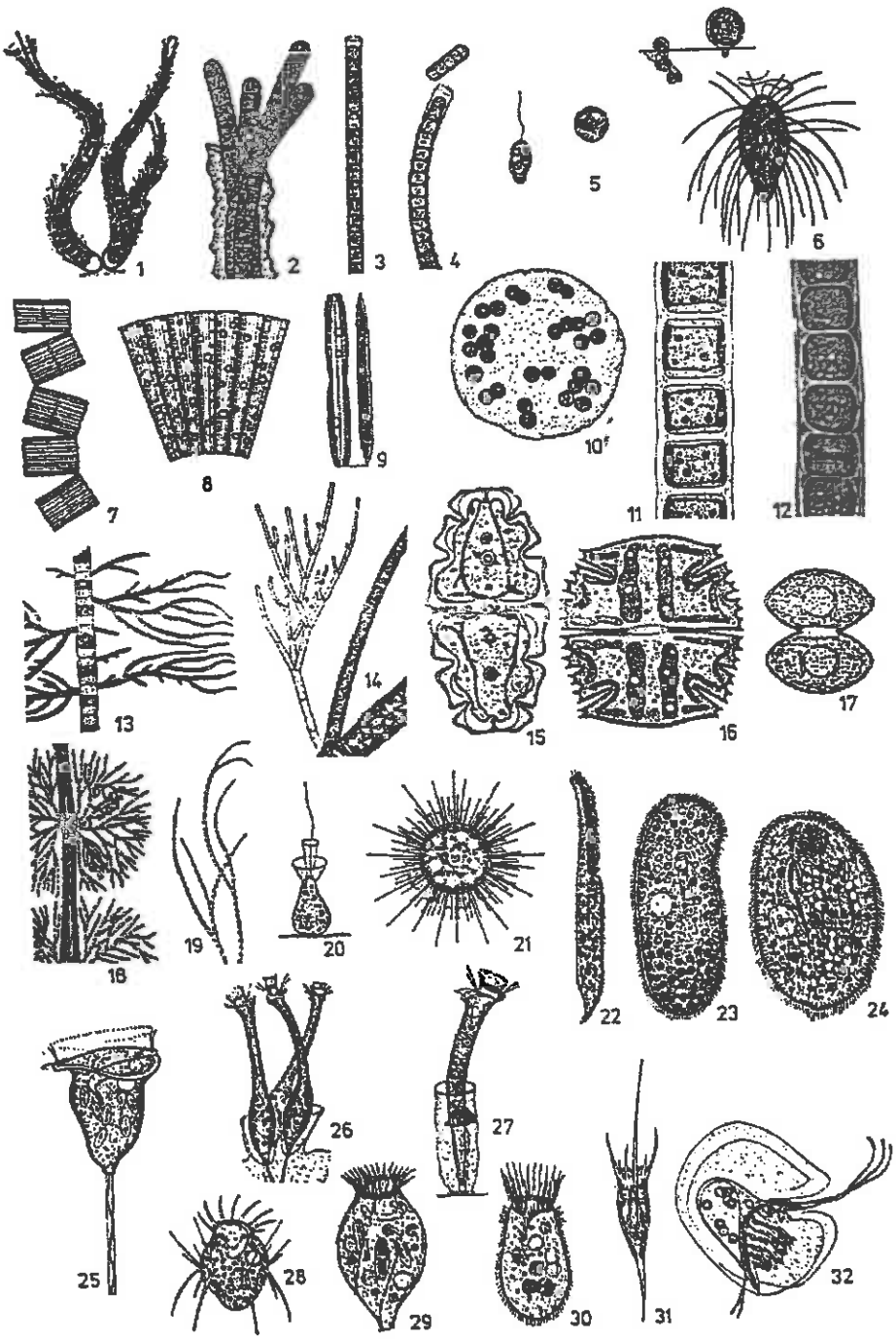
$$AF = \frac{A_0 - A_x}{A_0} \times ۱۰۰ = \frac{۳-۲}{۳} \times ۱۰۰ = ٪۳۳$$

از مشکلات وارده بر طبقه‌بندی سیستم ساپروبی را می‌توان ناشی از عدم اتفاق نظر پژوهشگران در توزیع ظرفیت ساپروبی آن دانست. باید توجه داشت، این مسأله می‌تواند ناشی از مشاهده یک گونه در آبهای متفاوت باشد. که هر پژوهشگر با توجه به اطلاعات خود اندیکس گونه‌ای متفاوتی را برای آن در نظر می‌گیرد. بنابراین گسترش مطالعات در آبهای متفاوت و تعیین ارزش واقعی ظرفیت ساپروبی و شاخص گونه‌ایی می‌تواند در طول زمان این مشکل را برطرف سازد. بهرحال گرچه بسیاری از محققین در خصوص ارزش شاخص پاره‌ای از گونه‌ها، دیدگاه یکسانی نداشته، ولی در مورد بسیاری از گونه‌ها، بویژه با ارزش شاخصی بالا، اتفاق نظر دارند. در کتاب «اندیکس ساپروبی» نوشته *R.Wegl*: حاصل جمع نظرات *Sladecek* و *Mauch* ناشی از مطالعات صدها محقق که تاکنون در زمینه ساپروبی تحقیقات نموده‌اند را جمع‌آوری و در دسترس علاقمندان قرار داده‌اند. که جداول ظرفیت ساپروبی تعدادی از گونه‌های با اهمیت در کلاسه‌های کیفی ۴ مرحله‌ای را نشان می‌دهد.

جدول ۲-۱۱- اندکس گونه‌ای و ظرفیت ساپروبی ارگانیزمهای غالب در آبهای کلاسه کیفی *I* اولیگوساپروب

	ارگانیزم		ظرفیت ساپروبی		پراکنش		اندکس گونه	KİB nÝ =
	جنس	گونه						
		Cyanophyceae:	*O*	*β*	*α*	*s*	*5*	آب
۱	*Calothrix*	*parientina*	۵	۲	–	–	۱/۲	ساکن
۲	*Microcoleus*	*subtorolsus*	۹	۱	–	–	۱/۱	ساکن
۳	*Phormidium*	*inudatum*	۷	۲	۱	–	۱/۴	ساکن
۴	*Phormidium*	*papyraceum*	۵	۵	–	–	۱/۵	–
		Chrysophyceae:						
۵	*Chromulina*	*rosanoffi*	۶	۴	–	–	۱/۴	ساکن
۶	*Mallomonas*	*caudata*	۶۳	–	۱	–	۱/۵	پلانکتون
		Diatomeae						
۷	*Tabellaria*	*flocculosa*	*X*	–	–	–	۱	ساکن
۸	*Meridion*	*circulare*	۹	۱	–	–	۱/۱	–
۹	*Nitzschia*	*linearis*	۶	۳	۱	–	۱/۵	ساکن
		Chlorophyceae						
۱۰	*Sphearocytis*	*schroeteri*	۶	۴	–	–	۱/۴	–
۱۱	*Ulothrix*	*zonata*	۲	۴	۴	–	۲/۱	جاری
۱۲	*Micropera*	*amoena*	۸	۲	–	–	۱/۲	جاری
۱۳	*Draparnaldia*	*glomerata*	۹	۱	–	–	۱/۱	–
۱۴	*Cladophora*	*glomerata*	۳	۴	۳	–	۲/۰	ساکن
		Conjugatae						
۱۵	*Euastrum*	*oblongum*	۸	۲	–	–	۱/۲	ساکن
۱۶	*Micrasterias*	*trumoata*	*X*	–	–	–	۱	ساکن
۱۷	*Staurastrum*	*punctulatum*	۴	۶	–	–	۱/۶	–
		Rhodopyceae:						
۱۸	Batrachospermum	*vagum*	۸	۲	–	–	۱/۲	جاری
۱۹	*Lemnea*	*fluviatilis*	۸	۲	–	–	۱/۲	جاری
		Flagellata:						
۲۰	*Diplosiga*	*socialis*	۸	۲	–	–	۱/۲	پلانکتونی

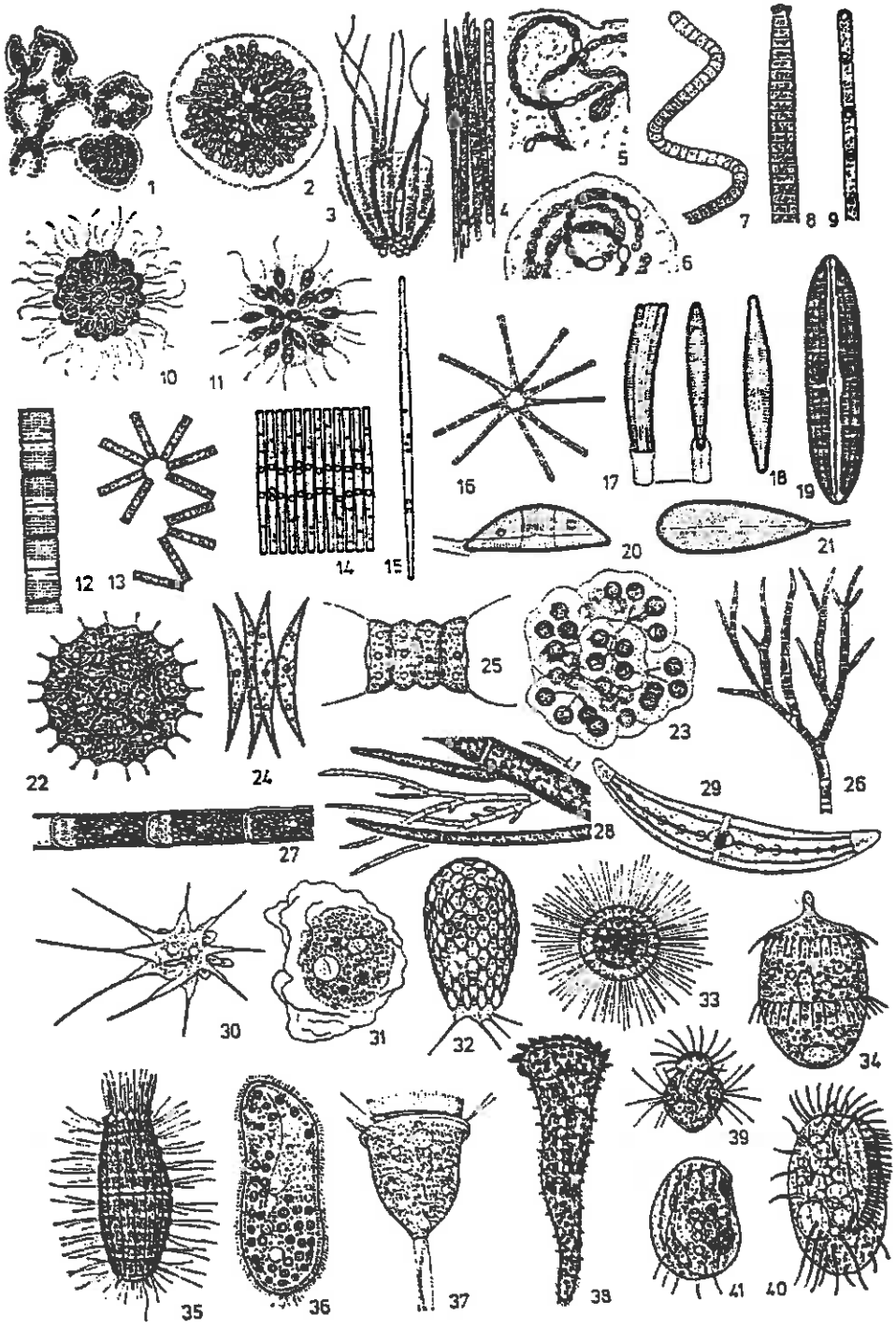
		Rhizopoda:						
۲۱	*Acanthocystis*	*turfacea*	۲	۸	–	–	۱/۸	ساکن
		Ciliata:						
۲۲	*Dileptus*	*anser*	۳	۷	–	–	۱/۷	ساکن
۲۳	*Nassula*	*gracilis*	–	۶	۴	–	۲/۴	ساکن
۲۴	*Frontonia*	*acuminuta*	–	۶	۴	–	۲/۴	ساکن
۲۵	*Vorticella*	*simillis*						
۲۶	*Ophrydium*	*versatile*	۸	۲	–	–	۱/۲	ساکن
۲۷	*Thuriacola*	*folliculata*	۲	۶	۲	–	۲	ساکن
۲۸	*Halteria*	*chlorelligera*	۸	۲	–	–	۱/۲	پلانکتونی
۲۹	Strombilidium	*gyrans*	۵	۵	–	–	۱/۵	ساکن
۳۰	Strombidinopsis	*gyrans*	۳	۷	–	–	۱/۷	ساکن
		Rotaroria:						
۳۱	*Kellicotia*	*longispina*	۶	۴	–	–	۱/۴	پلانکتونی
		Crustaceae:						
۳۲	*Holopedium*	*gibberum*	۶	۴	–	–	۱/۴	پلانکتونی


1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32

جدول ۳-۱۱-کلاسه کیفی *II* بتامزوساپروب

				O	*β*	*α*	*P*	*s*	جاری
		Cyanophyeeae:							
۱	*Microcystis*	*incerta*		۱	۶	۳	–	۲/۲	جاری
۲	Gomphospheria	*naegeliana*		۲	۷	۱	–	۱/۹	جاری
۳	*Gloeotrichia*	*echinulata*		۵	۵	–	–	۱/۵	جاری
۴	Aphanizomenon	*flos-Aquae*		۱	۶	۳	–	۲/۲	جاری
۵	*Anabaena*	*flos-Aquae*			۵	۲	۳	۱/۹	جاری
۶	*Nostoc*	*carneum*		۴	۶	–	–	۱/۶	جاری
۷	*Anabaena*	*flos-Aquae*		۱	۸	۱	–	۲/۰	جاری
۸	*Spirulina*	*platensis*		–	*X*	–	–		
۹	*Oscilaatoria*	*rubescens*		–	۵	۵	–	۲/۵	جاری
		Chrysopyceae:							
۱۰	*Synura*	*uvella*		۲	۷	۱	–	۱/۹	جاری
۱۱	*Uroglena*	*volvox*		۲	۷	۱	–	۱/۹	جاری
		Diatomeae:							
۱۲	*Melosira*	*granulata*		–	۵	۵	–	۲/۵	جاری
۱۳	*Tabellaria*	*fenestrata*		۲	۶	۲	–	۲	جاری
۱۴	*Fragillaria*	*crotonensis*		۴	۶	–	–	۱/۶	جاری
۱۵	*Synedra*	*ulna*		۳	۴	۳	–	۲	جاری
۱۶	*Asterionella*	*formosa*		۵	۴	۱	–	۱/۶	جاری
۱۷	Rhoicospheria	*curvata*		۲	۶	۲	–	۲	جاری
۱۸	*Navicula*	*rhynchocephala*		–	۳	۷	–	۲/۷	جاری
۱۹	*Pinnularia*	*viridis*		۴	۵	۱	–	۱/۷	جاری
۲۰	*Cymbella*	*ventricosa*		۲	۶	۲	–	۲	جاری
۲۱	Comphonema	*olivaceum*		۲	۷	۱	–	۱/۹	جاری
		Chloropyceae:							
۲۲	*Pediastrum*	*boryanum*		۲	۷	۱	–	۱/۹	جاری
۲۳	Dictyospherium	*pulchellum*		۴	۵	۱	–	۱/۷	جاری
۲۴	*Scendesmus*	*acuminatus*		–	۸	۲	–	۲/۲	جاری
۲۵	*Scendesmus*	*quadricauda*		۲	۵	۳	–	۲/۱	جاری
۲۶	*Chaetophora*	*elegans*		۳	۷	–	–	۱/۲	جاری
۲۷	*Oedogonium*	*capillare*		۳	۷	–	–	۱/۲	جاری

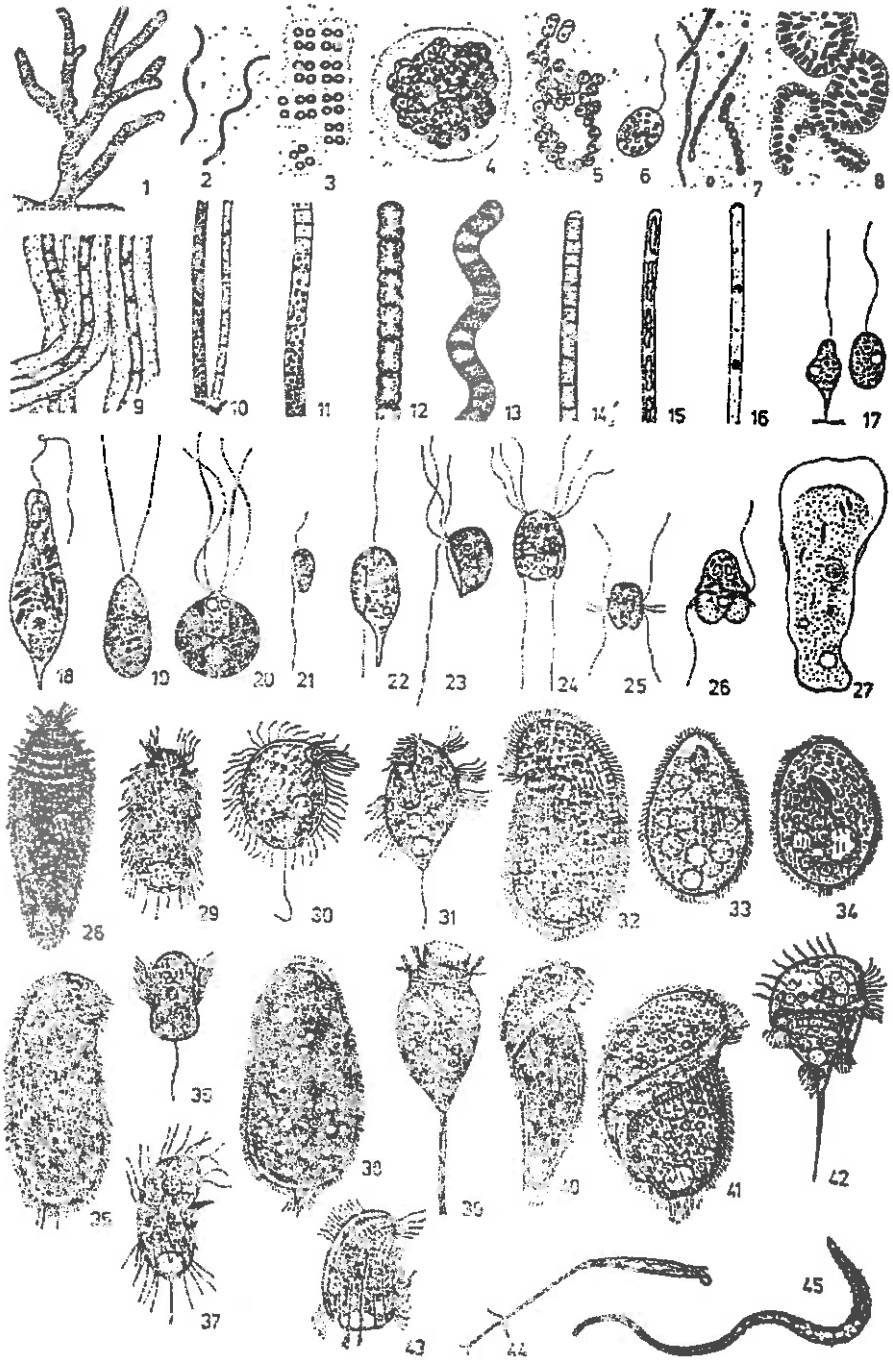
۲۸	*Cladophora*	*crispata*	۸	۲	–	–	۲/۲	جاری
	Conjugate:							
۲۹	*Closterium*	*moniliferum*	۱	۶	۳	–	۲/۲	جاری
	Rhizopoda:							
۳۰	*Astramoeba*	*radisa*	۵	۴	۱	–	۲/۶	جاری
۳۱	*Theoamoeba*	*verrcosa*	–	۸	۲	–	۲/۲	جاری
۳۲	*Euglypha*	*alveolata*	۲	۶	۲	–	۲	جاری
۳۳	Actinospheium	*eichhorni*	۴	۶	–	–	۲/۶	جاری
Cilata:								
۳۴	*Didinium*	*nastum*	۲	۴	۴	–	۲/۲	جاری
۳۵	*Coleps*	*hirtus*	–	۵	۵	–	۲/۵	جاری
۳۶	*Paramecium*	*bursaria*	–	۴	۶	–	۲/۶	جاری
۳۷	*Vorticella*	*campanula*	–	۵	۵	–	۲/۵	جاری
۳۸	*Stentor*	*polymorphus*	۱	۶	۳	–	۲/۲	جاری
۳۹	*Halteria*	*grandinella*	۱	۷	۲	–	۲/۱	جاری
۴۰	*Euplotes*	*charon*	–	۷	۳	–	۲/۳	–
۴۱	*Aspidisca*	*costata*	۱	۴	۵	–	۲/۴	–


1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41

جدول ۴-۱۱ـ کلاسه کیفی *III* آلفامزوساپروب

		Cyanophyeeae:	*O*	*β*	*α*	*P*	*s*	KÏB nÝ e
۱	*Phormidium*	*foreolarum*	–	۱	۸	۱	۲	جاری و ساکن
۲	*Phormidium*	*unicinatum*	–	۱	۴	۵	۲/۵	جاری و ساکن
۳	*Oscillatoria*	*princips*	–	–	*X*	–	۳	جاری و ساکن
۴	*Oscillatoria*	*previs*	–	–	۸	۲	۳/۲	جاری و ساکن
۵	*Oscillatoria*	*teruis*	–	۲	۷	۱	۲/۹	ساکن
۶	*Oscillatoria*	*splendida*	۱	۲	۷	–	۲/۶	ساکن
		Chrysopyceae:						
۷	*Anthophys*	*vegetans*	–	–	*X*	–	۳	ساکن
		Diatomeae:						
۸	Stephanodiscus	*hantzschii*	–	۳	۷	–	۲/۷	ساکن
۹	*Narvicula*	*cryptocephala*	۱	۳	۶	–	۲/۵	ساکن
۱۰	*Hantzschia*	*amphioxys*	–	۳	۷	–	۲/۷	ساکن
۱۱	*Nitzschia*	*palea*	۴	۵	۱	–	۲/۷	جاری و ساکن
		Euglenophyceae						
۱۲	*Astasia*	*klebsi*	–	۱	۷	۲	۳/۱	
		Pyrrophyceae						
۱۳	*Chilomonas*	*paramecium*	–	۲	۸	–	۲/۸	–
		Clorophyceae						
۱۴	*Chlamydomonas*	*ehrenbergi*	–	۳	۷	–	۳	–
۱۵	*Gonium*	*pectorale*	–	۳	۶	۱	۳/۱	ساکن
		Conjugate:						
۱۶	*Closterium*	*acerosum*	–	۴	۶	–	۲/۶	ساکن
۱۷	*Cosmarium*	*botrytis*	۱	۵	۴	–	۲/۳	ساکن
		Mycophyta:						
۱۸	*Mucor*	*racemosus*	–	–	۸	۲	۳/۲	جاری
۱۹	*Leptomitus*	*lacteus*	–	–	۷	۳	۳/۳	جاری
۲۰	*Fusarium*	*aquaeductun.*	–	–	۲	۸	۳/۸	جاری
		Flagellata:						
۲۱	*Bodo*	*saltans*	–	۱	۷	۲	۳/۱	ساکن
		Ciliata·						

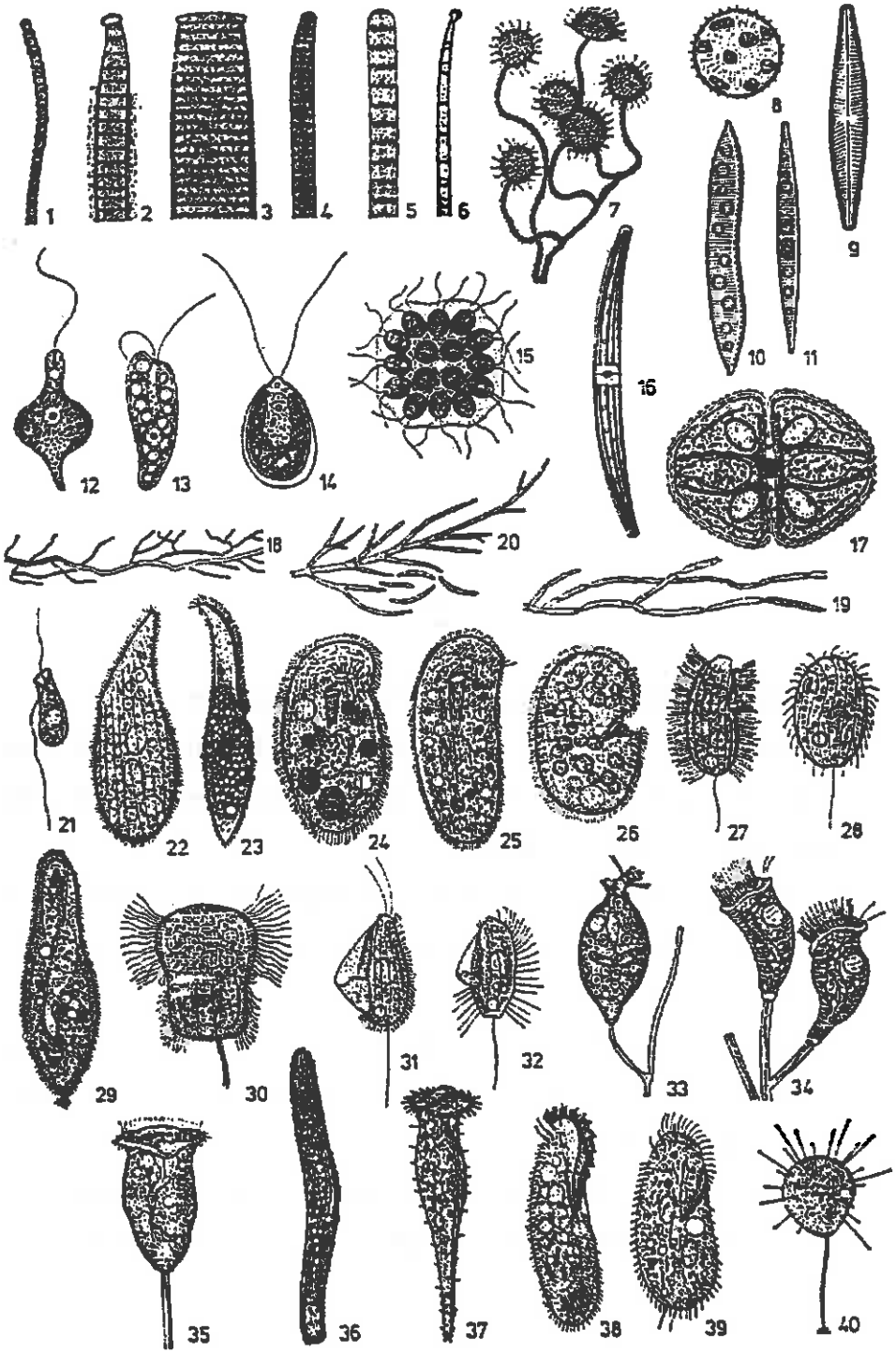
۲۲	*Amphileptus*	*claparedei*	–	۲	۸	–	۲/۸	ساکن‌وجاری
۲۳	*Lionotus*	*fasciola*	–	۱	۸	۱	۳	جاری
۲۴	*Chilodonella*	*uncinata*	–	–	*X*	–	۳	ساکن‌وجاری
۲۵	*Chilodonella*	*cucullulus*	–	۱	۹	–	۲/۹	جاری
۲۶	*Colpoda*	*cucullulus*	–	–	۴	۶	۳/۶	ساکن‌وجاری
۲۷	*Uronema*	*marium*	–	۱	۸	۱	۳	ساکن‌وجاری
۲۸	*Platymecium*	*sociale*	–	–	۴	۶	۳/۶	جاری
۲۹	*Parамecium*	*caudatum*	–	–	۵	۵	۳/۵	جاری
۳۰	*Urocentrum*	*turbo*	–	–	۵	۵	۲/۵	ساکن‌وجاری
۳۱	*Cyclidium*	*lanuginosum*	–	–	*X*	–	۳	جاری
۳۲	*Cyclidium*	*oltrullus*	–	۲	۸	–	۲/۸	جاری
۳۳	*Opercularia*	*coarctata*	–	۲	۷	۱	۲/۹	جاری
۳۴	*Carchesium*	*polypinum*	–	۲	۷	۱	۲/۹	جاری
۳۵	*Vorticella*	*convallaria*	–	۱	۹	–	۲/۹	جاری
۳۶	*SPirostomum*	*ambiguum*	–	–	*X*	–	۳	ساکن
۳۷	*Stentor*	*coeruleus*	–	۲	۸	–	–	ساکن‌وجاری
۳۸	*Urostyla*	*weissei*	–	–	*X*	–	۳	ساکن
۳۹	*Oxytricha*	*fallax*	–	۲	۸	۱	۳	–
۴۰	*Podophyra*	*Fixa*	–	۱	۷	۲	۳/۱	–
		Turbellaria:						
۴۱	Dendrocoelum	*lacteum*	–	۶	۴	–	۲/۴	جاری


1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45

جدول ۵-۱۱-کلاسه کیفی IV پلی‌ساپروب

			O	β	α	P	s	فاضلاب
		Bacteria:						
۱	*Zoogoea*	*ramigera*	–	–	–	X	۴	فاضلاب
۲	*Spirillum*	*undulans*	–	–	۱	۹	۳/۹	لجن
۳	*Thiopedia*	*rosea*	–	–	–	X	۴	–
۴	*Thiocystis*	*violacea*	–	–	–	X	۴	لجن
۵	*Lamprocystis*	*rosea*	–	–	۱	۹	۳/۹	لجن
۶	*Chromatium*	*okenii*	–	–	–	X	۴	لجن
۷	*Chlorobium*	*limicola*	–	–	–	X	۴	لجن
۸	*Pelodictyon*	*aggregatum*	–	–	۲	۸	۳/۸	لجن
۹	*Sphaerotilus*	*natans*	–	–	۴	۶	۳/۶	جاری
۱۰	*Tiothrix*	*nivea*	–	۲	۴	۴	۳/۲	لجن
۱۱	*Beggiatoa*	*alba*	–	–	۱	۹	۳/۹	لجن
		Cyanophyceae:						
۱۲	*Anabaena*	*constricta*	–	–	۲	۸	۳/۸	لجن
۱۳	*Spirulina*	*jenneri*	–	–	۴	۶	۳/۸	لجن
۱۴	*Oscillatoria*	*chlorine*	–	–	۲	۸	۳/۸	لجن
۱۵	*Oscillatoria*	*lauterbornii*	–	–	–	X	۴	لجن
۱۶	*Oscillatoria*	*putrida*	–	–	۲	۸	۳/۸	لجن
		Chrysophyceae:						
۱۷	*Olkomonas*	*mutabilis*	–	–	۵	۵	۳/۵	فاضلاب
		Euglenophyceae:						
۱۸	*Euglena*	*viridis*	–	–	۴	۵	۳/۴	لجن
		Chlorophyceae:						
۱۹	*Polytowa*	*uvella*	–	–	–	X	۴	–
۲۰	*Carteria*	*multifilis*	–	–	۲	۸	۳/۴	–
		Flagellata:						
۲۱	*Bodo*	*putrinus*	–	–	–	X	۴	فاضلاب
۲۲	*Cercomonas*	*longicauda*	–	–	۱	۹	۳/۹	فاضلاب
۲۳	*Tetramitus*	*pyriformis*	–	–	–	X	۴	فاضلاب
۲۴	*Hexamita*	*inflata*	–	–	۱	۹	۳/۹	فاضلاب
۲۵	*Trepomonas*	*rotans*	–	–	–	X	۴	فاضلاب

۲۶	*Trepomonas*	*agilis*	–	–	–	*X*	۴	
		Rhizopoda:						
۲۷	*Vahlkampfia*	*limax*	–	۱	۳	۶	۳/۵	–
		Ciliata:						
۲۸	*Lacrimaria*	*elegans*	–	–	–	*X*	۴	فاضلاب
۲۹	*Enchelys*	*vermicularis*	–	–	–	*X*	۴	فاضلاب
۳۰	*Hexotricha*	*caudata*	–	–	–	*X*	۴	فاضلاب
۳۱	*Trimyema*	*compressum*	–	–	–	*X*	۴	فاضلاب
۳۲	*Plagiopyla*	*nasuta*	–	–	–	*X*	۴	لجن
۳۳	*Tetrahymena*	*pyriformis*	–	–	–	*X*	۴	جاری
۳۴	*Glaucoma*	*scintillans*	–	–	۱	۹	۳/۹	جاری
۳۵	*Colpidium*	*colpoda*	–	–	۲	۸	۳/۷	فاضلاب
۳۶	*Urozona*	*buetschlii*	–	–	–	*X*	۴	لجن
۳۷	Dexiotrichides	*centralis*	–	–	–	*X*	۴	فاضلاب
۳۸	*Paramecium*	*putrinum*	–	–	۱	۹	۳/۹	فاضلاب
۳۹	*Vorticella*	*microstoma*	–	–	–	*X*	۴	جاری
۴۰	*Metopus*	*es*	–	–	–	*X*	۴	لجن
۴۱	*Metopus*	*contortus*	–	–	–	*X*	۴	لجن
۴۲	Caenomorpha	*medusula*	–	–	–	*X*	۴	لجن
۴۳	*Epalxella*	*striata*	–	–	–	*X*	۴	لجن
		Rotatoria						
۴۴	*Rotatoria*	*neptunia*	–	–	۲	۸	۳/۸	جاری-لجن
		Oligochaeta						
۴۵	*Tubifex*	*tubifex*	–	۱	۲	۷	۳/۶	–


1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40

منابع

1. Aquamerck- Kompakt labor fuer wasseruntersuchung, 1990.

2. Carmichael, W.W., Yu, M.J., He Z.R., He, J.W and Yu, J-L. 1988c Occurence of the toxic cyanobacterium (blue-green alga) Microcystis aeruginosa in central china. Arch Hydrobiol, 114. 21-30

3. Chorus I. and Bartram J. 1999. Toxic Cyanobacteria in water A guide to their Public health Consequennces monitoring and management. E & FN Spon London.

4. Claude E.Boyd, 1990. Water Quality Mangement for pond Fish Culture. Department of Fisheries Aliied Aquaculture, Agricultural Experiment Station, Auburn University, Alabama, USA.

5. Claude E.Boyd, 1995. Bottom Soils Sediment and Pound Aquaculture. Department of Fisheries Aliied Aquaculture, Agricultural Experiment Station, Auburn University, Alabama, USA.

6. DeMott., W.R. Zhang, q.Carmicheal, W.W, 1991 Effets of toxic cyanobacter and purified toxins on the survival and feeding of a copepod species of Daphnia. Limnol. Oceanog.,36, 1346-1348.

7. Dendy, J. S., Varikul, V., Sumawidjaja, K., and Poraros, M., 1968. Production of Tilapia Mossambica Peters, Plankton and benthos as parameters for evaluating nitrogen in pound fertilizers. Proc. World symposium on warm-water pound fish culture, FAO United Nations, Fish. Rep., 44: 226-240

8. Francis, G. 1878 Poisonous Australian lake, Nature,

9. H. mann. 1982, Geschmacksbeeinflussungen bei fischen durch Natur und Abwasser stoffe. Fisch und Umwelt Heft, 11.

10. H.-H. Reichenbach-Klinke. Die Mitwirkung von Umwelt faktoren (Temperatur, sauerstoff, licht, pH) bei der Bekampfung von parasiten.

11. H.Laurent. 1976 Environmental Pollution IWOA state university

12. Henning, M. and Kohl, J.G. 1981 Toxic blue-green algae water blooms found in some lakes in the german Democratic Republic. Int Rev. ges. Hydrobiol., 66, 553-561.

13. J. Deufel 1976: Über die wirkung freier Kohlensäure auf Fisch und die Ursache der Gasblasen Krakenheit. Fisch und Umwelf Heft. 2

14. J. Hofmann et al., 1987. Der Teichwirt Paul Parey Verlag.

15. Jungmann, D. and Benndorf, J. 1994 Toxicity to Daphnia of a compound extracted from laboratory and natural Microcystis spp., and the role of microcystins Freshwat. Biol., 32, 13-20

16. K.Bauer 1991. Zur Bedeutung der Kolensaeure in karpfenteichen. wissenschaft Osterreichs fischerei 49-64

17. Lauren-Määttä, C., Hietala, J. and Walls, M. 1997 Responses of Daphnia pulex populations to toxic cyanobacteria. Freshwat. Biol., 37, 635-647

18. M. Bohl, 1978 Neue Erkenntnisse Über kimennekrose (Branchionecrosis) Fisch und Unwelt Heft 5 (29-48)

19. M.Bohl 1976; Neue Erkenntnisse Über die kiemennekrose, Fisch und Umwelt. Heft 5.

20. M.V. Lukowicz. 1976, Der Eisengehalt im wasser und seine wirkung auf der Fisch. Fisch un Umwelt Heft. 2

21. Namikoshi, M., Choi B.W., Sakai R., Sun F., Rinehart, K.L., Carmichael, W.W., Evans W.R., Cruz, P., Munro M.H.G and Blunt J.W. 1994 New nodularins, A general method for strucuture assignment, J. Org. Chem 59. 2349-2357.

22. Palmer, C.M. 1962. Algae in water Supplies. U.S. Public Health Service, Publ. No 657, 88 pp.

23. RL. Cres well. 1993 Aquaculture Desk Refernce. Harbor Branch Oceanographic intistution, Inc.

24. W. körting, 1976, Der Ammoniakgehaltim wasser und sein Einfluss auf den Fisch. Fisch und Umwelt Heft.2.

25. Williams. D.E., Graig, M., Dawe, S.C., kent, M.C., Holmes C.F.B and Anderson R.J. 1997 Evidence for a covalently bound form of microcystin-LR in salmon larvae and dungeness crab larvae. Chem. Res. Toxical., 10, 463-469

26. de Silva E.D., Williams, D.E., Andersen, R.G., Klix, H., Holmes C.F.S. and Allen T.M. 1992 Motuporin, a potent protein phosphatase inhibitor from the papua New Guinea sponge Thonella swinhoei Gray. 33, 1561-1564.

27. Über Tierschutzgerechte haelterung und tierscutz grechten Transport von. Fischen Fisch und umwelt. Gustav Fischer Verlang

Fisch und Umwelt Heft. Gustar Fischer Verlag, 1975.

Heinz streble 1985. Das leben im wassertropfen Kosmos Verlag

ضمائم

منتخبی از جداول کتاب

Aquaculture Desk Refernce

R. Leroy creswell

Harbor Branch

Oceanographic Institution Inc.

ISBN: 0-442-01081-8

جدول ۱ـ ترکیبات آب دریا

نشانه	فرم شیمیایی	غلظت (mg/l)
Ag	$AgCl_{2}^{-}$	۰/۰۰۳
Al	—	۰/۰۱
Ar	Ar	۰/۶
As	AsO_4H^{2-}	۰/۰۰۳
Au	$AuCl_4^-$	۰/۰۰۰۰۱۱
B	$B(OH)_3$	۴/۶
Ba	Ba^{2+}	۰/۰۳
Be	—	۰/۰۰۰۰۰۰۶
Bi	—	۰/۰۰۰۰۱۷
Br	Br^-	۶۵
C	کربن آلی CO_3H^-	۲۸
Ca	Ca^{2+}	۴۰۰
Cd	Cd^{2+}	۰/۰۰۰۱۱
Ce	—	۰/۰۰۰۴
Cl	Cl^-	۱۹/۰۰۰
Co	CO^{2+}	۰/۰۰۰۰۲۷
Cr	—	۰/۰۰۰۰۵
Cs	Cs^+	۰/۰۰۰۵
Cu	Cu^{2+}	۰/۰۰۳
F	F	۱/۳
e	$Fe(OH)_3$	۰/۰۱
Ga	—	۰/۰۰۰۰۳
Ge	$Ge(OH)_4$	۰/۰۰۰۰۷
H	H_2O	۱۰۸/۰۰۰
He	He	۰/۰۰۰۰۰۶۹
Hf	—	<۰/۰۰۰۰۰۸
Hg	$HgCl_4^{2-}$	۰/۰۰۰۳
I	$I^-;IO_3^-$	۰/۰۶
In	—	<۰/۰۲
K	K^+	۳۸۰
Kr	Kr	۰/۰۰۲۵
La	—	۰/۰۰۰۰۱۲
Li	Li^+	۰/۱۸
Mg	Mg^{2+}	۱۳۵۰

ادامه جدول ۱

Mn	Mn^{2+}	۰/۰۰۲
Mo	MoO_4^{2-}	۰/۰۱
N	از ت آلی NO_3^-; NH^{2+}	۰/۵
Na	Na^+	۱۰/۵۰۰
Nb	—	۰/۰۰۰۰۱
Ne	Ne	۰/۰۰۰۱۴
Ni	Ni^{2+}	۰/۰۰۵۴
O	H_2O; O_2; SO_4^{2-}	۸۵۷/۰۰۰
P	PO_4H^{2-}	۰/۰۷
Pa	—	۲×۱۰^{-۹}
Pb	Pb^{2+}	۰/۰۰۰۰۳
Ra	—	۶×۱۰^{-۱۱}
Rb	Rb^+	۰/۱۲
Rn	Rn	۶×۱۰^{-۱۶}
S	SO_4^{2-}	۸۸۵
Sb	—	۰/۰۰۰۳۳
Sc	—	<۰/۰۰۰۰۴
Se	—	۰/۰۰۰۰۹
Si	$Si(OH)_4$	۳
Sn	—	۰/۰۰۳
Sr	Sr^{2+}	۸/۱
Ta	—	<۰/۰۰۰۰۰۲۵
Th	—	۰/۰۰۰۰۵
Ti	—	۰/۰۰۰۱
Tl	Tl^+	۰/۰۰۰۰۱
U	$UO_2(CO_3)_3^{4-}$	۰/۰۰۳
V	$VO_4H_3^{2-}$	۰/۰۰۲
W	WO_4^{2-}	۰/۰۰۰۱
Xe	Xe	۰/۰۰۰۰۵۲
Y	—	۰/۰۰۰۳
Zn	Zn^{2+}	۰/۰۱
Zr	—	۰/۰۰۰۰۲۲

S. Spotte, Fish and Invertebrator Culture, 1979.

جدول ۲ـ اطلاعات پایه تعدادی از عناصر متداول در محیطهای آبی

نام	نشانه	وزن اتمی	ظرفیت معمولی	کی‌والان وزنی*
آلومینیوم	*Al*	۲۷/۲	3^+	۹/۰
آرسنیک	*As*	۷۴/۹	3^+	۲۵/۰
باریم	*Ba*	۱۳۷/۳	2^+	۶۸/۷
بور	*B*	۱۰/۸	3^+	۳/۶
بروم	*Br*	۷۹/۹	1^-	۷۹/۹
کادمیوم	*Cd*	۱۱۲/۴	2^+	۵۶/۲
کلسیم	*Ca*	۴۰/۱	2^+	۲۰/۰
کربن	*C*	۱۲/۰	4^-	–
کلر	*Cl*	۳۵/۵	1^-	۳۵/۵
کروم	*Cr*	۵۲/۰	6^+ ؛ 3^+	۱۷ ؛۳
مس	*Cu*	۶۳/۵	2^+	۳۱/۸
فلوئور	*F*	۱۹/۰	1^-	۱۹/۰
هیدروژن	*H*	۱/۰	1^+	۱/۰
ید	*I*	۱۲۶/۹	1^+	۱۲۶/۹
آهن	*Fe*	۵۵/۸	3^+ ؛ 2^+	۲۷/۹
سرب	*Pb*	۲۰۷/۲	2^+	۱۰۳/۶
منیزیم	*Mg*	۲۴/۳	2^+	۱۲/۲
منگنز	*Mn*	۵۴/۹	4^+ ؛ 2^+	۲۷/۵
جیوه	*Hg*	۲۰۰/۶	2^+	۱۰۰/۳
نیکل	*Ni*	۵۸/۷	2^+	۲۹/۴
نیتروژن	*N*	۱۴/۰	3^+	—
اکسیژن	*O*	۱۶/۰	2^+	۸/۰
فسفر	*P*	۳۱/۰	5^+	۶/۰
پتاسیم	*K*	۳۹/۱	1^+	۳۹/۱
سلنیم	*Se*	۷۹/۰	6^+	۱۳/۱
سیلیکون	*Si*	۲۸/۱	4^+	۶/۵
نقره	*Ag*	۱۰۷/۹	1^+	۱۰۷/۹
سدیم	*Na*	۲۳/۰	1^+	۲۳/۰
گوگرد	*S*	۲۳/۱	2^-	۱۶/۰
روی	*Zn*	۶۴/۵	2^+	۳۲/۷

M.J. Hammer, Waste and Waste Water Technology, Copyright 1975, reprinted with permission of John Wiley & Sons Inc.

جدول ۳ـ مقدارنمک دریای‌لازم برای شورکردن آب شیرین تا شوری مورد نظر برای سیستم مدار بسته (برحسب پوند)

شوری مورد نظر (ppt)							
۳۵	۳۰	۲۵	۲۰	۱۵	۱۰	۵	حجم گالن
۲۹	۲۵	۲۱	۱۷	۱۳	۸	۴	۱۰۰
۵۸	۵۰	۴۲	۳۳	۲۵	۱۷	۸	۲۰۰
۸۸	۷۵	۶۳	۵۰	۳۸	۲۵	۱۳	۳۰۰
۱۱۷	۱۰۰	۸۳	۶۷	۵۰	۳۳	۱۷	۴۰۰
۱۴۶	۱۲۵	۱۰۴	۸۳	۶۳	۴۲	۲۱	۵۰۰
۱۷۵	۱۵۰	۱۲۵	۱۰۰	۷۵	۵۰	۲۵	۶۰۰
۲۰۴	۱۷۵	۱۴۶	۱۱۷	۸۸	۵۸	۲۹	۷۰۰
۲۳۳	۲۰۰	۱۶۷	۱۳۳	۱۰۰	۶۷	۳۳	۸۰۰
۲۶۳	۲۲۵	۱۸۸	۱۵۰	۱۱۳	۷۵	۳۸	۹۰۰
۲۹۲	۲۵۰	۲۰۸	۱۶۷	۱۲۵	۸۳	۴۲	۱۰۰۰
۳۲۱	۲۷۵	۲۲۹	۱۸۳	۱۳۸	۹۲	۴۶	۱۱۰۰
۳۵۰	۳۰۰	۲۵۰	۲۰۰	۱۵۰	۱۰۰	۵۰	۱۲۰۰
۳۷۹	۳۲۵	۲۷۱	۲۱۷	۱۶۳	۱۰۸	۵۴	۱۳۰۰
۴۰۹	۳۵۰	۲۹۲	۲۳۳	۱۷۵	۱۱۷	۵۸	۱۴۰۰
۴۳۸	۳۷۵	۳۱۳	۲۵۰	۱۸۸	۱۲۵	۶۳	۱۵۰۰
۴۶۷	۴۰۰	۳۳۳	۲۶۷	۲۰۰	۱۳۳	۶۷	۱۶۰۰
۴۹۶	۴۲۵	۳۵۴	۲۸۳	۲۱۳	۱۴۲	۷۱	۱۷۰۰
۵۲۵	۴۵۰	۳۷۵	۳۰۰	۲۲۵	۱۵۰	۷۵	۱۸۰۰
۵۵۴	۴۷۵	۳۹۶	۳۱۷	۲۳۸	۱۵۸	۷۹	۱۹۰۰
۵۸۴	۵۰۰	۴۱۷	۳۳۳	۲۵۰	۱۶۷	۸۳	۲۰۰۰

(A.R.D)

جدول ۴ـ فرمول تهیه آب دریا با شوری ۳۳ در هزار *(Segedi & Keller)*

افزودنی	غلظت
$NaCl$	۲۷/۶۰g/l
$MgSO_4 , 7H_2O$	۶/۸۹g/l
$MgCl_2 , 6H_2O$	۵/۴۰g/l
$CaCl_2 , 2H_2O$	۱/۳۸g/l
KCl	۱/۶۰g/l
$NaHCO_3$	۰/۲۱g/l
KBr	۲۶/۹۰mg/l
$SrCl_2 , 6H_2O$	۱۹/۸۴mg/l
$MnSO_4 , H_2O$	۳/۹۷mg/l
$NaH_2PO_4 , 7H_2O$	۳/۹۷mg/l
$LiCl$	۰/۹۹mg/l
$Na_2MoO_4 , 2H_2O$	۰/۹۹mg/l
$Na_2S_2O_3 , 5H_2O$	۰/۹۹mg/l
$Al_2(SO_4)_3 , 18H_2O$	۰/۸۵mg/l
$RbCl$	۱۴۹/۰۰μg/l
$ZnSO_4 , 7H_2O$	۹۵/۹۰μg/l
$CoSO_4 , 7H_2O$	۸۹/۳۰μg/l
KI	۸۹/۳۰μg/l
$CuSO_4 , 5H_2O$	۹/۹۰μg/l

S. Spotte, Seawater Aquaria: The Captive Environment, 1979.

جدول ۵ـ فرمول تهیه آب دریای سنتزی *OTT'S*

افزودنی	غلظت
نمک	ترکیب با ۱ لیتر آب مقطر
$NaCl$	۲۱g/l
$MgSO_4 \cdot 7H_2O$	۶g/l
$MgCl_2 \cdot 6H_2O$	۵g/l
$CaCl_2 \cdot 2H_2O$	۱g/l
KCl	۰/۸g/l
$NaBr$	۰/۱g/l
$NaNO_3$	۰/۲g/l
$NaHCO_3$	۰/۲g/l
H_3BO_3	۰/۰۶g/l
$Na_2SiO_3 \cdot 9H_2O$	۰/۰۱g/l
$Sr(NO_3)_2$	۰/۰۳g/l
Na_2HPO_4	۰/۰۲g/l

H.C. Bold and M.J. Wynne, Introduction to the Algae; 1978

جدول ٦ـ فرمول تهیه آب دریای سنتزی *Wilson's* و *Gates*

افزودنی	غلظت
NaCl	۲۴/۰g/l
KCl	۰/۶g/l
$MgCl_2,6H_2O$	۴/۵g/l
$MgSO_4,7H_2O$	۶/۰g/l
$CaCl_2$	۰/۷g/l
K_2HPO_4	۱۰/۰mg/l
Vitamin B_{12}	۱/۰µg/l
Thiamin HCl	۱۰/۰µg/l
Biotin	۰/۵µg/l
SULPHIDES	۱/۰ml/l
VITAMIN MIX	۰/۱ml/l
TRACE METALS MIX	۵/۰ml/l
Adenine sulphate	۱/۰mg/l
Tris buffer	۰/۱g/l
NaEDTA	۱۰/۰mg/l
NURTIENT MIXES	
SULPHIDES	*Make Up to one liter Distilled water*
NH_4Cl	۰/۲g
KH_4PO_4	۰/۱g
$MgCl_2$, $6H_2O$	۰/۰۴mg/l
NaHCO	۰/۲mg/l
NaSiO, $9H_2O$	۰/۱۵mg/l
VITAMIN MIX	*Make Up to 100ml Distilled water*

ادامه جدول ٦

۲۰mg	Thiamin-HCL
۵۰μg	Biotin
۵μg	Vitamin $B_{۱۲}$
۰/۲۵mg/l	Folic acid
۱/۰mg	PABA
۱۰mg	Nicotine acid
۸۰mg	Thyamine
۵۰mg	Choline
۱۰۰mg	Inositol
۰/۸mg	Patrescin
۰/۵mg	Riboflavin
۴/۰mg	Pyridoxine
۲۶mg	Orotic acid
۲/۵ml (۵mg Fe)	Fe Tartrate
Make Up to 100ml Distilled water	TRACE METAL MIX (1% SOLUTION)
۳/۰ml (۵/۱ mg B)	$H_۳BO_۳$
۰/۱ml (۱/۰mg Se)	$H_۲SeO_۳$
۰/۱۲ml (۰/۵mg V)	$NH_۴VO_۳$
۰/۱۱ml (۰/۲mg Cr)	$K_۲CrO_۴$
۰/۳۷ml (۰/۱mg Mn)	$MnCl_۲$
۰/۱۱ml (۵/۰mg Ti)	$TiO_۲$
۵/۰ml (۵/۰mg Si)	$Na_۲SiO_۳$
۰/۴ml (۲/۰mg Zr)	$ZrOCL_۲$
۰/۱۵ml (۱/۰mg Ba)	$BaCL_۲$

T.V.R. Pillary, Aquaculture Principles and Practices; 1990

جدول ۷ـ آب دریای سنتزی در سیستمهای آکواریم

افزودنی	غلظت (µm/l)	افزودنی	غلظت (µm/l)
Cl	$۵/۱۹ \times ۱۰^{۵}$	$MoO_{۴}$	۴/۴۰
Na	$۴/۴۴ \times ۱۰^{۵}$	$S_{۲}O_{۳}$	۳/۶۰
$SO_{۴}$	$۲/۶۰ \times ۱۰^{۴}$	Li	۲۸/۸۰
Mg	$۴/۹۴ \times ۱۰^{۴}$	Rb	۱/۲۰
K	$۹/۵۰ \times ۱۰^{۳}$	I	۰/۵۵
Ca	$۹/۲۰ \times ۱۰^{۳}$	$EDTA$	۰/۱۳
$HCO_{۳}$	$۲/۳۰ \times ۱۰^{۳}$	Al	۱/۵۰
$H_{۳}BO_{۳}$	$۴/۰۴ \times ۱۰^{۲}$	Zn	۰/۳۱
Br	$۲/۵۰ \times ۱۰^{۲}$	V	۰/۳۹
Sr	۹۱/۳۰	Co	۰/۱۷
$PO_{۴}$	۱۵/۵۰	Fe	۰/۱۸
Mn	۱۸/۰۰	Cu	۰/۰۵

(A.R.D)

جدول ۸ـ فرمول تهیه شوری ۳۳/۱ در هزار *GP*

نمک	محلول	غلظت
$NaCl$	*A*	۲۶/۰۰g/l
$MgSO_4,7H_2O$	*A*	۶/۵۸g/l
$MgCl_2,6H_2O$	*A*	۴/۸۸g/l
$CaCl_2,2H_2O$	*A*	۱/۴۶g/l
KCl	*A*	۰/۶۷۵g/l
$NaHCO_3$	*A*	۰/۱۸۴g/l
KBr	*B*	۹۵/۳mg/l
$SrCl_2,6H_2O$	*B*	۲۴/۲mg/l
$NaH_2PO_4,7H_2O$	*B*	۴/۰mg/l
$LiCl$	*B*	۱/۰۴mg/l
$Al_2(SO_4)_3,18H_2O$	*B*	۰/۰۲۳۵mg/l
H_3BO_3	*C*	۲۴۲۰۰۰/۰μg/l
Na_2EDTA	*C*	۹۴۴۰/۰μg/l
$Fe\ citrate\ H_2O$	*C*	۳۸۳۰/۰μg/l
$Na_2MoO_4,2H_2O$	*C*	۲۲۲۰/۰μg/l
$MnSO_4,H_2O$	*C*	۱۶۱۰/۰μg/l
$ZnSO_4,7H_2O$	*C*	۱/۴۲۵/۰μg/l
$CuSO_4,5H_2O$	*C*	۹۷/۷μg/l
KI	*C*	۷۹/۱μg/l
$CoSO_4,7H_2O$	*C*	۱۳/۴μg/l
$Na_2VO_4,4H_2O$	*C*	۹/۲۴μg/l
$Thiamine\ HCl$	*D*	۱۹۵۳/۰μg/l
$Cyanobalamin$	*D*	۰/۹۷۷μg/l

محلول *A* نمکها جداگانه حمل شوند و تا حد ۲۵٪ حجم رقیق شوند.

محلول *B* در آب مقطر حل شده و به‌محلول *A* در روز دوم اضافه شود.

محلول *C* هریک از نمکها در آب مقطر با *Na۲EDTA* جوشانده و رقیق و در روز سوم به‌محلول *A* و *B* اضافه می‌شود.

محلول *D* در آب مقطر حل شود

S. Spotte, Seawater Aquaria: The Captive Environment, Copyright 1979, reprinted by permission of John Wiley & Sons Inc.

جدول ۹ـ اطلاعات پایه تعدادی از مواد شیمیایی غیرآلی مورد استفاده در محیطهای آبی

نام	فرمول	مصارف عمده	وزن مولکولی	اکی‌والان
Active Carbon	C	کنترل مزه	۱۲/۰	*N.A.
Aluminium Sulfite (filter alum)	$Al(SO_4)_3 . 14/3H_2O$	عامل انعقادی	۶۰۰	۱۰۰
Ammonia	NH_3	گندزدایی	۱۷	N.A.
Ammonium Flusilicate	$(NH_4)_2SiF_6$	فلوریداسیون	۱۷۸	N.A.
Ammonium Sulfate	$(NH_4)SO_4$	انعقادی	۱۳۲	۶۶/۱
Calcium Carbonate	$CaCO_3$	کنترل خوردگی	۱۰۰	۵۰/۰
Calcium Floride	CaF_2	فلوریداسیون	۷۸/۱	N.A.
Calcium Hydroxide	$Ca(OH)_2$	سبک‌سازی	۷۴/۱	۳۷/۰
Calcium Hypochlorite	$CaClO)_2 . 2H_2O$	گندزدا	۱۷۹	N.A.
Calcium Oxide (lime)	CaO	سبک‌سازی	۵۶/۱	۲۸/۰
Carbon Dioxide	CO_2	تأمین کربن	۴۴/۰	۲۲/۰
Chlorine	Cl_2	گندزدا	۷۱	N.A.
Chlorine Dioxide	ClO_2	کنترل مزه	۶۷/۰	N.A.
Copper Sulfate	$CuSO_4$	کنترل جلبک	۱۶۰	۷۹/۸
Ferric Chloride	$FeCl_3$	عامل انعقادی	۱۶۲	۵۴/۱
Ferric Sulfate	$Fe_2(SO_4)_3$	عامل انعقادی	۴۰۰	۶۶/۷
Ferrous Sulfate (copperas)	$FeSO_4.7H_2O$	عامل انعقادی	۲۷۸	۱۳۹
Fluosilicic Acid	H_2SiF_6	فلوریداسیون	۱۴۴	N.A.
Magnesium Hydroxide	$Mg(OH)_2$	دفلوریداسیون	۵۸/۳	۲۹/۲
Oxygen	O	هوادهی	۳۲/۰	۱۶/۰
Permanganate Potassium	$KMnO_4$	گندزدا	۱۵۸	N.A.
Sodium Aluminate	$NaAlO_2$	عامل انعقادی	۸۲/۰	N.A.

ادامه جدول ۹

Sodium Bicarbonate (baking soda)	$NaHCO_3$	تعدیل pH	۸۴/۰	۸۴/۰
Sodium Bicarbonate (soda ash)	Na_2CO_3	سبک کردن	۱۰۶	۵۳/۰
Sodium carbonate (common salt)	NaCl	تبادل یون	۵۸/۴	۵۸/۴
Sodium Floride	NaF	فلوریداسیون	۴۲/۰	N.A.
Sodium hexametaphosphate	$(NaPO_3)n$	کنترل خوردگی	N.A.	N.A.
Sodium Hydroxide	NaOH	تعدیل pH	۴۰/۰	۴۰/۰
Sodium Hypochlorite	NaClO	گندزدا	۷۴/۴	N.A.
Sodium Silicate	Na_4SiO_4	عامل انعقادی	۱۸۴	N.A.
Sodium Silicate	Na_2SiF_6	فلوریداسیون	۱۸۸	N.A.
Sodium Thiosulfate	$Na_2S_2O_3$	دکلره	۱۵۸	N.A.
Sulphur Dioxide	SO_2	دکلره	۶۴/۱	N.A.

M.J. Hammer, Waste and Waste Water Technology, Copyright 1975, reprinted with permission of John Wiley & Sons Inc.

جدول ۱۰ـ حد مجاز آلودگی در آبهای سطحی و آشامیدنی

نام ترکیب یا عنصر	آبهای سطحی	آب آشامیدنی
میکروباکتریال		
موجودات کلی‌فرم	۱۰۰۰۰/۱۰۰*ml*	<۱۰۰/۱۰۰*ml*
فکال کلی‌فرم	۲۰۰۰/۱۰۰*ml*	<۲۰/۱۰۰*ml*
ترکیبات معدنی	*(mg/l)*	*(mg/l)*
قلیائیت	۵۰۰-۴۰۰	۳۰<
آمونیاک	۰/۵	<۰/۰۱
آرسنیک	۰/۰۵	غایب
باریم	۱/۰	غایب
بر	۱/۰	غایب
کادمیوم	۰/۰۱	غایب
کلرید	۲۵۰	<۲۵
کرم ۶ ظرفیتی	۰/۰۵۰	غایب
مس	۱/۰	غایب
اکسیژن محلول	(میانگین ماهانه) ۴<	نزدیک به‌اشباع
فلورید	۰/۶	
سختی	متغیر	
آهن قابل صافی	۰/۳	درحد غایب
سرب	۰/۰۵	غایب
منگنز قابل صافی	۰/۰۵	غایب
نیتریت و نیترات	۱۰	درحد غایب
محدوده *pH*	۸/۵-۶	
فسفر	متغیر	
سلنیوم	۰/۰۱	غایب
نقره	۰/۰۵	غایب
سولفات	۲۵۰	۲

ادامه جدول ۱۰

مواد جامد محلول	۵۰۰	۲۰۰
یون اورانیل	۵	غایب
روی	۵	درحد غایب
ترکیبات آلی		
CCE	۰/۱۵	
سیانید	۰/۲۰	غایب
متیلن بلو	۰/۵	درحد غایب
روغن و گریس	درحد غایب	غایب
حشره‌کش‌ها		
آلدرین	۰/۰۱۷	غایب
کلردان	۰/۰۰۳	غایب
ددت	۰/۰۴۲	غایب
دیلدرین	۰/۰۱۷	غایب
هپتاکلر	۰/۰۱۸	غایب
هپتاکلراپوکسید	۰/۰۱۸	غایب
لیندان	۰/۰۵۶	غایب
متاکسی کلر	۰/۰۳۵	غایب
فسفات و کاربامات آلی	۰/۱	غایب
توگزافن	۰/۰۰۵	غایب
حشره‌کش		
2,4D, 2,4,5T 2,4,5TP	۰/۱	غایب
فنل	۰/۰۰۱	غایب
رادیواکتیویته	*پیکوکوری/لیتر*	*پیکوکوری/لیتر*
بتای بزرگ	۱۰۰۰	<۱۰۰
رادیوم	۳	<۱
استرانتیوم	۱۰	<۲

E.P.A Report of the Commitee on Water Quality Criteria

جدول ۱۱ـ میزان جابجایی آب (میلی‌متر) محاسبه در ۵۰ تخم در شمارش در اونس محلول

شمارش / اونس	میلی‌مترجابجایی	شمارش / اونس	میلی‌مترجابجایی	شمارش / اونس	میلی‌مترجابجایی
۱۳۲/۰۰	۱۱/۲	۲۰۸/۲۵	۷/۱	۴۹۲/۸۸	۳/۰
۱۳۰/۸۹	۱۱/۳	۲۰۵/۳۵	۷/۲	۴۷۷/۰۰	۳/۱
۱۲۹/۷۰	۱۱/۴	۲۰۲/۵۵	۷/۳	۴۶۲/۱۰	۳/۲
۱۲۸/۶۰	۱۱/۵	۱۹۹/۸۰	۷/۴	۴۴۸/۱۰	۳/۳
۱۲۷/۴۵	۱۱/۶	۱۹۷/۱۵	۷/۵	۴۳۴/۹۰	۳/۴
۱۲۶/۴۰	۱۱/۷	۱۹۴/۵۵	۷/۶	۴۲۲/۴۵	۳/۵
۱۲۵/۳۰	۱۱/۸	۱۹۲/۰۵	۷/۷	۴۱۰/۷۵	۳/۶
۱۲۴/۲۵	۱۱/۹	۱۸۹/۵۵	۷/۸	۳۹۹/۶۵	۳/۷
۱۲۳/۲۰	۱۲/۰	۱۸۷/۱۵	۷/۹	۳۸۹/۱۰	۳/۸
۱۲۲/۲۰	۱۲/۱	۱۸۴/۸۳	۸/۰	۳۷۹/۱۵	۳/۹
۱۲۱/۲۰	۱۲/۲	۱۸۲/۵۵	۸/۱	۳۶۹/۶۵	۴/۰
۱۲۰/۲۰	۱۲/۳	۱۸۰/۳۰	۸/۲	۳۶۰/۶۵	۴/۱
۱۱۹/۲۵	۱۲/۴	۱۷۸/۱۵	۸/۳	۳۵۳/۰۵	۴/۲
۱۱۸/۳۰	۱۲/۵	۱۷۶/۰۵	۸/۴	۳۴۳/۸۵	۴/۳
۱۱۷/۳۵	۱۲/۶	۱۷۳/۹۵	۸/۵	۳۳۶/۰۵	۴/۴
۱۱۶/۴۵	۱۲/۷	۱۷۱/۹۵	۸/۶	۳۲۸/۶۰	۴/۵
۱۱۵/۵۰	۱۲/۸	۱۶۹/۹۵	۸/۷	۳۲۱/۴۵	۴/۶
۱۱۴/۶۰	۱۲/۹	۱۶۸/۰۵	۸/۸	۳۱۴/۶۰	۴/۷
۱۱۳/۷۵	۱۳/۰	۱۶۶/۱۵	۸/۹	۳۰۸/۰۵	۴/۸
۱۱۲/۸۵	۱۳/۱	۱۶۴/۳۰	۹/۰	۳۰۱/۷۵	۴/۹
۱۱۲/۰۰	۱۳/۲	۱۶۲/۵۰	۹/۱	۲۹۵/۷۵	۵/۰
۱۱۱/۲۰	۱۳/۳	۱۶۰/۷۰	۹/۲	۲۸۹/۹۵	۵/۱
۱۱۰/۳۵	۱۳/۴	۱۵۹/۰۰	۹/۳	۲۸۴/۳۵	۵/۲
۱۰۹/۵۵	۱۳/۵	۱۵۷/۳۰	۹/۴	۲۷۹/۰۰	۵/۳

ادامه جدول ۱۱

۱۰۸/۷۰	۱۳/۶	۱۵۵/۹۵	۹/۵	۲۷۳/۸۰	۵/۴
۱۰۷/۹۵	۱۳/۷	۱۵۴/۰۵	۹/۶	۲۶۸/۸۵	۵/۵
۱۰۷/۱۵	۱۳/۸	۱۵۲/۴۵	۹/۷	۲۶۴/۰۵	۵/۶
۱۰۶/۴۰	۱۳/۹	۱۵۰/۹۰	۹/۸	۲۵۹/۴۰	۵/۷
۱۰۵/۶۰	۱۴/۰	۱۴۹/۳۵	۹/۹	۲۵۴/۹۵	۵/۸
۱۰۴/۸۵	۱۴/۱	۱۴۷/۸۵	۱۰/۰	۲۵۰/۶۰	۵/۹
۱۰۴/۱۵	۱۴/۲	۱۴۶/۴۰	۱۰/۱	۲۴۶/۴۵	۶/۰
۱۰۳/۴۰	۱۴/۳	۱۴۴/۹۵	۱۰/۲	۲۴۲/۴۰	۶/۱
۱۰۲/۷۰	۱۴/۴	۱۴۳/۵۵	۱۰/۳	۲۳۸/۵۰	۶/۲
۱۰۲/۰۰	۱۴/۵	۱۴۲/۱۵	۱۰/۴	۲۳۴/۷۰	۶/۳
۱۰۱/۳۰	۱۴/۶	۱۴۰/۸۰	۱۰/۵	۲۳۱/۰۵	۶/۴
۱۰۰/۶۰	۱۴/۷	۱۳۹/۵۰	۱۰/۶	۲۲۷/۵۰	۶/۵
۹۹/۹۰	۱۴/۸	۱۳۸/۲۰	۱۰/۷	۲۲۴/۰۵	۶/۶
۹۹/۲۵	۱۴/۹	۱۳۶/۹۰	۱۰/۸	۲۲۰/۷۰	۶/۷
۹۸/۶۰	۱۵/۰	۱۳۵/۴۰	۱۱/۰	۲۱۴/۳۰	۶/۹
_	_	۱۳۴/۴۰	۱۱/۰	۲۱۴/۳۰	۶/۹
_	_	۱۳۳/۲۰	۱۱/۱	۲۱۱/۲۵	۷/۰

US fish and Wildlife Service, Fish Hatchery Management; 1982

جدول ۱۲ـ جدول فون بایر برای تخمین تعداد تخم ماهی در یک چارت محلول

چارت محلول	شماره تخمها در تراف ۱۲ اینچی	قطر تخمها	تعداد تخمها
۵۲	۱۶۷۷	۰/۳۴۳	۳۵
۵۷	۱۸۳۳	۰/۳۳۳	۳۶
۶۲	۱۹۹۰	۰/۳۲۴	۳۷
۶۷	۲۱۴۵	۰/۳۱۶	۳۸
۷۲	۲۳۱۶	۰/۳۰۸	۳۹
۷۸	۲۶۰۶	۰/۳۰۰	۴۰
۸۴	۲۶۹۰	۰/۲۹۲	۴۱
۹۰	۲۸۹۳	۰/۲۸۶	۴۲
۹۷	۳۱۱۶	۰/۲۷۹	۴۳
۱۰۴	۳۳۲۶	۰/۲۷۳	۴۴
۱۱۱	۳۵۵۶	۰/۲۶۷	۴۵
۱۱۹	۳۸۰۶	۰/۲۶۱	۴۶
۱۲۸	۴۰۸۱	۰/۲۵۵	۴۷
۱۳۵	۴۳۳۱	۰/۲۵۰	۴۸
۱۴۴	۴۶۰۳	۰/۲۴۵	۴۹
۱۵۳	۴۸۹۵	۰/۲۴۰	۵۰
۱۶۳	۵۲۱۴	۰/۲۳۴	۵۱
۱۷۲	۵۴۹۰	۰/۲۳۱	۵۲
۱۸۵	۵۸۶۲	۰/۲۲۵	۵۳
۱۹۳	۶۱۸۵	۰/۲۲۲	۵۴
۲۰۴	۶۵۳۱	۰/۲۱۸	۵۵
۲۱۶	۶۹۰۵	۰/۲۱۴	۵۶
۲۲۵	۷۲۰۴	۰/۲۱۱	۵۷

ادامه جدول ۱۲

۲۳۸	۷۶۳۰	۰/۲۰۷	۵۸
۲۵۳	۸۰۸۹	۰/۲۰۳	۵۹
۲۶۴	۸۴۵۹	۰/۲۰۰	۶۰
۲۷۷	۸۸۵۱	۰/۱۹۷	۶۱
۲۹۰	۹۲۶۸	۰/۱۹۴	۶۲
۳۰۴	۹۷۱۲	۰/۱۹۱	۶۳
۳۱۸	۱۰۱۸۴	۰/۱۸۸	۶۴
۳۳۴	۱۰۶۳۸	۰/۱۸۵	۶۵
۳۵۱	۱۱۲۲۵	۰/۱۸۲	۶۶
۳۵۹	۱۱۷۹۹	۰/۱۷۹	۶۷
۳۸۱	۱۲۲۰۳	۰/۱۷۷	۶۸
۴۰۱	۱۲۳۴۸	۰/۱۷۴	۶۹
۴۲۳	۱۳۵۳۳	۰/۱۷۱	۷۰
۴۳۸	۱۴۰۲۰	۰/۱۶۹	۷۱
۴۵۴	۱۴۵۲۹	۰/۱۶۷	۷۲
۴۷۹	۱۵۳۴۱	۰/۱۶۱	۷۳
۴۹۷	۱۵۹۱۶	۰/۱۶۲	۷۴
۵۱۶	۱۶۶۲۱	۰/۱۶۰	۷۵
۵۳۶	۱۷۱۵۷	۰/۱۵۸	۷۶
۵۵۷	۱۷۸۲۵	۰/۱۵۶	۷۷
۵۷۹	۱۸۵۲۸	۰/۱۵۴	۷۸
۶۰۲	۱۹۲۷۰	۰/۱۵۲	۷۹

(A.R.D)

جدول ۱۳ـ رابطه حرارت و میزان غذای پیشنهادی ماهی قزل آلا بر حسب درصد وزن بدن در روز در سیستم‌های متراکم

محاسبه وزن ماهی به گرم											
۱۶۷ یا بیشتر	۱۲۵ـ ۱۶۶	۹۰/۹ـ ۱۲۴	۶۲/۵ـ ۹۰/۸	۳۸/۵ـ ۶۲/۴	۲۳/۳ـ ۳۸/۴	۱۲ـ ۲۳/۱	۵/۲۶ـ ۱۱/۹	۱/۵۰ـ ۵/۲۵	۰/۱۸ـ ۱/۴۹	۰/۱۸یا کمتر	درجه آب (C°)
۰/۵	۰/۶	۰/۷	۰/۸	۰/۹	۱/۲	۱/۴	۱/۸	۲/۴	۲/۸	۳/۵	۵/۵
۰/۶	۰/۷	۰/۸	۰/۹	۱/۰	۱/۲	۱/۴	۱/۹	۲/۵	۳/۰	۳/۶	۶/۰
۰/۶	۰/۸	۰/۸	۰/۹	۱/۰	۱/۳	۱/۵	۲/۰	۲/۵	۳/۱	۳/۸	۶/۵
۰/۷	۰/۸	۰/۹	۱/۰	۱/۱	۱/۳	۱/۶	۲/۴	۲/۷	۳/۳	۴/۰	۷/۰
۰/۷	۰/۸	۰/۹	۱/۰	۱/۲	۱/۴	۱/۷	۲/۲	۲/۸	۳/۴	۴/۱	۷/۵
۰/۷	۰/۸	۰/۹	۱/۰	۱/۲	۱/۴	۱/۷	۲/۳	۳/۰	۳/۶	۴/۳	۸/۰
۰/۸	۰/۹	۱/۰	۱/۱	۱/۳	۱/۵	۱/۸	۲/۴	۳/۰	۳/۸	۴/۵	۹/۰
۰/۸	۰/۹	۱/۰	۱/۱	۱/۳	۱/۵	۱/۹	۲/۵	۳/۲	۳/۹	۴/۷	۹/۵
۰/۹	۱/۰	۱/۱	۱/۲	۱/۴	۱/۷	۲/۰	۲/۷	۴/۴	۴/۳	۵/۲	۱۰/۰
۰/۹	۱/۰	۱/۱	۱/۳	۱/۵	۱/۷	۲/۱	۲/۸	۳/۵	۴/۵	۵/۴	۱۰/۵
۰/۹	۱/۰	۱/۱	۱/۳	۱/۵	۱/۷	۲/۱	۲/۸	۳/۴	۴/۵	۵/۴	۱۱/۰
۱/۰	۱/۱	۱/۱	۱/۳	۱/۵	۱/۸	۲/۲	۲/۹	۳/۸	۴/۷	۵/۶	۱۱/۵
۱/۰	۱/۱	۱/۳	۱/۴	۱/۶	۱/۹	۲/۳	۳/۰	۳/۹	۴/۹	۵/۸	۱۲/۰
۱/۰	۱/۱	۱/۳	۱/۴	۱/۶	۲/۰	۲/۴	۳/۲	۴/۲	۵/۱	۶/۱	۱۳/۰
۱/۰	۱/۲	۱/۳	۱/۵	۱/۷	۲/۰	۲/۵	۳/۳	۴/۳	۵/۳	۶/۳	۱۳/۵
۱/۱	۱/۲	۱/۴	۱/۵	۱/۸	۲/۱	۲/۶	۳/۵	۴/۵	۵/۵	۶/۷	۱۴/۰
۱/۲	۱/۳	۱/۴	۱/۶	۱/۹	۲/۲	۲/۷	۳/۶	۴/۸	۵/۸	۷/۰	۱۴/۵
۱/۲	۱/۳	۱/۵	۱/۷	۱/۹	۲/۳	۲/۸	۳/۷	۵/۰	۶/۰	۷/۳	۱۵/۰
۱/۳	۱/۴	۱/۵	۱/۴	۲/۰	۲/۴	۳/۰	۳/۹	۵/۱	۶/۳	۷/۵	۱۵/۵

(A.R.D)

جدول ۱۴ـ برنامه تغذیه‌ای ماهی تیلاپیا در کشت غیرمتراکم، پلی کالچر بر اساس وزن ماهی بر حسب گرم در روز

وزن ماهی (گرم)	پلی کالچر	نیمه‌متراکم (کمتراز ۲۰۰۰۰ درهکتار)	متراکم (بیش از ۲۰۰۰۰ در هکتار)
۱ـ۳	۰/۲	۰/۳	—
۳ـ۵	۰/۳	۰/۴	—
۵ـ۱۰	۰/۵	۰/۶	—
۱۰ـ۲۰	۰/۸	۱/۰	—
۲۰ـ۳۰	۱/۲	۱/۵	—
۳۰ـ۵۰	۱/۴	۲/۰	—
۵۰ـ۷۰	۱/۶	۲/۵	—
۷۰ـ۱۰۰	۱/۸	۳/۰	۱/۸
۱۰۰ـ۱۵۰	۲/۳	۳/۵	۲/۷
۱۵۰ـ۲۰۰	۲/۸	۴/۰	۳/۷
۲۰۰ـ۲۵۰	—	—	۵/۵
۲۵۰۰ـ۳۰۰	۳/۵	۵/۰	۵/۵
۳۰۰ـ۳۵۰	۴/۳	۶/۰	۶/۳
۳۵۰ـ۴۰۰	—	—	۶/۷
۴۰۰ـ۵۰۰	۵/۰	۷/۰	۷/۲
۵۰۰ـ۶۰۰	۶/۰	۸/۰	۸/۳
۶۰۰ـ۷۰۰	۷/۰	۹/۰	–

B. Hepher, Nutrition of Pound Fishes; Copyright 1988, with Permission of Cambridge University Press.

جدول ۱۵ـ برنامه تغذیه‌ای ماهی کپور معمولی در استخرهای پروار تابستانه در $20^{\circ}C$

(مقادیر بر حسب گرم بر وزن ماهی)

وزن ماهی	میزان تراکم ماهی در هکتار															
	۲ـ۴		۴ـ۶		۶ـ۸		۸ـ۱۰		۱۲ـ۱۵		۱۵ـ۲۰		۲۰ـ۵۰			
	گرم	درصد پروتئین	گرم	درصد پروتئین	گرم	درصد پروتئین	گرم	درصد پروتئین	گرم	درصد پروتئین	گرم	درصد پروتئین	گرم	درصد پروتئین	گرم	درصد پروتئین
۲۰ـ۵۰	۱	۱۲	۲	۱۲	۲	۱۲	۳	۱۲	۳	۱۲	۳	۱۸	۳	۱۸		
۵۰ـ۱۰۰	۲	۱۲	۳	۱۲	۴	۱۲	۴	۱۸	۴	۱۸	۴	۱۸	۴	۱۸		
۱۰۰ـ۲۰۰	۶	۱۲	۹	۱۸	۹	۱۸	۹	۱۸	۹	۱۸	۹	۲۵	۹	۲۵		
۲۰۰ـ۳۰۰	۱۰	۱۲	۱۱	۱۸	۱۱	۱۸	۱۲	۲۵	۱۲	۲۵	۱۲	۲۵	۱۲	۲۵		
۳۰۰ـ۴۰۰	۱۱	۱۸	۱۳	۲۵	۱۴	۲۵	۱۵	۲۵	۱۵	۲۵	۱۵	۲۵	۱۵	۲۵		
۴۰۰ـ۵۰۰	۱۴	۱۸	۱۵	۲۵	۱۶	۲۵	۱۷	۲۵	۱۷	۳۰	۱۷	۳۰	۱۷	۳۰		
۵۰۰ـ۶۰۰	۱۵	۲۵	۱۷	۲۵	۱۸	۲۵	۱۹	۳۰	۱۹	۳۰	۱۹	۳۰	۱۹	۳۰		
۶۰۰ـ۷۰۰	۱۵	۲۵	۱۸	۴۵	۱۹	۳۰	۱۹	۳۰	۱۹	۳۰	۱۹	۳۰	۱۹	۳۰		
۷۰۰ـ۸۰۰	۱۶	۲۵	۱۸	۲۵	۲۰	۳۰	۱۹	۳۰	۱۹	۳۰	۱۹	۳۰	۱۹	۳۰		
۸۰۰ـ۹۰۰	۱۷	۲۵	۱۸	۲۵	۱۹	۳۰	۲۰	۳۰	۲۰	۳۰	۲۰	۳۰	۲۰	۳۰		
۱۰۰ـ۱۱۰۰	۱۸	۲۵	۲۰	۳۰	۲۱	۳۰	۲۲	۳۰	۲۲	۳۰	۲۲	۳۰	۲۲	۳۰		
۱۱۰۰ـ۱۲۰۰	۱۸	۲۵	۲۰	۳۰	۲۱	۳۰	۲۲	۳۰	۲۲	۳۰	۲۲	۳۰	۲۲	۳۰		

B. Hepher, Nutrition of Pound Fishes; 1988.

جدول ۱۶ ـ پیشنهاد سطوح جیره‌های غذایی برای ماهیان همه‌چیزخوار

سطوح تغذیه‌ای	لارو	انگشت‌تر	مرحله جوانی	پرواری	مولدین
(درصد مینیمم) چربی خام	۸	۷	۷	۶	۵
چربیهای گیاهی	۱:۱	۱:۱	۱:۱	۱:۱	۱:۱
(درصد مینیمم) پروتئین خام	۴۲	۳۹	۳۷	۳۵	۳۷
درصد مینیمم آمینو اسیدها					
آرژینین	۱/۸۱	۱/۶۸	۱/۵۹	۱/۵۱	۱/۵۹
هیستیدین	۰/۷۶	۰/۷۱	۰/۶۷	۰/۶۴	۰/۶۷
ایزولوسین	۱/۱۸	۱/۰۹	۱/۰۴	۰/۹۸	۱/۰۴
لوسین	۲/۱۵	۱/۹۹	۱/۸۹	۱/۷۹	۱/۸۹
لیزین	۲/۴۸	۲/۳۱	۲/۱۹	۲/۰۷	۲/۱۹
میتونین	۰/۸۱	۰/۷۵	۰/۷۱	۰/۶۷	۰/۷۱
سیستین	۰/۲۹	۰/۲۷	۰/۲۶	۰/۲۴	۰/۲۶
فنیل آلانین	۱/۲۲	۱/۱۳	۱/۰۷	۱/۰۲	۱/۰۷
تیروزین	۰/۹۷	۰/۹۰	۰/۸۵	۰/۸۱	۰/۸۵
تیرونین	۱/۳۵	۱/۲۶	۱/۱۹	۱/۱۳	۱/۱۹
تریپتوفان	۰/۲۵	۰/۲۳	۰/۲۲	۰/۲۱	۰/۲۲
والین	۱/۴۰	۱/۳۰	۱/۲۳	۱/۱۶	۱/۲۳
(درصدماکزیمم) کربوهیدراتها	۳۰	۳۵	۴۰	۴۰	۴۰
(درصدماکزیمم) فیبر خام (سلولز)	۱/۵	۲	۳	۴	۴
درصد عناصر اصلی					
(درصد ماکزیمم) کلسیم	۲/۵	۲/۵	۲	۲	۲
(درصد مینیمم) فسفر	۱/۰	۰/۸	۰/۸	۰/۷	۰/۸
(درصد مینیمم) منیزیم	۰/۰۸	۰/۰۷	۰/۰۷	۰/۰۶	۰/۰۷

ادامه جدول ۱۶

اضافه شده به جیره حمایتی					
عناصر کمیاب به *mg/kg*					
آهن	۶۰	۵۰	۴۰	۳۰	۶۰
روی	۱۰۰	۸۳	۶۷	۵۰	۱۰۰
منگنیز	۵۰	۴۲	۳۳	۲۵	۵۰
مس	۶	۵	۴	۳	۶
کوبالت	۱	۰/۸۴	۰/۶۷	۰/۵	
ید	۶	۵	۴	۳	۶
کروم	۰/۵	۰/۴۲	۰/۳۳	۰/۲۵	۰/۵
سلینویم	۰/۲	۰/۱۷	۰/۱۳	۰/۱۰	۰/۲
ویتامین‌ها به واحد بین‌المللی در *kg* وزن بدن					
ویتامین *A*	۳۰۰۰(۶۰۰۰)	۲۵۰۰(۵۰۰۰)	۲۰۰۰(۴۰۰۰)	۱۵۰۰(۳۰۰۰)	۳۰۰۰(۶۰۰۰)
ویتامین D_3	۱۵۰۰(۳۰۰۰)	۱۲۵۰(۲۵۰۰)	۱۰۰۰(۲۰۰۰)	۷۵۰(۱۵۰۰)	۱۵۰۰(۳۰۰۰)
ویتامین به واحد میلی‌گرم در کیلوگرم					
ویتامین *E*	۱۲۰(۲۴۰)	۱۰۰(۲۰۰)	۸۰(۱۶۰)	۶۰(۱۲۰)	۱۲۰(۲۴۰)
ویتامین *K*	۱۰(۱۲)	۸(۱۰)	۶(۸)	۵(۶)	۱۰(۱۲)
تیامین	۱۸(۳۶)	۱۵(۳۰)	۱۲(۲۴)	۹(۱۸)	۱۸(۳۶)
ریبوفلاوین	۲۴(۴۸)	۲۰(۴۰)	۱۶(۳۲)	۱۲(۲۴)	۲۴(۴۸)
پیریدوکسین	۱۸(۳۶)	۱۵(۳۰)	۱۲(۲۴)	۹(۱۸)	۱۸(۳۶)
پنتاتونیک اسید	۴۸(۱۴۴)	۴۰(۱۲۰)	۳۲(۹۶)	۲۴(۷۲)	۴۸(۱۴۴)
نیکوتنیک اسید	۱۰۸(۲۱۶)	۹۰(۱۸۰)	۷۲(۱۴۴)	۵۴(۱۰۸)	۱۰۸(۲۱۶)
بیوتین	۰/۲(۰/۴)	۰/۱۵(۰/۳)	۰/۱(۰/۲)	۰/۱(۰/۲)	۰/۲(۰/۴)
اسیدفولیک	۳(۶)	۲/۵(۵)	۲(۴)	۱/۵(۳)	۳(۶)
ویتامین B_{12}	۰/۰۱۵(۰/۰۳)	۰/۰۱۲۵(۰/۰۲۵)	۰/۰۱(۰/۰۲)	۰/۰۰۷۵(۰/۰۱۵)	۰/۰۱۵(۰/۰۳)
ویتامین *C*	۳۰۰(۹۰۰)	۲۵۰(۷۵۰)	۲۰۰(۶۰۰)	۱۵۰(۴۵۰)	۳۰۰(۹۰۰)
کولین	۱۲۰۰(۲۴۰۰)	۱۰۰۰(۲۰۰۰)	۸۰۰(۱۶۰۰)	۶۰۰(۱۲۰۰)	۱۲۰۰(۲۴۰۰)
اینوزیتول	۱۵۰(۳۰۰)	۱۲۵(۲۵۰)	۱۰۰(۲۰۰)	۷۵(۱۵۰)	۱۵۰(۳۰۰)

A.G.J Tacon, Standard Methods for the Nutrition of Farmed Fish and Shrimp; 1990. with Permission of Argent Laboratories, Inc.

جدول ۱۷ـ پیشنهاد سطوح جیرهٔ غذایی برای ماهیان گوشتخوار

سطوح تغذیه‌ای	لارو	انگشت‌تر	جوان	پرواری	ماهیان مولد
(درصد مینیمم) چربیهای خام	۱۶	۱۴	۱۴	۱۲	۱۰
چربی گیاهی	۷:۱	۷:۱	۷:۱	۷:۱	۷:۱
(درصد مینیمم)پروتئین خام	۵۲	۴۹	۴۷	۴۵	۴۷
حداقل درصد اسیدهای آمینه					
آرژینین	۲/۲۴	۲/۱۱	۲/۰۲	۱/۹۴	۲/۰۲
هیستیدین	۰/۹۵	۰/۸۹	۰/۸۵	۰/۸۲	۰/۸۵
ایزولوسین	۱/۴۶	۱/۳۷	۱/۳۲	۱/۲۶	۱/۳۲
لوسین	۲/۶۶	۲/۵۰	۲/۴۰	۲/۳۰	۲/۴۰
لیزین	۳/۰۸	۲/۹۰	۲/۷۸	۲/۶۶	۲/۷۸
میتونین	۱/۰۰	۰/۹۴	۰/۹۰	۰/۸۷	۰/۹۰
سیستین	۰/۳۶	۰/۳۴	۰/۳۳	۰/۳۱	۰/۳۳
فنیل آلانین	۱/۵۱	۱/۴۲	۱/۳۶	۰/۳۱	۰/۳۶
پتروزین	۱/۲۰	۱/۱۳	۱/۰۹	۱/۰۴	۱/۰۹
پترونین	۱/۶۷	۱/۵۸	۱/۵۱	۱/۴۵	۱/۵۱
تریپتوفان	۰/۳۱	۰/۲۹	۰/۲۸	۰/۲۷	۰/۲۸
والین	۱/۷۳	۱/۶۳	۱/۵۶	۱/۵۰	۱/۵۶
(درصد حداکثر) کربوهیدراتها	۱۵	۲۰	۲۵	۲۵	۲۵
(درصد حداکثر) فیبر خام (سلولز)	۱	۱/۵	۲	۲/۵	۲/۵
عناصر اصلی					
(درصد حداکثر) کلسیم	۲/۵	۲/۵	۲	۲	۲
(درصد حداقل) فسفر	۱/۰	۰/۸	۰/۸	۰/۷	۰/۸
(درصد حداقل) منیزیم	۰/۰۸	۰/۰۷	۰/۰۷	۰/۰۶	۰/۰۷

ادامه جدول ۱۷

جیره تکمیلی					
عناصر کمیاب به میلی‌گرم در کیلوگرم					
آهن	۵۰	۵۰	۴۰	۳۰	۶۰
روی	۱۰۰	۸۳	۶۷	۲۵	۱۰۰
منگنز	۵۰	۴۲	۳۳	۲۵	۵۰
مس	۶	۵	۴	۳	۶
کوبالت	۱	۰/۸۴	۰/۶۷	۰/۵	
ید	۶	۵	۴	۳	۶
کروم	۰/۵	۰/۴۲	۰/۳۳	۰/۲۵	۰/۵
سلنیوم	۰/۲	۰/۱۷	۰/۱۳	۰/۱۰	۰/۲
ویتامینها به واحد بین‌المللی					
ویتامین A	۳۰۰۰(۶۰۰۰)	۲۵۰۰(۵۰۰۰)	۲۰۰۰(۴۰۰۰)	۱۵۰۰(۳۰۰۰)	۳۰۰۰(۶۰۰۰)
ویتامین D_3	۱۵۰۰(۳۰۰۰)	۱۲۵۰(۲۵۰۰)	۱۰۰۰(۲۰۰۰)	۷۵۰(۱۵۰۰)	۱۵۰۰(۳۰۰۰)
ویتامین به واحد میلی‌گرم در کیلوگرم					
ویتامین E	۱۵۰(۳۰۰)	۱۲۵(۲۵۰)	۱۰۰(۲۰۰)	۷۵(۱۵۰)	۱۵۰(۳۰۰)
ویتامین K	۱۰(۱۲)	۸(۱۰)	۶(۸)	۵(۶)	۱۰(۱۲)
تیامین	۲۴(۴۸)	۲۰(۴۰)	۱۶(۳۲)	۱۲(۲۴)	۲۴(۴۸)
ریبوفلاوین	۳۰(۶۰)	۲۵(۵۰)	۲۰(۴۰)	۱۵(۳۰)	۳۰(۶۰)
پیریدوکسین	۲۴(۴۸)	۲۰(۴۰)	۱۶(۳۲)	۱۲(۲۴)	۲۴(۴۸)
پنتاتونیک اسید	۶۰(۱۸۰)	۵۰(۱۵۰)	۴۰(۱۲۰)	۳۰(۹۰)	۶۰(۱۸۰)
نیکوتنیک اسید	۱۲۰(۲۴۰)	۱۰۰(۲۰۰)	۸۰(۱۶۰)	۶۰(۱۲۰)	۱۲۰(۲۴۰)
بیوتین	۰/۳(۰/۶)	۰/۲۵(۰/۵)	۰/۲(۰/۴)	۰/۲(۰/۴)	۰/۰۳(/۰۶)
اسید فولیک	۶(۱۲)	۵(۱۰)	۴(۸)	۳(۶)	۶(۱۲)
ویتامین B_{12}	۰/۰۳(۰/۰۶)	۰/۰۲۵(۰/۰۵)	۰/۰۲(۰/۰۴)	۰/۰۱۵(۰/۰۳)	۰/۰۳(۰/۰۶)
ویتامین C	۴۰۰(۱۲۰۰)	۳۳۳(۱۰۰۰)	۲۶۶(۸۰۰)	۲۰۰(۶۰۰)	۴۰۰(۱۲۰۰)
کولین	۱۵۰۰(۳۰۰۰)	۱۲۵۰(۲۵۰۰)	۱۰۰۰(۲۰۰۰)	۷۵۰(۱۵۰۰)	۱۵۰۰(۳۰۰۰)
اینوزیتول	۲۵۰(۵۰۰)	۲۰۰(۴۰۰)	۱۵۰(۳۰۰)	۱۰۰(۲۰۰)	۲۵۰(۵۰۰)

A.G.J Tacon, Standard Methods for the Nutrition of Farmed Fish and Shrimp; 1990. with Permission of Argent Laboratories, Inc.

جدول ۱۸ـ پیشنهاد سطوح جیره غذایی برای گونه‌های میگوی همه‌چیزخوار

سطوح تغذیه‌ای	لارو	پست لارو یک تا ۲۵ گرم	پست لارو ۲۵ تا ۱ گرم	جوان	پروواری	مولدین
(درصدمینیمم) چربیهای خام	۱۴	۱۳	۱۲	۱۱	۱۰	۱۰
چربی گیاهی	۵:۱	۵:۱	۵:۱	۵:۱	۵/۱:۵/۱	
(درصد مینیمم)پروتئین خام	۵۵	۵۰	۴۵	۴۰	۳۵	۴۵
درصد مینیمم اسیدهای آمینه						
آرژینین	۲/۹۸	۲/۷۱	۲/۴۴	۲/۱۷	۱/۹۰	۲/۴۴
هیستیدین	۱/۳۱	۰/۷۷	۰/۶۹	۰/۶۲	۰/۵۴	۰/۶۹
ایزولوسین	۱/۳۱	۱/۱۹	۱/۰۷	۰/۹۵	۰/۸۳	۱/۰۷
لوسین	۲/۶۹	۲/۴۵	۲/۲۰	۱/۹۶	۱/۷۱	۲/۲۰
لیزین	۲/۸۳	۲/۵۷	۲/۳۱	۲/۰۶	۱/۸۰	۲/۳۱
میتونین	۱/۰۴	۰/۹۵	۰/۸۵	۰/۷۶	۰/۶۶	۰/۸۵
سیستین	۰/۵۲	۰/۴۷	۰/۴۲	۰/۳۸	۰/۳۳	۰/۴۲
فنیل آلانین	۱/۴۸	۱/۳۵	۱/۲۱	۱/۰۸	۰/۹۴	۱/۲۱
پتروزین	۱/۵۰	۱/۳۷	۱/۲۳	۱/۰۹	۰/۹۶	۱/۲۳
پترونین	۱/۸۵	۱/۶۸	۱/۵۱	۱/۳۴	۱/۱۸	۱/۵۱
تریپتوفان	۰/۵۲	۰/۴۷	۰/۴۲	۰/۳۸	۰/۳۳	۰/۴۲
والین	۱/۶۴	۱/۴۹	۱/۳۴	۱/۱۹	۱/۰۴	۱/۳۴
(درصد ماکزیمم)کربوهیدراتها	۱۵	۲۰	۲۵	۳۰	۳۵	۲۵
(درصد ماکزیمم)فیبر خام(سلولز)	۱	۱/۵	۲	۲	۳	۲
عناصر اصلی						
(درصد ماکزیمم)کلسیم	۳	۳	۲/۵	۲/۵	۲	۲/۵
(درصد مینیمم)فسفر	۱/۸	۱/۶	۱/۴	۱/۲	۱/۲	۱/۴
(درصد مینیمم)منیزیم	۰/۱۸	۰/۱۵	۰/۱۳	۰/۱۰	۰/۰۸	۰/۱۳

ادامه جدول ۱۸

سطوح تغذیه‌ای	لارو	پست لارو یک تا ۲۵ گرم	پست لارو ۲۵ تا ۱ گرم	جوان	پروازی	مولدین
جیره تکمیلی						
عناصر کمیاب به میلی‌گرم در کیلوگرم						
آهن	۱۰۰	۹۰	۸۰	۷۰	۶۰	۱۰۰
روی	۱۲۰	۱۱۰	۱۰۰	۹۰	۸۰	۱۲۰
منگنز	۶۰	۵۵	۵۰	۴۵	۴۰	۶۰
مس	۱۲	۱۱	۱۰	۹	۸	۱۲
کوبالت	۱/۲	۱/۱	۱/۰	۰/۹	۰/۸	۱/۲
ید	۶	۵/۵	۵	۴/۵	۴	
کروم	۱/۰	۰/۹	۰/۸	۰/۷	۰/۶	۱/۰
سلنیوم	۰/۲۵	۰/۲۳	۰/۲۱	۰/۱۹	۰/۱۷	۰/۲۵
ویتامینها به واحد بین‌المللی						
ویتامین A	۶۰۰۰(۱۲۰۰۰)	۵۵۰۰۰(۱۱۰۰۰)	۵۰۰۰(۱۰۰۰۰)	۴۵۰۰(۹۰۰۰)	۴۰۰۰(۸۰۰۰)	۶۰۰۰(۱۲۰۰۰)
ویتامین D_3	۲۰۰۰(۴۰۰۰)	۱۸۰۰(۳۶۰۰)	۱۶۰۰(۳۲۰۰)	۱۴۰۰(۲۸۰۰)	۱۲۰۰(۲۴۰۰)	۲۰۰۰(۴۰۰۰)
ویتامین به واحد میلی‌گرم در کیلوگرم						
ویتامین E	۲۰۰(۴۰۰)	۱۸۰(۳۶۰)	۱۶۰(۳۲۰)	۱۴۰(۲۸۰)	۱۲۰(۲۴۰)	۲۰۰(۴۰۰)
ویتامین K	۱۲(۱۲)	۱۱(۱۳)	۱۰(۱۲)	۹(۱۱)	۸(۱۰)	۱۲(۱۴)
تیامین	۳۰(۹۰)	۲۸(۸۴)	۲۶(۷۸)	۲۴(۷۲)	۲۲(۶۶)	۳۰(۹۰)
پیریدوکسین	۳۰(۹۰)	۲۸(۸۴)	۲۶(۷۸)	۲۴(۷۲)	۲۲(۶۶)	۳۰(۹۰)
پنتاتونیک اسید	۷۵(۳۰۰)	۷۰(۲۸۰)	۶۵(۲۶۰)	۶۰(۲۴۰)	۵۵(۲۲۰)	۷۵(۳۰۰)
نیکوتنیک اسید	۱۵۰(۴۵۰)	۱۴۰(۴۲۰)	۱۳۰(۳۹۰)	۱۲۰(۳۶۰)	۱۱۰(۳۳۰)	۱۵۰(۴۵۰)
بیوتین	۰/۲۵(۰/۷۵)	۰/۲۳(۰/۶۹)	۰/۲۱(۰/۶۳)	۰/۱۹(۰/۵۷)	۰/۱۷(۰/۵۴)	۰/۲۵(۰/۷۵)
اسید فولیک	۶(۱۸)	۵/۵(۱۶/۵)	۵(۱۵)	۴/۵(۱۳/۵)	۴(۱۳)	۶(۱۸)
ویتامین B_{12}	۰/۰۴(۰/۱۲)	۰/۰۳۷(۰/۱۱۱)	۰/۰۳۴(۰/۱۰۲)	۰/۰۳۱(۰/۰۹۳)	۰/۰۲۸(۰/۰۸۴)	۰/۰۴(۰/۱۲)
ویتامین C	۵۰۰(۲۵۰۰)	۴۵۰(۲۲۵۰)	۴۰۰(۲۰۰۰)	۳۵۰(۱۷۵۰)	۳۰۰(۱۵۰۰)	۵۰۰(۲۵۰۰)
کولین	۱۶۰۰(۳۲۰۰)	۱۵۰۰(۳۰۰۰)	۱۴۰۰(۲۸۰۰)	۱۳۰۰(۲۶۰۰)	۱۲۰۰(۲۴۰۰)	۱۶۰۰(۳۲۰۰)
اینوزیتول	۷۰۰(۲۱۰۰)	۶۵۰(۱۹۵۰)	۶۰۰(۱۸۰۰)	۵۵۰(۱۶۵۰)	۵۰۰(۱۵۰۰)	۷۰۰(۲۱۰۰)

(A.R.D)

جدول ۱۹ـ پیشنهاد سطوح جیره غذایی برای گونه‌های میگوی گوشتخوار

سطوح تغذیه‌ای	لارو	پست لارو یک تا ۲۵ گرم	پست لارو ۲۵ تا ۱ گرم	جوان	پرواری	مولدین
(درصدمینیمم) چربیهای خام	۱۶	۱۳	۱۲	۱۱	۱۰	۱۰
چربی گیاهی	۶:۱	۶:۱	۶:۱	۶:۱	۶:۱	۶:۱
(درصدمینیمم)کلسترون	۲	۱/۵	۱/۵	۱	۱	۲
(درصد مینیمم)پروتئین خام	۶۵	۶۲	۵۹	۵۵	۵۳	۵۵
درصد مینیمم اسیدهای آمینه						
آرژینین	۳/۵۳	۳/۳۶	۳/۲۰	۲/۹۸	۲/۸۷	۲/۹۸
هیستیدین	۱/۰۰	۰/۹۵	۰/۹۱	۰/۸۵	۰/۸۲	۰/۸۵
ایزولوسین	۱/۵۵	۱/۴۸	۱/۴۰	۱/۳۱	۱/۲۶	۱/۳۱
لوسین	۳/۱۸	۳/۰۴	۲/۸۹	۲/۶۹	۲/۶۰	۲/۶۹
لیزین	۳/۳۴	۳/۱۹	۳/۰۳	۲/۸۳	۲/۷۳	۲/۸۳
میتونین	۱/۲۳	۱/۱۷	۱/۱۱	۱/۰۴	۱/۰۰	۱/۰۴
سیستین	۰/۶۱	۰/۵۹	۰/۵۶	۰/۵۲	۰/۵۰	۰/۵۲
فنیل آلانین	۱/۷۵	۱/۶۷	۱/۵۹	۱/۴۸	۱/۴۳	۱/۴۸
پتروزین	۱/۷۷	۱/۶۹	۱/۶۱	۱/۵۰	۱/۴۵	۱/۵۰
پترونین	۲/۱۸	۲/۰۸	۱/۹۸	۱/۸۵	۱/۷۸	۱/۸۵
تریپتوفان	۰/۶۱	۰/۵۹	۰/۵۶	۰/۵۲	۰/۵۰	۰/۵۲
والین	۱/۹۳	۱/۸۴	۱/۷۵	۱/۶۴	۱/۵۸	۱/۶۴
(درصد ماکزیمم) کربوهیدراتها	۵	۱۰	۱۵	۱۵	۲۰	۱۵
(درصد ماکزیمم)فیبر خام(سلولز)	۱	۱	۱/۵	۱/۵	۲	۱/۵
عناصر اصلی						
(درصد ماکزیمم)کلسیم	۳	۳	۲/۵	۲/۵	۲	۲/۵
(درصد مینیمم)فسفر	۱/۸	۱/۶	۱/۴	۱/۲	۱/۲	۱/۴
(درصد مینیمم)پتاسیم	۱/۱	۱/۰	۰/۹	۰/۸	۰/۷	۰/۹

ادامه جدول ۱۹

سطوح تغذیه‌ای	لارو	پست لارو یک تا ۲۵ گرم	پست لارو ۲۵ تا ۱ گرم	جوان	پرواری	مولدین
(درصد مینیمم)منیزیم	۰/۱۸	۰/۱۵	۰/۱۳	۰/۱۰	۰/۰۸	۰/۱۳
جیره تکمیلی میلی‌گرم به کیلوگرم وزن عناصر کمیاب						
آهن	۱۰۰	۹۰	۸۰	۷۰	۶۰	۱۰۰
روی	۱۲۰	۱۱۰	۱۰۰	۹۰	۸۰	۱۲۰
منگنز	۶۰	۵۵	۵۰	۴۵	۴۰	۶۰

A.G.J Tacon, Standard Methods for the Nutrition of Farmed Fish and Shrimp; 1990. with Permission of Argent Laboratories, Inc.

جدول ۲۰ـ جدول غذادهی در میگوی دریایی، محاسبه برحسب درصد وزن‌بدن در تغذیه روزانه (منابع مختلف)

اندازه به گرم						
۱	۱۶/۰	۶/۰	ـ	۱۰/۰	۱۵/۰	۱۴/۰
۲	۱۱/۷	۴/۸	۵/۵	۸/۰	۱۳/۰	۸/۲
۳	۸/۶	۴/۲	۴/۷	۶/۰	۱۰/۰	۶/۲
۴	۷/۲	۳/۸	۴/۲	۴/۰	۹/۰	۵/۲
۵	۶/۲	۳/۴	۳/۹	۳/۸	۸/۰	۴/۵
۶	۴/۸	۳/۲	۳/۶	۳/۶	۷/۰	۳/۹
۷	۴/۴	۲/۹	۳/۳	۳/۴	۶/۰	۳/۶
۸	۴/۰	۲/۸	۳/۰	۳/۲	۵/۵	۳/۳
۹	۳/۹	۲/۷	۲/۹	۳/۰	۵/۰	۳/۰
۱۰	۳/۶	۲/۶	۲/۸	۲/۸	۴/۵	۲/۸
۱۱	۳/۵	۲/۴	۲/۶	۲/۶	۴/۰	۲/۶
۱۲	۳/۳	۲/۳	۲/۶	۲/۵	۳/۸	۲/۵
۱۳	۳/۱	۲/۲	۲/۵	۲/۴	۳/۵	۲/۳
۱۴	۳/۰	۲/۱	۲/۴	۲/۳	۳/۳	۲/۲
۱۵	۲/۹	۲/۰	۲/۳	۲/۲	۳/۰	۲/۱
۱۶	۲/۷	۱/۹	۲/۳	۲/۲	۲/۸	۲/۰
۱۷	۲/۵	۱/۹	۲/۲	۲/۱	۲/۶	۲/۰
۱۸	۲/۴	۱/۸	۲/۱	۲/۱	۲/۵	۱/۹
۱۹	ـ	۱/۷	۲/۰	۲/۰	۲/۴	۱/۸
۲۰	ـ	۱/۷	۲/۰	۲/۰	۲/۳	۱/۸
۲۱	ـ	۱/۷	۱/۹	ـ	ـ	۱/۸
۲۲	ـ	۱/۶	۱/۸	ـ	ـ	۱/۸

Clifford, H.C.III, In: J. Wyban (Ed) Proceedings of the Special Session on Shrimp Farming. World Aquaculture Society; 1992.

جدول ۲۱ـ آب دریا و پمپ مورد نیاز برای ظرفیت‌های مختلف میگو

۱ تانک	۳۰۰۰	۱۵۰۰	۳۶۹۰۰	۰/۰۲۵(۰/۰۱۸)	۰/۱(۰/۰۷۴۶)
۵ تانک	۱۲۰۰۰	۶۰۰۰	۱۴۹۰۰۰	۰/۰۷۵(۰/۰۵۶)	۰/۳(۰/۲۲۴)
۱۰ تانک	۲۵۰۰۰	۱۲۵۰۰	۲۶۹۰۰۰	۰/۱۵۰(۰/۱۱۲)	۰/۶(۰/۴۴۸)
۱۵ تانک	۳۷۰۰۰	۱۸۵۰۰	۴۳۳۰۰۰	۰/۲۰۰(۰/۱۴۹)	۰/۸(۰/۵۹۷)

A.N. Bose et al., Coastal Aquaculture Entineerin: Copyright 1991. with permission of Cambridge University Press.

جدول ۲۲ـ هوای فشردهٔ مورد نیاز برای ظرفیت‌های متفاوت میگو

ظرفیت هچری	قدرت موتور مورد نیاز بصورت تئوری KW اسب بخار	قدرت حقیقی پیشنهادی موتور KW در ۰/۲ کیلوگرم‌برسانتیمترمربع	کل حجم هوای مورد نیاز (لیتر در دقیقه)
۱ تانک	۰/۱۶(۰/۱۲)	۰/۶۴(۰/۴۸)	۴۳۰
۵ تانک	۰/۳۰۵(۰/۲۲۸)	۱/۲۲(۰/۹۱)	۸۲۰
۱۰ تانک	۰/۵۳۳(۰/۳۹۸)	۲/۱۳(۱/۵۹)	۱۴۳۰
۱۵ تانک	۰/۷۱	(۰/۵۳)	۲/۸۴(۲/۱۲)

(۱) تانک ۲۰۰۰ لیتری

A.N. Bose et al., Coastal Aquaculture Entineerin: Copyright 1991. with permission of Cambridge University Press.

جدول ۲۳ـ سطح مورد نیاز تأسیس یک هچری برای ظرفیت‌های متفاوت (مترمربع)[۱]

ظرفیت‌هچری	الف	ب	ج	د	ه	و	جمع‌کل
۱ تانک	۶	۸	۴	۱۰	۴۵	۷	۸۰
۵ تانک	۶	۱۲	۶	۳۰	۶۰	۱۶	۱۸۰
۱۰ تانک	۹	۱۲	۹	۵۰	۹۰	۲۳	۱۸۳
۱۵ تانک	۹	۱۲	۱۲	۷۰	۱۲۰	۲۵	۲۴۸

[۱] تانکهای پرورشی ۲۰۰۰ لیتری، تانکهای پرورش جلبک ۱۰۰۰ لیتری.

الف: اتاق پرورش جلبک، داخل ساختمان

ب: ناحیهٔ نظارتی، داخل ساختمان

ج: قسمت ذخیره، داخل ساختمان

د: ناحیهٔ پرورش لارو، داخل ساختمان

ه: ناحیهٔ پرورش جلبک و براشیونوس *(Brachionus)* در بیرون ساختمان

و: ناحیهٔ ترکیبی برای: کمپرسور، انبار و فیلتر شنی

A.N. Bose et al., Coastal Aquaculture Entineerin: Copyright 1991. with permission of Cambridge University Press.

جدول ۲۴ـ میزان انرژی لازم اشعهٔ *UV* برای کشتن ۱۰۰٪

میکروارگانیزم	انرژی اشعه *UV* ($\mu w/s/cm^2$)
اسپورهای کپک	
Penicillium roqueforti	۲۶۴۰۰
Aspergillus niger	۳۳۰۰۰۰
مخمرها	
مخمر آبجوسازی	۶۶۰۰
مخمر نانوائی	۸۸۰۰
مخمر عمومی کیک	۱۳۲۰۰
باکتری‌ها	
Streptococcus hemolyticus	۵۵۰۰
StapHylococcus aureus	۶۶۰۰
Escherichia coli	۷۰۰۰
Proteus vulgaris	۷۵۰۰
Bacillus subtillis	۱۱۰۰۰
Bacillus subtillus spores	۲۲۰۰۰
ویروس‌ها	
باکتریوفاژ *(E.Coli)*	۶۶۰۰
ویروس آنفلونزا	۳۴۰۰
تخمهای نماتد	۴۰۰۰۰

F.W.Weaton, Aquacultural Engeineering; Copyright 1985, with Permission of John Wiley & SonsInc.

جدول ۲۵ـ خلاصه‌ای از داروهای مصرف‌شده جهت کنترل بیماری و انگل‌های ماهیان آبهای گرم

دارو	موارد مصرف
اکسی تتراسایکلین	معمولاً به‌صورت تتراسایسین (TM) شناخته شده است. این آنتی‌بیوتیک در کنترل بیماریهای باکتریایی استفاده می‌شود. به‌هنگام نیاز قبل از مصرف باید با غذا مخلوط شود. نظر به‌اینکه اکسی تتراسایکلین معمولاً گران است، لذا فقط در صورت ضرورت مصرف می‌شود. درمان آن مصرف ۱۵PPMدر ۲۴ ساعت یا ۰/۵۷ گرم در ۱۰ گالن آب) می‌باشد. بعضی از باکتریها نظیر آئروموناس در مقابل تتراسایکلین مقاومت زیادی دارند).
سولفات مس	سولفات مس غالباً برای کنترل انگل‌های خارجی و گاهی اوقات هم برای کنترل گیاهان آبزی به‌کار می‌رود. دامنه مصرف آن از ۰/۲۵PPM تا ۱/۵PPM بسته به‌شرایط شیمیایی آب می‌باشد. سولفات مس در آبهای سبک نسبت به‌آبهای سنگین سمیت بیشتری داشته و بنابراین در آبهای سبک کمتر مصرف می‌شود. همچنین میزان مصرف آن در آبهای گرم کاهش می‌یابد. ظروف پلاستیکی باید برای نگهداری سوفات مس به‌کار رود، زیرا اثرات خورندگی دارد. ظروف گالوانیزه هرگز مورد استفاده قرار نمی‌گیرند. سولفات مس برای از بین بردن پلانکتون در هنگامی که توزیع این جلبکها باعث ایجاد مشکلات اکسیژنی در استخر شود استفاده می‌گردد.
فرمالئین (فرمالدئید)	برای درمان انگل‌های خارجی و بیماریهای قارچی به‌کار می‌رود. میزان مصرف از ۳۰PPM-۱در استخرها و ۲۰۰PPM-۱۵۰ در تانکها برای یک یا دو ساعت می‌باشد.
نمک	نمک معمولی (NaCl) برای جداسازی انگلهای خارجی ماهی استفاده می‌شود. محلول ۳ درصد برای ۳۰ دقیقه به‌کار می‌رود. موقعی که علائم خطر آشکار شود، ماهیان باید جابجا شوند. نمک می‌تواند ۲۰۰۰PPM-۱۰۰۰ در تانک‌های حمل ماهی به‌کار رود (۷۶-۳۸گرم در هر ۱۰گالن)
پرمنگنات پتاسیم	پرمنگنات پتاسیم برای برخی اهداف پرورش ماهی به‌کار می‌رود. میزان مصرف آن برای کنترل انگلهای خارجی ۸PPM-۲ (۲۱/۶ - ۵/۴ پوند در جریب پا) بسته به‌شرایط شیمیایی آب دارد. تأثیرات آن بهpH، سختی آب و حرارت بستگی دارد
تری کلروفن (دیلوکس TM یا مازوتن TM)	ترماتودهای مونوژن -کوپوپود و پارازیتهای قلاب‌دار به‌وسیله استفاده‌تری کلروفن در غذای ماهی کنترل می‌گردند. به‌میزان ۰/۲۵PPM جزء فعال اغلب مصرف می‌گردد. دیلوکس سریعاً در آب یا pH و حرارت بالا سریعاً تجزیه می‌شود.
هیدروکسید کلسیم یا اکسید کلسیم	هیدروکسید کلسیم معمولاً به‌صورت آهک کشته یا آبدیده شناخته می‌شود. می‌توان از آن به‌عنوان ضدعفونی‌کننده در استخرهای خشک استفاده کرد. میزان مصرف آن از ۲۵۰۰-۱۰۰۰ پوند در جریب می‌باشد که در کف استخر پخش می‌گردد.
فورانسی	فورانسی در درمان محدودی از باکتریهای عفونت‌زا به‌کار می‌رود. میزان مصرف آن ۰/۲۵PPM در یک ساعت و در سه روز پیاپی در درون تانک می‌باشد. ممکن است میزان ۲۰۰-۱۰۰ میلی‌گرم فعال آن برای ۱۰۰ پوند گربه‌ماهی به‌مدت ۵-۳ روز

	به‌کار رود (معادل ۷/۶-۳/۳گرم فعال آن در ۱۰۰ پوند غذا) Warning اعلان کرد که ادامه درمان ممکن است به‌پوست آسیب برساند.

جدول ۲۶ـ روش درمان انگلهای مشترک ماهیان آب‌گرم

انگل (پارازیت)	درمانهای احتمالی
ایکتوفتیریوس	تکرار یک یا بیشتر از روشهای ذیل لازم است ۲PPM پرمنگنات پتاسیم سولفات مس (میزان مصرف بستگی به‌قلیائیت آب دارد) ۱۵PPM فرمالین (۱ تا ۳ بار درمان در فاصله دو روز ممکن است نیاز باشد) ایکتوفتیریوس ممکن است از طریق دام و چکمه مرطوب و یا غیره منتقل گردد. گندزدایی تجهیزات در جلوگیری از انتشار آن کمک می‌نماید. کف استخرها ممکن است دیسک خورده و به‌مرحله سیستگذاری ایکتوفتریوس آسیب رساند.
تریکودینا، ژینودونلاکاستیا ترکوفریا، سفیریا بیماری آبششی پرولیفراتیو (حاصلخیزی زیاد)	ـ مصرف فرمالین در استخر به‌میزان ۲۵-۱۵PPM یا به‌میزان ۲۵۰PPM در تانک که ماهیان هم‌اندازه می‌توانند تحمل نمایند. ـ پرمنگنات پتاسیم در استخر ۳PPM-۲ که از شرایط شیمیایی آب پیروی می‌نماید. مولدین بایستی درمان گردند قبل از اینکه به‌استخرهای تخمریزی انتقال یابند تا از پراکنش لاروها جلوگیری شود. ـ سولفات مس ۰/۵PPM-۰/۲۵ بسته به‌سختی آب به‌کار می‌رود. سولفات مس در آبهای با قلیائیت پایین بیشتر سمی است
مکنده‌های خون (زالوها)	استفاده از محلول ۱٪ نمک در تانکهای نگهداری
اپیستیل	استفاده از ۱-۰/۱٪ نمک در تانکهای نگهداری
کرم ترماتود (فلاک) ترماتودمونوژن ترماتودودیژن	میزان ۲۵PPM-۱۵ فرمالین در استخر یا ۲۵۰PPM در تانک به‌مدت یک ساعت میزان ۲PPM پرمنگنات پتاسیم در استخر - کنترل حلزون اطراف استخر
سستود (کرمهای نواری و دیگر کرمهای روده‌ای)	۱۲۵ میلی‌گرم اکسید دی‌نیترو بوتیلاین برای هر پوند ماهی یا اضافه نمودن ۱٪ به‌جیره غذا برای سه روز. کف استخرهای خالی می‌تواند با هیدروکسید کلسیم (آهک آبدیده) به‌میزان ۲ تن در جریب بهسازی شود.
کوپه‌پود	تکرار مصرف دیلوکس به‌میزان ۰/۲۵PPM فعال در ترکیب

جدول ۲۷ـ فعالیت بیولوژیکی آنتی‌بیوتیک‌های معمول در آبزی‌پروری

آنتی‌بیوتیک	طیف[1] G+	محدوده[2] Mg/mL G⁻	باکتری	قارچ	پروتوزوا
کلرتتراسیکلین(۳)	۱	۱	۰/۰۰۲ـ۵۰		۲۵ـ۱۰۰۰
باسیتراسین	۱	۲	۰/۰۰۲ـ۱۲۵	ـ	ـ
کاریومایسین	۱	۲	۰/۰۱ـ۱۲		۳۲ـ۲۵۰
کلرامفنیکل(۳)	۱	۱	۰/۰۶ـ۵۰		۱۲۵ـ۲۰۰۰
کلیستین	۳	۱	۰/۵ـ۵۰	۲۰	۱۲۵
کاندیسیدین	ـ	ـ	ـ	۰/۵ـ۵۰	ـ
اریترومایسین	۱	۲	۰/۰۰۳ـ۲۰۰	ـ	ـ
کاناماپسین	۱	۱	۰/۳ـ۵۰۰	ـ	ـ
نیستاتیس	ـ	ـ	ـ	۱ـ۱۳	۲۵۰
نئومایسین	۱	۱	۰/۲ـ۱۰۰	ـ	۴۳ـ۳۰۰۰
نووبیوسین	۱	۲	۰/۰۲ـ۲۰۰	۱۰ـ۱۰۰۰	۱۲۵
اولئاندرومایسین	۱	۱	۰/۰۸ـ۵۰	ـ	ـ
پنی‌سیلین	۱	۲	۱ـ۵۰۰۰	ـ	ـ
پلی‌میکسین *B*	۳	۱	۰/۰۲ـ۵۰	۱۲۵ـ۲۵۰	۱۲۵
استرپتومایسین(۳)	۱	۱	۰/۵ـ۳۰۰	ـ	ـ
تتراسیکلین(۳)	۱	۱	۰/۰۵ـ۷/۵	ـ	۶۲ـ۲۵۰
اکسی‌تتراسیکلین(۳)	۱	۱	۰/۰۰۲ـ۵۰	ـ	۳۱ـ۲۵۰
تریکومایسین	ـ	ـ	ـ	۰/۶ـ۱۰	۲۵۰

(۱) اثر آنتی‌بیوتیک بر باکتری‌های گرم (+) و گرم (-)؛ (۳) بدون فعالیت (۲) فعالیت کم، مؤثر بر تعداد کمی از گونه‌های حاضر (۱) فعال، مؤثر بر اکثریت گونه‌های حاضر

(۲) دامنهٔ $\mu g/ml$ آنتی‌بیوتیک که رشد میکروبی را نشان می‌دهد.

(۳) مشهور به آنتی‌بیوتیک‌های گسترده‌طیف چون در برابر باکتری‌ها گرم (-) و گرم (+) و سایر میکروارگانیسم‌ها فعال است.

W.L.Smith and M.H.Chanley, Culture of Marine Invertebrate Animals, Copyright 1975 with Permission of Plenum Publishing

جدول ۲۸ـ فعالیت و ثبات آنتی‌بیوتیک‌های معمول در آبزی‌پروری

مقاومت ضربدری[۳]	گسترش مقاومت دربرابر آنتی بیوتیک[۲]	پایداری در محلولهای آبی			
		°C	pH	روزها	pH[۱]	آنتی‌بیوتیک‌ها
۴، ۱۶، ۱۷	آهسته	۲۵	۳ـ۲/۵	۱۴	۶/۰ـ۶/۶	۱ـ کلرتتراسیکلین
	آهسته	۳۵ـ۳۷	۷ـ۵	۱۴	۶/۰ـ۶/۶	۲ـ باسیتراسین
۷، ۱۲	بله	۲۵	۷ـ۵	۱۱	—	۳ـ کاربومایسین
۱، ۱۴، ۱۶، ۱۷	آهسته	۳۰	۸ـ۶	۳۰	۸/۰ـ۷/۴	۴ـ کلرامفنیکل
—	آهسته	۲۰	۷/۸ـ۷	۱۶	۸/۰ـ۷/۰	۵ـ کلیستین
—	—	۴	۷	۷	—	۶ـ کاندیسیدین
۳، ۱۲	سریع	۲۵	۸ـ۷	۱	۸/۰ـ۷/۴	۷ـ اریترومایسین
۱۰	سریع	۴	۷/۸	۳۰	۸/۰ـ۷/۴	۸ـ کاناماسین
—	—	—	—	—	—	۹ـ نیستاتین
۸، ۱۵	آهسته	۲۵	۹ـ۲	۳۰	۸/۰ـ۷/۴	۱۰ـ نئومایسین
	سریع	۲۴	۱۰ـ۷	۶۰	۶/۰ـ۶/۶	۱۱ـ نووبیوسین
۳، ۷	سریع	۲۵	۷ـ۵	۱	۶/۰ـ۶/۶	۱۲ـ اُلئاندومایسین
—	بله	۲۵	۷ـ۶	۳	۶/۰ـ۶/۶	۱۳ـ پنی‌سیلین
۵	آهسته	۳۷	۷ـ۶	۳۶۵	—	۱۴ـ پلی‌میکسین
۸، ۱۰	سریع	۲۵	۷ـ۳	۹۰	۸/۰ـ۷/۴	۱۵ـ استرپتومایسین
۱، ۱۴، ۱۶، ۱۷	آهسته	۳۷	۷	۳	۶/۰ـ۶/۶	۱۶ـ تتراسیکلین
۱، ۱۶	آهسته	۲۵	۷	۷	۶/۰ـ۶/۶	۱۷ـ اکسی‌تتراسیکلین
	—	—	—	—	—	۱۸ـ تریکومایسین

(۱) دامنهٔ pH برای حداکثر فعالیت ضد میکروبی

(۲) سویه‌های میکروبی که در مقابل آنتی‌بیوتیک‌ها مقاوم شده‌اند.

(۳) میکروارگانیسم‌هایی که به آنتی‌بیوتیک شماره‌گذاری شده در ستون اول مقاوم شده‌اند و همچنین

در مقابل باکتری‌هایی که شمارهٔ آنها در این ستون آورده شده مقاومت حاصل نموده‌اند.
آنتی‌بیوتیک با نیمه عمر بلند شامل: استرپتومایسین، کلرامفنیکل، کانامایسین و نئومایسین می‌باشند.
آنتی‌بیوتیک‌های فعال با نیمه عمر کوتاه شامل، کلروتتراسیکلین، اکسی‌تتراسیکلین، باسیتراسین و کاربومیسین در pHبرابر با ۶/۶ بیشترین فعالیت خود را داراه هستند، و در آبهای دریائی اثر کمتری دارند، کولیستین در آبهای دریائی هم فعال می‌ماند.
آنتی‌بیوتیک با نیمه عمر بسیار کوتاه شامل اولئاندومایسین، تتراسایکلین وسیع‌الطیف، اریترومایسین و پنی‌سیلین هستند. این آنتی‌بیوتیک‌ها اگر چه بر ارگانیزم‌های حساس مؤثر هستند اما در کنترل و پیشگیری‌های دراز مدت در آبزی پروری اثر کمتری دارند.

W.L.Smith and M.H.Chanley, Culture of Marine Invertebrate Animals, Copyright 1975 with Permission of Plenum Publishing

جدول ۲۹ـ درجه حرارت اپتیمم برای نیتروسوموناس *(Nitrosomonas)(NS)* و نیتروباکتر *(Nitrobacter)(NB)*

مأخذ	اثربازدارندگی	درجه حرارت اپتیمم(°c)	دامنه	گونه‌ها
Buswell et al.(1953)	–	۳۰ـ۳۶	۳۶ـ۳۰	*NS*
Kawai et al. (1965)	–	۳۰ـ۳۵	۱۰ـ۴۰	*NS*
Buswell et al. (1953)	<۵	–	–	*NS*
Nelson(1931)	–	۲۸	۸ـ۲۴	*NB*
Deppe & Engle(1960)	–	۳۴ـ۳۵	۴ـ۴۵	*NB*
Laudelout et al.(1960)	–	۴۲	–	*NB*
Kawaietal. (1965)	–	۳۰ـ۳۵	۱۰ـ۴۰	*NB*
Depp&Engle(1960)	<۴	–	–	*NB*
Depp&Engle(1960)	>۴۵	–	–	*NB*

Wheaton, Hochheimer and Kaiser, In: D.E. Brune and J.R. Tomasso (Eds), Aquaculture and water Quality; 1991

جدول ۳۰ـ اثرات دوز درمانی عوامل ضد باکتریائی و انگل‌کش معمول روی شوره‌زائی (*Nitrification*) آکواریوم‌های آب شیرین

ترکیب	غلظت (mg/l)	اثر بازداری٪
کلرامفنیکل	۵۰	۰
	۵۰	۸۴
اکسی‌تتراسیکلین	۵۰	۰
سولفامرازین	۵۰	۰
سولفانیل آمید	۲۵	۶۵
اریترومایسین	۵۰	۱۰۰
نیفورپیرنیول	۱	۰
	۰/۱	۲۰
	۴	۴۴
کلروتتراسیکلین	۱۰	۷۶
فرمالین	۲۵(۱)	۰
مالاشیت‌گرین	۱۵	۲۷
	۰/۱	۰
مالاشیت‌گرین + فرمالین	۲۵+۰/۱	۰
متیلن‌بلو	۵	۱۰۰
سولفات مس	۱(۲)	۰
	۵	۰
پرمنگنات پتاسیم	۴	۰
	۱	۸۶

(۱) معادل ۱۰ میلی‌گرم بر لیتر فرمالدهید

(۲) سختی = ۳۰ میلی‌گرم $CaCO_3$ بر لیتر

S.Spotte, Fish and Invertebrator Culture, Copyright 1979. with Permission of John Wiley & Sons, Inc.

روشهای کپسول‌زدایی سیست آرتمیا

کپسول‌زدائی سیست آرتمیا باعث کندن کوریون (پوسته خارجی) بدون صدمه زدن به جنین می‌شود. این اقدام باعث گندزدائی مؤثر سیست‌های آرتمیا شده و غذای قابل هضم‌تری را تولید نموده ضمن آنکه جنین برای خروج از غشاء تفریخ انرژی کمتری صرف می‌کند. در نتیجه به ازای هر ناپلی انرژی (کالری) بیشتری محصول می‌دهد. جهت آشنایی دو روش جهت کپسول‌زدائی آرتمیا پیشنهاد می‌گردد:

روش اول: استفاده از هیپوکلریت سدیم:

۱ـ ۵۰ گرم سیست آرمیتا

۲ـ ۴/۷۷ لیتر محلول هیپوکلریت سدیم (سفیدکننده خانگی: ۶/۵٪ کلرین)

۳ـ ۲۵ گرم هیدروکسید سدیم *(NaOH)*

۴ـ ۲/۲ لیتر آب دریا با آب شیرین

هیدروکسید سدیم را در ۲/۲ لیتر آب حل کرده و بگذارید سرد شود. سیست آریتما را در آب شیرین حدود ۳۰ تا ۶۰ دقیقه تحت هوادهی شدید مجدداً خیس کرده و سپس از آب خالی کنید.

سیست آریتما و هیپوکلریت را به محلول هیدروکسیدسدیم اضافه کرد و مدام هم می‌زنیم. رنگ سیست در محلول از قهوه‌ای به خاکستری و سرانجام به نارنجی تغییر می‌یابد. هنگامی که رنگ نارنجی آشکار گردید، معمولاً ظرف ۴ تا ۵ دقیقه، سیست‌های دکپسوله را باید بسرعت در یک الک خالی کرده و با آب شیرین آبکشی نمائیم.

برای اطمینان از تمام شدن واکنش کپسول‌زدائی، سیست‌ها را به مدت ۳۰ تا ۶۰ ثانیه در اسید هیدروکلریک ۰/۱ نرمال هم می‌زنیم (*HCl* ۰/۱ نرمال = در ۶/۵ لیتر آب). بعد از خنثی کردن کلرین، سیست‌ها را در یک الک خالی کرده و با دقت با آب شیرین آبکشی می‌شوند.

سپس سیست‌ها را در تانکهائی با ته مخروطی تحت هوادهی شدید انکوباسیون گردد.

در طی مراحل کپسول‌زدائی فعل و انفعالات شیمیایی تولید حرارت می‌کنند بنابراین لازم است که درجه حرارت محلول تحت نظر قرار گیرد تا از 37° بالاتر نرود. اضافه کردن قالب‌های یخ به محلول می‌تواند در ثابت نگه داشتن درجه حرارت مؤثر باشد.

روش دوم: هیپوکلریت کلسیم (۷۰٪ هیپوکلریت کلسیم فعال)

۳۲۵ گرم هیپوکلریت کلسیم را در ۳/۳۸ لیتر آب دریا یا آب شیرین حل کنید و در ظرف جداگانه‌ای، ۳۴۰ گرم خاکستر کربنات سدیم در ۳/۳۸ لیتر آب حل کنید. بگذارید تا ذرات غیرمحلول ته‌نشین شود.

سوپرناتانت را آهسته خالی کرده و رسوب را دور بریزید. بعد از خیس کردن مجدد سیست آرتمیا، محلولها را با هم مخلوط کرده و به سیست‌ها اضافه می‌کنیم، سپس مانند روش بالا عمل می‌شود. کپسول زدائی در ۴ تا ۷ دقیقه صورت می‌گیرد. سپس باید کلرین را توسط HCl ۰/۱ نرمال مانند روش بالا خنثی و به انکوباسیون انتقال دهید.

راندمان تفریخ با برداشت چند تکرار حاوی ۱ میلی‌لیتر از ظروف در حال هوادهی محاسبه می‌شود. ناپلی‌ها را برای شمارش روی کاغذ فیلتر قرار دهید. در انتها برای اندازه‌گیری کل تعداد نایلی‌ها محلول نایلی شمارش شده به ازای هر میلی‌لیتر را در حجم آب ضرب کنید. تعداد ناپلی در ظرف تفریخ، تقسیم بر تعداد سیست بر گرم درصد حجم را نشان می‌دهد.

معمولاً تولیدکنندگان سیست آریتما، تعداد سیست به ازای گرم را روی برچسب بسته‌بندی ذکر می‌کنند.

SanFrancisco Bay Brand, Inc.; 1988.

جدول ۳۱ـ اصلاح و بهبود کیفیت سیست آرتمیا در نتیجهٔ کپسول زدائی

(1980,Bruggema ;Vanhaecke و Sorgeloss,1983)

راندمان تفریخ	وزن خشک ناپلئوس(۱)	قدرت تفریخ(۱)	منبع سیست
+۲۳	+۷	+۱۵	خلیج سانفرانسیسکو، کالیفرنیا
+۱۴	+۲	+۱۲	ماکائو، برزیل
+۲۱	-۲	+۲۴	دریاچه بزرگ نمک، یوتا
+۱۰	+۶	+۴	خلیج کوسه، استرالیا
+۱۴۴	+۵	+۱۳۲	دریاچه چاپلین، کانادا
+۴۹	+۱۰	+۳۵	بوئنوس‌آیرس، آرژانتین
+۲	+۰	+۲	لاوالدوک، فرانسه
+۲	-۱	+۴	تاین- تسین، PR چین
+۱۹	+۸	+۱۰	مارگریتادی ساوویا ایتالیا
+۱۳	+۰	+۱۴	گالزا زامبا - کلمبیا
+۱۹	+۶	+۱۱	باروتاک نوئوو - فیلی‌پین
+۲۹	+۱	+۵۹	سیست آرتیمای منبع

(۱) درصد تفاوت با سیست‌های کپسوله

کارائی تفریخ *(HE)*: تعداد ناپلئوس بدست آمده از تفریخ یک گرم سیست آرتمیا

بازده تفریخ: وزن توده زندهٔ (بیوماس) کل ناپلئوس‌ها و انرژی تولید شده از یک گرم آریتما

J. P. McVey, CRC Handbook of Mariculture Volume I, Crustacean Aquaculture Copyright 1983, with permission of CRC Press, Boca Raton, FL.

جدول ۳۲ـ وزن خشک ناپلئوس آرتمیای تفریخ شده در شرایط استاندارد (شوری ۳۵ در هزار و دمای ۲۵) از منابع مختلف سیست آرتمیا

وزن خشک ناپلئوس (µg)	طول ناپلئوس (µg)	منبع سیست
۱/۶۳	۴۲۸	خلیج سانفرانسیسکو، کالیفرنیا (SFB)
۱/۷۴	۴۴۷	ماکائو، برزیل
۲/۴۲	۴۸۶	دریاچه بزرگ نمک، یوتا (GSL)
۲/۰۴	۴۷۵	دریاچه چاپلین؛ کانادا،
۱/۷۲	۴۳۱	بوئنوس‌آیرس، آرژانتین
۳/۰۸	۵۰۹	لاوالدوک، فرانسه
۳/۰۹	۵۱۵	تاین- تسین، PR چین
۳/۳۳	۵۱۷	مارگریتادی ساوویا
۱/۷۸	۴۴۸	سیست آرتیمای شاهد

Soorgeloos, et al.,J. P. McVey, CRC Handbook of Mariculture Volume I, Crustacean Aquaculture Copyright 1983, with permission of CRC Press, Boca

جدول ۳۳ـ اطلاعات مربوط به کارائی تفریخ، درصدتفریخ، نرخ و میزان تفریخ ($T_{.}$, $T_{۹۰}$)، بازده تفریخ، وزن خشک انفرادی و انرژی بدست آمده از ناپلئوس تفریخ شده در شرایط استاندارد (۳۵ درصد هزار شوری و دمای ۲۵^{oc}) از منابع مختلف سیست آرتمیا.

راندمان انرژی فایلی ژول‌به ازای‌گرم سیست	وزن ناپلئوس تفریخ‌شده از سیست‌به میلی‌گرم بر گرم	انرژی فردی ($۱۰^{-۳}$اژول)	وزن فردی (میکروگرم)	نرخ تفریخ $T_{۹۰}$ (ساعت)	درصدتفریخ $T_{.}$ (ساعت)	(H/٪) ناپلی‌به راندمان تفریخ به‌درصد	راندمان تفریخ جمع‌آوری گرم HE	شماره‌دسته یا سال	کشور
۹۷۸۰	۴۳۵/۵	۳۶۶	۱/۶۳	۲۰/۵	۱۵/۰	۷۱/۴	۲۶۷۲۰۰	۲۸۸ـ۲۵۹۶	خلیج سانفرانسیسکو
–	–	–	–	۲۳/۲	۱۶/۴	–	۲۵۹۲۰۰	۲۸۸ـ۲۶۰۶	=
–	–	–	–	۳۷/۶	۲۵/۸	–	۲۴۹۶۰۰	۲۳۶ـ۲۰۱۶	=
۱۱۱۲۰	۴۹۷/۷	۴۲۹	۱/۹۲	۲۰/۱	۱۳/۹	۸۴/۳	۲۵۹۲۰۰	۱۶۲۸	خلیج سان‌پابلو
۱۱۹۱۷	۵۲۹/۰	۳۹۲	۱/۷۴	۲۳/۷	۱۵/۷	۸۲/۰	۳۰۴۰۰۰	۸۷۱۱۷۲	برزیل
–	–	–	–	۲۹/۱	۱۶/۰	–	۱۸۲۴۰۰	۸۷۵۰۰	=
–	–	–	–	۲۱/۹	۱۶/۴	–	۲۹۷۶۰۰	May۱۹۷۸	=
۸۱۷۵	۳۵۹/۵	۳۸۲	۱/۶۸	۲۲/۰	۱۴/۷	۷۸/۰	۲۱۴۰۰۰	۱۹۷۸	خلیج بتی
۵۷۳۵	۲۵۶/۶	۵۴۱	۲/۴۲	۲۱/۷	۱۴/۱	۴۳/۹	۱۰۶۰۰۰	۱۹۷۷	دریاچه یوتا
۱۲۵۳۴	۵۳۷/۵	۵۷۶	۲/۴۷	۲۸/۱	۲۰/۳	۸۷/۵	۲۱۷۶۰۰	۱۱۴	استرالیا
۲۹۳۷	۱۳۳/۸	۴۴۸	۲/۰۴	۳۳/۰	۱۴/۳	۱۹/۵	۶۵۶۰۰	۱۹۷۸	کانادا
۷۳۳۷	۳۳۳/۰	۳۷۹	۱/۷۲	۲۲/۶	۱۶/۱	۶۲/۸	۱۹۳۶۰۰	۱۹۷۷	آرژانتین
۱۲۲۲۱	۵۶۱/۸	۶۷۰	۳/۰۸	۳۰/۵	۱۹/۵	۷۵/۸	۱۸۲۴۰۰	۱۹۷۹	فرانسه
۸۸۲۶	۴۰۰/۵	۶۸۱	۳/۰۹	۳۷/۲	۱۶/۰	۷۳/۵	۱۲۹۶۰۰	۱۹۷۸	چین
۹۹۷۶	۴۵۸/۲	۷۲۵	۳/۳۳	۲۵/۳	۱۸/۷	۷۷/۲	۱۳۷۶۰۰	۱۹۷۷	ایتالیا
–	۸۵۰۳	۳۷۵/۶	۴۰۳	۱/۷۸	۳۲/۲	۱۸/۰	۴۵/۷	۲۱۱۰۰۰	شاهد

کارائی تفریخ *(HE)* : تعداد ناپلئوس بدست آمده از تفریخ یک گرم سیست آریتما
درصد تفریخ: تعداد ناپلئوس‌های تفریخ شده نسبت به کل سیست‌های مورد استفاده
$T_{.}$: زمان مورد استفاده برای ظهور اولین ناپلئوس بدست آمده از تفریخ سیست
$T_{۹۰}$: مدت زمانی که ۹۰٪ از سیست‌های آرتمیا به ناپلئوس تفریخ می‌گردند.
ماده تفریخ: بیوس کل ناپلئوس‌ها و انرژی حاصل از یک گرم از سیست آرتمیا

J. P. McVey, CRC Handbook of Mariculture Volume I, Crustacean Aquaculture Copyright 1983, with permission of CRC Press, Boca Raton, FL

جدول ۳۴ـ اطلاعات تغذیه‌ای و بیوشیمیایی برای ناپلئوس آرتیما سالیناکه بتازگی تفریخ شده‌اند

ترکیبات بیوشیمیایی انتخابی	
مقدار	ترکیب
۱/۴۸	وزن خشک انفرادی *(mg)*
۱۱/۲۸	وزن خاکستر (٪از وزن خشک)
۱۳/۷	**کل چربی (٪از وزن خشک)**
۱۰/۹	اسیدهای چرب (٪از وزن خشک)
۵/۵۰۳	میزان کالری یک گرم وزن خشک بدون خاکستر
۷/۳۰	میزان کالری فردی *(µcal)*
ترکیبات شیمیائی انتخابی(۲)	
۹۰/۸۵	آب (٪از وزن تر)
۹/۱۵	ماده خشک (٪از وزن تر)
۲۷/۵	**کربن (٪از وزن خشک)**
۸/۰۹	نیتروژن (٪از وزن خشک)
۱/۲۴	**فسفر (٪از وزن خشک)**
دامنهٔ اسیدهای آمینه ضروری در منابع پروتئین(۳) (گرم در ۱۰۰ گرم پروتئین)	
۴/۸ـ۶/۰	**ترئونین**
۳/۱ ـ۵/۵	**والین**
۲/۲ـ۳/۷	**میتونین**
۴/۹ـ۶/۸	ایزولوسین
۷/۹ـ۱۰/۱	**لوسین**
۵/۱ـ۱۰/۴	فنیل‌آلانین
۲/۷ـ۴/۹	**هیستیدین**
۸/۷ـ۱۱/۷	**لیزین**
۹/۷ـ۱۱/۵	آرژینین

ادامه جدول ۳۴

دامنهٔ اسیدهای چرب انتخابی (میلی‌گرم در گرم وزن خشک چربی)	
۱۸:۰	۲/۷۹_۶/۸۳
۱۸:ω۱۹	۲۶/۹۷_۳۱/۲
۱۸:۲ω۶	۳/۶۹_۹/۵۹
۱۸:۳ω۳	۴/۸۷_۳۳/۵۹
۱۸:۴ω۳	۰/۹۶_۴/۸۸
۲۰:۱ω۹	۰/۳۵_۰/۵۲
۲۰:۲ω۶/ω۹	۰/۰۶_۰/۲۴(۵)
۲۰:۳ω۶	۰/۰۵_۲/۷۶
۲۰:۳ω۳/ω۲۰:۴ω۶	۱/۴۸_۲/۶۹(۵)
۲۰:۵ω۳	۱/۶۸_۱۳/۶۳
۲۲:۶ω۳	۰/۰۶_۰/۲۶(۵)

Corbin, J. et al., In: J.McVey (ed), CRC Handbook of Mariculture Volume I, Crustacean Aquaculture Copyright 1983, with permission of CRC Press, Boca

جدول ۳۵ـ جیرهٔ غذائی برای غنی‌سازی و تولید آرتیما

جیره غذائی آرتمیا گرم به ازای ۱۰۰گرم‌جیره‌غذایی	مخلوط غنی‌سازنده گرم به ازای ۱۰۰گرم‌جیره‌غذایی	مواد افزودنی
ـ	۶۹	ماهی اتولیز شده
۷۹/۴	ـ	مخمر آبجوسازی
۳/۶	۱۱	مخلوط ویتامینی
۱۰	۱۰	روغن کبد روغن ماهی(۱)
۲	۴	کولین (۵۰٪)
۱	۲	دی -ال متیونین
۲	۴	مخلوط مواد معدنی
غلظت		مخلوط ویتامینی
۲۰۰ *IU/g*		ویتامین *A*
۷۰۰ *IU/g*		ویتامین D_3
۲۰ *IU/g*		ویتامین *E*
۳ *mg/g*		ویتامین *K*
۷ *mg/g*		ریبوفلاوین
۴ *mg/g*		پیرودی اکسین
۳۰۰ *mg/g*		اسید آسکوربیک
۳ *mg/g*		اسید فولیک
۰/۴ *mg/g*		ویتامین B_{12}
۴۰۰ *mg/g*		اینوزیتول
۱ـ۲ *mg/g*		بیوتین
۱۵ *mg/g*		کاپانتوتنات
۵۰ *mg/g*		نیاسین
۶ *mg/g*		*B.H.T*
۲۲/۹ *mg/g*		$CaHPO_4$

ادامه جدول ۳۵

مخلوط مواد معدنی	گرم در ۱۰۰گرم از مخلوط
$CaHPO_4$	۵۰
$CaCl_2$	۲۱/۵
$MgCO_3$	۱۲/۴
KCl	۹
$NaCl$	۴
$FeSO_4.H_2O$	۲
$ZnSO_4.7H_2O$	۱/۶
$CuSO_4.5H_2O$	۰/۳
$MnSO_4.H_2O$	۰/۳
NaF	۰/۱
$Na_2SeO_3.H_2O$	۰/۰۱
KI	۰/۰۰۴
$CoSO_4.7H_2O$	۰/۰۰۲

zppt $PP^{+(1)}$ ویتامین *E* به روغن اضافه شده است

J.M.McVey, CRC Handbook of Mariculture Volume II, Finfish Aquaculture Copyright 1991, with permission of CRC Press, Boca Raton, FL

جدول ۳۶ـ درصد ترکیبات تشکیل دهندهٔ اسیدهای چرب اصلی در آرتمیای پرورشی

اطلاعات بعنوان درصدی از کل اسیدچرب متیل استر برای هر نمونه است

اسیدچرب								
۲۰:۵ω۳	۱۸:۳ω۳	۱۸:۲ω۶	۱۸:۱ω۹[۵]	۱۶:۱ω۷[۷]	۱۶:۰	منبع غذایی	آرتمیا
۱۲/۷	۳/۹	۲/۸	۳۰/۶	۱۹/۴	۱۵/۵	کیتوسروس(۴)	خلیج سانفرانسیسکو
جیره میکروکپسول							
۱/۶	۷/۰	۸/۲	۴۳/۲	۶/۸	۱۳/۶	چربی آزاد	=
۹/۲	۶/۹	۷/۸	۴۳/۷	۷/۲	۹/۴	روغن کبد ماهی کاد	=
۸/۰	۶/۳	۵/۵	۴۰/۱	۵/۶	۹/۴	انواع روغنها	=
۳/۴	۷/۵	۲۰/۷	۳۵/۱	۲/۹	۱۲/۴	روغن سویا	=
۲/۳	۷/۹	۲۲/۸	۲۸/۹	۶/۹	۹/۶	عصارهٔ آرد گندم	=
۲/۲	۴/۵	۲۶/۱	۳۴/۳	۴/۹	۲۴/۴	عصارهٔ سبوس برنج	=
۷/۷	۱۱/۲	۱۰/۱	۲۳/۴	۴/۰	۱۲/۸	عصارهٔ برنج آسیاب‌شده	=
۰/۸	۱/۷	۲۱/۶	۳۳/۶	۱۰/۹	۱۵/۲	سبوس برنج	=
۹/۲	۱/۲	۹/۱	۳۶/۴	۱۴/۴	۱۲/۲	سبوس برنج + روغن کبد ماهی کاد	=
۱/۶	۴/۸	۱۶/۵	۳۰/۲	۹/۰	۱۴/۴	سبوس برنج	=
۸/۸	۴/۱	۶/۲	۳۲/۸	۱۰/۷	۱۱/۰	سبوس برنج + روغن کبد ماهی کاد	دریاچه یوتا
۲/۲	۱/۶	۳۲/۰	۳۹/۵	۵/۸	۱۰/۶	ذرت	=
۱/۳	۰/۹	۸/۰	۳۲/۹	۱۱/۳	۱۴/۱	مغز نارگیل	=
۱/۲	۱/۹	۲۹/۱	۳۹/۱	۶/۷	۱۱/۹	سبوس برنج	=
۱/۰	۳/۵	۳۳/۱	۳۷/۳	۴/۲	۸/۹	سویا	=
۱۸/۶	۰/۹	۵/۳	۱۷/۲	۲۲/۵	۱۱/۷	کیتوسروس	=
۴/۷	۲۰/۲	۱۳/۴	۲۷/۳	۲/۴	۱۴/۷	دونالی‌الا	=
۰/۵	۱/۵	۳۵/۸	۳۳/۱	۶/۱	۱۲/۳	محصولات جانبی ذرت A	=
۱/۱	۲/۱	۲۷/۴	۳۱/۲	۹/۶	۱۲/۰	محصولات جانبی ذرت B	=
۱۲/۰	۰/۵	۰/۷	۱۸/۴	۴۴/۹	۱۱/۶	کیتوسروس	—
۴/۶	۱۱/۹	۷/۷	۱۴/۰	۴/۴	۱۲/۰	کلامیدوموناس	—
۱۷/۳	۴/۴	۶/۵	۱۷/۸	۱۳/۴	۱۲/۹	مونوکدیسیس	—
۱۱/۰	۹/۲	۱۰/۰	۲۱/۶	۹/۲	۹/۸	فائوداکتیلوم	—
۹/۲	۱۳/۹	۶/۵	۱۴/۷	۵/۰	۱۲/۰	پلاتی‌موناس	—

(۱) خلیج سان فرانسیسکو، *CA-USA*

(۲) دریاچهٔ نمک، *UT-USA*

(۳) منبع مشخص نشده است.

P. Sorgeloos, et al., Manual for the Culture and Use of Brine Shrimp Artemia in Aquaculture; 1986

جدول ۳۷ـ میانگین تقریب ترکیبات موجود در بی‌مهرگان انتخابی (برحسب درصد وزنی) که به‌عنوان غذا مورد استفاده قرار می‌گیرند

شماره	میانگین ترکیبات بر حسب درصد وزنی									
منابع	فسفر	کلسیم	خاکستر	نیتروژن	فیبرخام	پدید	پروتئین خام	آب	بی‌مهرگان	
روتیفرها										
Brchionus plicatilis										
(۱)	۰/۱۲۷	۰/۰۱۵	۰/۷	–	–	۱/۸	۶/۲	۹۰/۷	پرورش یافته روی فیبر	
(۱)	۰/۱۳۸	۰/۰۱۶	۰/۵	–	–	۲/۴	۷/۷	۸۸/۷	پرورش یافته روی خمیر + کلورا	
(۱)	۰/۱۴۲	۰/۰۱۶	۰/۷	–	–	۳/۹	۷/۹	۸۶/۹	پرورش یافته روی کلورا	
	۰/۱۳۰	۰/۰۱۵	۰/۵	–	–	۴/۶	۷/۲	۸۶/۸		
Artemia Salina	میگوی آب شور									
(۱)	۰/۷۴	۰/۲۴	۱۱/۵	–	–	۷/۲	۵۱/۱	–	تخم‌ها	
(۱)	۰/۱۴	۰/۰۳	۱/۱	–	–	۲/۱	۶/۷	۸۹/۰	(پس‌ازتخم‌گشایی) لارو (وزن خشک)	
(۱)	–	–	۹/۷	۱۴/۸		۱۸/۹	۵۲/۲	–	(پس‌ازتخم‌گشایی) لارو (وزن‌تر)	
(۱)	–	–	۱۶/۶	–	–	۱۳/۲	۵۴/۶	–	(وزن خشک) و بالغ	
(۱)	–	–	۱۷/۸	۱۲/۱		۱۱/۱	۵۸/۴	–	(وزن خشک) بالغ	
(۱)	–	–	۱۵/۶	۱۷/۵		۴/۰	۴۴/۳	۱۸/۷	گوشت میگوی آب شور	
کوپه پود دریایی										
Tigriopus japonicas										
(۱)	۰/۱۸	۰/۰۱	–	–	–	۲/۹	۸/۸	۸۷/۲	پرورش‌یافته در شرایط طبیعی	
(۱)	۰/۱۲	۰/۰۱	–	–	–	۱/۳	۸/۶	۸۹/۰	پرورش روی خمیر	
(۱)	۰/۱۶	۰/۰۲	–	–	–	۳/۳	۸/۲	۸۷/۹	پرورش روی خمیر	
(۱)	–	–	۱/۲	–	۰/۴	۱/۰	۳/۰	۹۴/۰	دافنی	
(۱)	۰/۱۵	۰/۰۲	۰/۷	–	–	۱/۴	۷/۵	۸۹/۳	دافنی	
(۱)	–	–	۰/۴	–	۰/۵	۱/۹	۴/۴	۹۲/۴		

ادامه جدول ۳۷

بی‌مهرگان متفاوت آب شیرین									
	۸۵/۹	۵/۷	۱/۵	۱/۰	–	۴/۰	–	–	(۲)
نیمف	۸۶/۵	۷/۹	۱/۸	۱/۳	–	۰/۸	–	–	(۱)
حشرهٔ در	۸۶/۴	۴/۷	۲/۹	۱/۰	–	۰/۶	–	–	(۱)
	۷۸/۹	۱۲/۲	۵/۷	۲/۵	–	۰/۷	–	–	(۱)
کرم قرمز	۸۷/۱	۸/۱	۲/۰	–	۱/۹	۰/۹	–	–	(۱)
حلزون رودخانه‌ای									
تمام حلزون	۳۶/۸	۵/۷	۰/۷	–	۲/۰	۵۴/۸	–	–	(۱)
گوشت حلزون	۷۸/۴	۱۲/۲	۱/۴	–	۴/۳	۳/۷	–	–	(۱)
ماهیهای آب شیرین	۷۹/۶	۱۸/۴	۰/۸	–	–	۱/۲	–	–	(۱)
بی‌مهرگان متفاوت دیگر									
	۸۱/۸	۱۲/۶	۰/۶	–	–	۲/۵	–	–	(۱)
	۸/۱	۷۴/۸	۸/۸	۰/۰	۴/۹	۳/۴	–	–	(۱)
کریل	۸۲/۰	۶/۰	۵/۰	-.	–	۵/۰	۰/۴۶	۰/۲۹	(۱)
خرچنگ									
	۶/۵	۳۱/۰	۲/۱	۱۰/۶	۱۳/۷	۳۶/۱	۱۶/۲۸	۱/۵۴	(۲)
پروتئین متراکم	۱۰/۰	۶۰/۵	-/۴	–	–	۶/۸	۰/۰۹	۰/۶۰	(۱)
گوشت میسید میگو	۱۰/۴	۶۸/۲	۲/۴	۵/۰		۱۴/۰	–	–	(۱)
	۱۴/۰	۴۶/۹	۳/۲	۴/۲	–	۱۳/۱	۲/۹۶	۱/۰۷	(۱)
گراوفیش	–	۳۶/۰	۳/۷	۱۳/۶	–	۴۲/۲	۱۵/۸۰	۰/۹۵	(۱)
گوشت میگو	۱۰/۰	۴۰/۶	۲/۶	۱۴/۲	۲/۶	۳۰/۰	۹/۷۰	۱/۵۷	(۶)
سر میگو	–	۵۸/۲	۸/۹	۱۱/۱	–	۲۲/۶	۷/۲۰	۱/۶۸	(۱)
پوسته میگو	–	۴۵/۹	۰/۴	۲۷/۲	–	۳۱/۷	۱۱/۱۰	۳/۱۶	(۱)
سر میگوی تازه	۸۱/۰	۱۴/۱	۱/۴	–	–	۳/۵	۱/۰۸	۰/۳۰	(۱)
سر میگوی خشک	۷/۰	۶۹/۰	۶/۸	–	–	۱۷/۱	۵/۲۹	۱/۴۷	(۱)

A.G.J Tacon, Standard Methods for the Nutrition of Farmed Fish and Shrimp; 1990. with Permission of Argent Laboratories, Inc.

جدول ۳۸ـ میانگین تقریبی ترکیبات غذایی در ارگانیزم‌های بی‌مهره انتخابی

	میانگین ترکیبات (برحسب درصد وزنی)								
	آب	پروتئین خام	لیپید	فیبرخام	نیتروژن	خاکستر	کلسیم	فسفر	
کریل	۸۲/۰	۶/۰	۵/۰	ـ	ـ	۵/۰	۰/۴۶	۰/۲۹	(۱)
خرچنگ									
Process residue	۶/۵	۳۱/۰	۲/۱	۱۰/۶	۱۳/۷	۳۶/۱	۱۶/۲۸	۱/۵۴	(۲)
پروتئین متراکم	۱۰/۰	۶۰/۵	۰/۴	ـ	ـ	۶/۸	۰/۰۹	۰/۶۰	(۱)
گوشت میزیس میگو	۱۰/۰	۶۸/۲	۲/۴		۵/۰	۱۴/۰	ـ	ـ	(۱)
Sergestid shrimp	۱۴/۰	۴۶/۹	۳/۲	۴/۲	ـ	۱۳/۱	۲/۹۶	۱/۰۷	(۱)
گرافیش	ـ	۳۶/۰	۳/۷	۱۳/۶	ـ	۴۲/۲	۱۵/۸۰	۰/۹۵	(۱)
گوشت میگو	۱۰/۰	۴۰/۶	۲/۶	۱۴/۲	۲/۶	۳۰/۰	۹/۷۰	۱/۵۷	(۶)
سر میگو	ـ	۵۸/۲	۸/۹	۱۱/۱	ـ	۲۲/۶	۷/۲۰	۱/۶۸	(۱)
پوسته میگو	ـ	۴۵/۹	۰/۴	۲۷/۲	ـ	۳۱/۷	۱۱/۱۰	۳/۱۶	(۱)
سر میگوی تازه	۸۱/۰	۱۴/۱	۱/۴	ـ	ـ	۳/۵	۱/۰۸	۰/۳۰	(۱)
سر میگوی خشک	۷/۰	۶۹/۰	۶/۸	ـ	ـ	۱۷/۱	۵/۲۹	۱/۴۷	(۱)
بی‌مهرگان خشکی									
حلزون آفریقایی									
گوشت حلزون خشک	۱۱/۱	۴۵/۶	۲/۴	ـ	ـ	۷/۰	۰/۷۳	۰/۴۸	(۱)
گوشت حلزون	۰/۰	۶۹/۹	۶/۱	۴/۵	۱۸/۹	۹/۶	۲/۰	۰/۸۴	(۱)
حلزون (پوسته)	۰/۰	۲/۸	۱/۰	ـ	ـ	۵۴/۵	۳۶/۱	۰/۱۴	(۱)
تمام حلزون	۰/۰	۱۶/۱	۲/۰	ـ	ـ	۴۶/۰	۳۱/۱	۰/۳۲	(۱)
حلزون اروپائی									
گوشت حلزون	۷۸/۵	۱۴/۶	۰/۷	ـ	ـ	۱/۴	ـ	ـ	(۱)
گوشت حلزون تازه	۸۰/۳	۱۲/۹	۰/۶	ـ	ـ	۱/۸	ـ	ـ	(۱)
گوشت حلزون خشک	۵/۷	۶۲/۷	۷/۵	ـ	ـ	۷/۸	ـ	ـ	(۱)

ادامه جدول ۳۸

کرم سیلک									
پوپا ـ تازه	۷۴/۹	۱۳/۷	۸/۳	۱/۱	۰/۹	۱/۱	۰/۰۳	۰/۱۸	(۳)
پوپا ـ خشک	۱۰/۰	۵۵/۹	۲۴/۵	–	–	۱/۹	–	–	(۱)
پوپا ـ استخراج به صورت محلول	۷/۹	۷۲/۰	۱/۲	۶/۷	۶/۰	۶/۲	۰/۱۴	۱/۰۶	(۳)
LOCUST									
تماماً تازه	۶۸/۲	۲۲/۱	۳/۰	۴/۰	۰/۳	۲/۴	–	–	(۲)
تماماً خشک شده	۱۰/۵	۴۶/۲	۹/۷	۱۲/۰	–	–	–	–	(۱)
SOLDLER FLY									
مرحله لاروی	۷/۹	۴۲/۱	۳۴/۸	۷/۰	–	۱۴/۶	۵/۰	۱/۵	(۱)
کرم									
Eisenia foetida	۸۳/۳	۹/۸	۱/۵	–	–	۲/۹	–	–	(۱)
Eisenia foetida	۷/۴	۵۶/۴	۷/۸	۱/۶	۱۸/۰	۸/۸	۰/۴۸	۰/۸۷	(۱)
Eudrilus eugenige	۸۵/۳	۸/۹	۱/۸	–	–	۱/۵	۰/۲۲	۰/۱۳	(۱)
Eudrilus eugenige	۰/۰	۶۰/۴	۱۲/۰	–	–	۱۰/۵	۱/۴۹	۰/۸۹	(۱)
Dendrodrilus subrubicundu	۹/۱	۶۵/۱	۹/۶	–	–	۱۳/۰	۰/۱۸	–	(۱)
Allolophora longa	۷۸/۳	۱۰/۹	۰/۳	–	–	۷/۶	–	–	(۱)
Lumbricus terrestris	۸۱/۱	۱۰/۶	۰/۴	–	–	۵/۴	–	–	(۱)

A.G.J Tacon, Standard Methods for the Nutrition of Farmed Fish and Shrimp; 1990. with Permission of Argent Laboratories, Inc.

جدول ۳۹ـ میانگین اسیدهای امینه ضروری EEA وترکیبات غذایی بی‌مهرگان انتخاب شده. تمام ارزشها براساس وزنی بیان شده‌اند

میانگین اسیدهای آمینه ضروری

بی‌مهرگان	آرژنیک	سیستین	میتوتین	تریپتوفان	ایزولوسین	سوسین	لیزین	والنی	تیرین	تریتوفان	فنیل‌آلانین	هیستیدین	
روتیفر	۶/۳	۱/۱	۱/۲	۴/۷	۴/۸	۸/۲	۸/۲	۵/۵	۴/۲	۱/۶	۵/۳	۲/۱	(۱)
میگوی آب شور													
مرحله نوپلی	۷/۳	۰/۶	۱/۳	۲/۵	۳/۸	۸/۹	۸/۹	۴/۷	۵/۴	۱/۵	۴/۷	۱/۹	(۱)
مرحله نوپلی سه روزه	۶/۵	۱/۱	۲/۳	۴/۸	۴/۸	۷/۶	۸/۰	۵/۱	۷/۸	ـ	۵/۷	۳/۶	(۱)
بالغین	۶/۵	۲/۲	۲/۷	۴/۶	۵/۳	۸/۰	۷/۶	۵/۴	۴/۵	۱/۰	۴/۷	۱/۸	(۱)
گوشت‌آب شور	۶/۸	۱/۳	۲/۳	۴/۹	۵/۱	۸/۶	۷/۴	۵/۳	۴/۶	ـ	۵/۳	۲/۲	(۱)
کوپه‌پودها	۵/۶	۱/۰	۲/۰	۵/۵	۴/۶	۷/۲	۷/۱	۵/۹	۴/۷	۱/۴	۴/۸	۲/۵	(۱)
کوپه پودا	۶/۹	۰/۹	۱/۵	۵/۰	۳/۳	۶/۶	۷/۵	۴/۳	۵/۳	۱/۵	۴/۶	۲/۱	(۱)
کوپه پودا	۷/۰	۰/۸	۱/۴	۵/۲	۳/۴	۸/۳	۸/۰	۴/۴	۴/۵	۱/۶	۴/۹	۲/۲	(۱)
ناجورپایان	۲/۵	۰/۴	۰/۸	۲/۰	۱/۷	۳/۰	۲/۸	۲/۲	۳/۲	ـ	۱/۹	۱/۱	(۱)
حلزون	۴/۹	۰/۶	۱/۰	۲/۸	۲/۶	۴/۶	۴/۳	۳/۱	۲/۴	ـ	۲/۶	۱/۴	(۱)
خرچنگ	۱/۷	۰/۲	۱/۱	۱/۲	۱/۶	۱/۴	۱/۵	۱/۲	۰/۳	۱/۲	۰/۵	(۱)	
خرچنگ	۵/۵	<۰/۱	۰/۸	۳/۵	۳/۴	۵/۳	۳/۶	۵/۰	۴/۸	ـ	۵/۱	۲/۳	(۱)
اسکوید، ماهی مرکب	۷/۲	۰/۷	۲/۹	۵/۱	۴/۹	۷/۷	۸/۰	۴/۴	۳/۸	ـ	۵/۶	۲/۱	(۱)
میگوی میزیس	۶/۵	۱/۲	۳/۱	۵/۶	۰/۵	۷/۳	۸/۶	۵/۳	۴/۵	ـ	۵/۰	۲/۵	(۱)
حلزون گردن کوتاه	۷/۷	۱/۳	۲/۶	۴/۸	۳/۴	۶/۹	۷/۳	۴/۲	۳/۹	۱/۳	۳/۸	۲/۲	(۱)
گوشت میگو، آبگیری شده	۲/۵	۰/۶	۰/۸	۱/۴	۱/۷	۲/۷	۲/۲	۱/۸	۱/۳	۰/۴	۱/۶	۱/۰	(۱)
گوشت میگو	۶/۹	۱/۷	۳/۱	۴/۷	۳/۶	۸/۳	۶/۷	۴/۸	۴/۰	۱/۴	۵/۰	۲/۱	(۱)
گوشت سر میگو	۶/۸	۲/۴	۱/۷	۴/۳	۶/۳	۶/۸	۹/۳	۶/۹	۳/۷	۰/۶	۴/۷	۲/۳	(۱)
میگو	۴/۶	۰/۲	۱/۶	۲/۳	۲/۵	۴/۹	۴/۴	۲/۷	۲/۰	ـ	۲/۵	۱/۰	(۱)
میگو، تمام تستها، خشک	۸/۲	۰/۴	۳/۰	۴/۱	۴/۵	۸/۸	۸/۰	۴/۸	۳/۶	ـ	۴/۶	۱/۸	(۱)
کرمهای اولیگوفت خشکی													+
E.eugenige	۱/۷۳	۰/۲۳	۰/۷۷	۱/۳۷	۰/۹۹	ـ	۱/۸۳	۱/۱۵	۱/۰۱	ـ	۱/۱۹	۰/۴۰	(۱)
E. foetida	۲/۷۳	۰/۳۴	۱/۳۶	۲/۷۲	۲/۰۱	۴/۰۳	۳/۱۷	۲/۲۶	۱/۶۸	۰/۳۵	۱/۹۳	۱/۴۴	(۱)
A. longa	۳/۱۵	۰/۳۰	۰/۵۰	۲/۱۱	۲/۲۴	۳/۵۷	۳/۴۳	۲/۴۶	۱/۹۹	ـ	۲/۶۵	۱/۰۱	(۱)
D.subricunda	۳/۳۹	۰/۳۵	۱/۲۹	۲/۵۰	۱/۷۲	۳/۸۶	۳/۲۵	۱/۸۹	۱/۷۹	۰/۵۷	۲/۱۵	۱/۳۹	(۱)
L.rubellus	۳/۶۸	۰/۳۹	۱/۳۱	۲/۷۷	۱/۹۷	۴/۱۷	۳/۸۶	۲/۲۶	۱/۹۵	۰/۴۶	۱/۸۸	۱/۲۹	(۱)
L.terrestris	۳/۱۷	۰/۳۲	۱/۱۱	۲/۸۴	۲/۲۰	۴/۱۱	۳/۲۵	۲/۳۰	۱/۷۸	۰/۴۴	۲/۰۲	۱/۳۸	(۱)

A.G.J Tacon, Standard Methods for the Nutrition of Farmed Fish and Shrimp; 1990. with Permission of Argent Laboratories, Inc.

جدول ۴۰ـ میانگین ترکیبات اسیدهای آمینه ضروری در تولیدات جانبی حیوانات

فرآورده	ARG	CYT	MET	THR	ISO	LEU	LYS	VAL	TYR	TRY	PHE	HIS	شماره منابع (۱)
مرغداری													
جوجه مرغ													
تخم‌مرغ‌کامل	۰/۷۶	۰/۲۹	۰/۴۰	۰/۶۱	۰/۷۶	۱/۰۷	۰/۸۳	۰/۸۶	۰/۵۰	۰/۱۹	۰/۷۰	۰/۳۰	(۲)
تخم‌مرغ‌کامل	۲/۹۴	۱/۰۹	۱/۴۸	۲/۲۶	۲/۸۷	۴/۰۳	۳/۱۰	۳/۳۰	۱/۹۱	۰/۷۳	۲/۵۹	۱/۱۰	(۱)
سفید تخم‌مرغ	۰/۶۳	۰/۲۷	۰/۴۴	۰/۵۳	۰/۵۷	۰/۹۲	۰/۷۴	۰/۵۴	۰/۳۹	۰/۱۸	۰/۶۶	۰/۲۶	(۱)
سفید تخم‌مرغ	۴/۵۱	۱/۹۱	۳/۰۰	۳/۴۴	۴/۷۱	۶/۷۳	۴/۷۷	۵/۷۹	۳/۱۰	۱/۱۹	۴/۸۹	۱/۷۶	(۱)
پوسته تخم	۰/۶۷	۰/۸۹	۰/۲۳	۰/۴۴	۰/۳۳	۰/۴۵	۰/۳۲	۰/۵۱	۰/۲۲	–	۰/۲۰	۰/۲۸	(۱)
آرد مرغی	۳/۸۰	۰/۹۶	۱/۰۵	۱/۹۸	۲/۳۵	۴/۲۰	۲/۷۳	۲/۷۵	۰/۹۴	۰/۵۰	۱/۸۲	۱/۳۰	(۲)
آردهیدرولیزشده	۵/۹۰	۳/۰۸	۰/۵۳	۳/۷۶	۳/۷۶	۷/۳۲	۱/۷۲	۵/۹۶	۲/۳۳	۰/۶۵	۳/۳۱	۰/۶۱	(۳)
کشتارگاه													
پودرگوشت‌باخون	۳/۵۹	۰/۴۸	۰/۷۶	۲/۳۶	۱/۹۲	۵/۱۱	۳/۷۶	۳/۹۸	۱/۲۹	۰/۶۵	۳/۸۲	۱/۸۶	(۲)
پودر گوشت	۳/۶۵	۰/۶۷	۰/۷۳	۱/۷۲	۱/۸۲	۳/۳۵	۳/۱۱	۲/۵۶	۰/۹۶	۰/۳۵	۱/۸۶	۱/۰۳	(۲)
پودراستخوان باگوشت	۳/۷۲	۰/۲۰	۰/۶۹	۱/۴۹	۱/۲۱	۲/۶۵	۲/۶۶	۱/۹۹	۱/۲۴	۰/۳۰	۱/۴۹	۰/۹۱	(۲)
پودراستخوان باگوشت	۳/۴۹	۰/۳۹	۰/۶۴	۱/۷۲	۱/۶۳	۳/۲۱	۲/۷۲	۲/۳۹	۱/۱۳	۰/۲۹	۱/۷۹	۱/۱۰	(۵)
پودر خون	۳/۱۸	۱/۲۱	۱/۰۰	۳/۸۸	۰/۸۹	۱۰/۷۷	۶/۱۱	۷/۰۱	۲/۱۸	۱/۰۵	۵/۷۴	۴/۲۱	(۵)
پودر کبد	۴/۰۴	۰/۹۴	۱/۲۲	۲/۴۹	۳/۱۰	۵/۳۱	۵/۲۱	۴/۱۵	۱/۷۰	۰/۶۹	۲/۹۲	۱/۴۸	(۱)
پودرکبدوشش	۳/۵۲	۱/۰۵	۱/۰۹	۲/۳۳	۳/۰۲	۵/۲۳	۴/۳۶	۳/۵۳	۱/۶۲	۰/۵۳	۳/۰۰	۱/۴۴	(۱)
فرآورده‌های شیر													
سرشیر	۰/۹۲	۰/۴۰	۰/۶۲	۱/۰۳	۱/۳۳	۲/۵۷	۲/۲۶	۱/۷۴	۱/۳۳	۰/۴۱	۱/۳۳	۰/۷۲	(۲)
سرشیر	۱/۰۸	۰/۳۷	۰/۸۷	۱/۵۷	۲/۲۳	۳/۲۳	۲/۵۱	۲/۲۲	۰/۹۳	۰/۴۱	۱/۶۰	۰/۹۲	(۳)
کازئین	۳/۴۰	۰/۳۰	۲/۷۰	۳/۸۰	۵/۷۰	۸/۷۰	۷/۰۰	۶/۸۰	–	۱/۰۰	۴/۶۰	۲/۵۰	(۱)
کره	۱/۰۹	۰/۳۸	۰/۷۱	۱/۵۶	۲/۵۶	۳/۳۱	۲/۳۴	۲/۶۹	۱/۰۰	۰/۵۰	۱/۴۸	۰/۸۷	(۲)
آب‌پنیر	۰/۳۷	۰/۳۰	۰/۳۰	۰/۸۵	۰/۸۵	۱/۱۹	۱/۰۲	۰/۶۹	۰/۲۵	۰/۱۹	۰/۳۸	۰/۱۹	(۲)
آب‌پنیر	۰/۵۹	۰/۵۰	۰/۴۹	۰/۶۱	۱/۰۱	۱/۶۲	۱/۴۴	۰/۹۱	۰/۴۶	۰/۳۱	۰/۶۳	۰/۳۰	(۲)
بقایای فرآورده‌های لبنی	۱/۲۳	۰/۴۶	۰/۳۲	۱/۴۳	۱/۰۴	۱/۷۸	۱/۰۴	۱/۴۲	۰/۷۳	–	۱/۱۱	۰/۳۹	(۱)

ادامه جدول ۴۰

فرآورده‌های ماهی														
ماهی تازه	۱/۰۶	۰/۲۲	۰/۵۳	۰/۸۶	۰/۹۰	۱/۴۴	۱/۷۱	۱/۱۵	۰/۶۸	۰/۲۱	۰/۷۳	۰/۶۶	(۱)	
مارماهیان	۱/۱۳	۰/۲۲	۰/۵۲	۰/۸۹	۰/۸۶	۱/۶۱	۱/۵۰	۱/۰۵	۰/۷۸	۰/۲۰	۰/۷۵	۰/۴۱	(۱)	
منقارماهیان	۰/۹۶	۰/۲۷	۰/۴۴	۰/۸۳	۰/۷۶	۱/۲۵	۱/۶۷	۰/۸۵	۰/۵۸	۰/۲۲	۰/۵۸	۰/۸۱	(۱)	
شگ‌ماهیان	۱/۲۶	۰/۲۴	۰/۶۲	۱/۰۲	۱/۷۶	۱/۰۵	۱/۸۰	۱/۲۲	۰/۷۷	۰/۲۱	۰/۹۲	۰/۶۱	(۱)	
آزادماهیان	۱/۰۱	۰/۱۸	۰/۴۶	۰/۷۸	۰/۸۱	۱/۲۵	۱/۶۰	۰/۹۵	۰/۵۴	۰/۱۹	۰/۶۷	۰/۵۴	(۱)	
کپورماهیان	۱/۱۶	۰/۲۲	۰/۶۶	۰/۷۸	۰/۸۳	۱/۴۳	۱/۵۹	۱/۱۶	۰/۵۹	۰/۱۸	۰/۶۴	۰/۴۶	(۱)	
چربی ماهیان	۱/۱۲	۰/۱۹	۰/۵۷	۰/۸۷	۰/۷۹	۱/۴۵	۱/۷۰	۰/۸۸	۰/۶۶	–	۰/۸۶	۰/۵۰	(۱)	
کفال ماهیان	۱/۱۱	۰/۱۹	۰/۴۷	۰/۹۱	۰/۹۱	۱/۴۴	۱/۸۱	۱/۰۵	۰/۵۴	۰/۱۸	۰/۷۰	۰/۵۵	(۱)	
سوف‌ماهیان	۱/۳۷	۰/۲۹	۰/۶۵	۱/۰۶	۱/۱۹	۱/۸۳	۲/۳۲	۱/۷۸	۰/۹۶	۰/۳۲	۰/۹۱	۱/۳۴	(۱)	
سوف‌ماهیان	۰/۸۶	۰/۲۰	۰/۴۸	۰/۷۱	۰/۷۹	۱/۲۱	۱/۶۰	۱/۱۰	۰/۶۳	۰/۱۸	۰/۶۳	۰/۶۰	(۱)	
پهن‌ماهیان	۱/۰۳	۰/۱۳	۰/۳۹	۰/۷۹	۰/۸۲	۱/۳۴	۱/۶۳	۰/۹۱	۰/۶۲	۰/۲۲	۰/۶۵	۰/۴۶	(۱)	
آرد ماهی														
آبخور	۳/۶۷	۰/۶۱	۱/۹۴	۲/۷۸	۲/۹۹	۴/۹۸	۵/۰۸	۳/۵۲	۲/۱۷	۰/۷۶	۲/۶۳	۱/۵۲	(۴)	
هرینگ	۴/۶۱	۰/۷۱	۲/۱۴	۳/۰۱	۳/۲۱	۵/۳۰	۵/۶۶	۴/۳۷	۲/۲۳	۰/۸۰	۲/۷۷	۱/۷۱	(۴)	
ساردین	۳/۲۵	۰/۷۶	۱/۹۵	۲/۷۰	۳/۰۹	۴/۴۲	۵/۵۵	۳/۶۴	۲/۲۹	۰/۵۸	۲/۳۴	۱/۸۸	(۴)	
تن	۳۴۲	۰/۴۴	۱/۴۶	۲/۳۱	۲/۴۱	۳/۸۱	۴/۰۴	۲/۸۰	۱/۷۲	۰/۵۶	۲/۱۶	۱/۷۸	(۲)	
ماهی سفید	۴/۱۶	۰/۶۷	۱/۷۲	۲/۵۶	۲/۷۱	۴/۳۸	۴/۵۶	۳/۰۵	۱/۸۶	۰/۶۴	۲/۳۰	۱/۴۵	(۴)	
ماهی‌قرمز	۴/۱۰	۰/۴۰	۱/۸۰	۲/۶۰	۳/۵۰	۴/۹۰	۶/۶۰	۳/۳۰	–	۰/۶۰	۲/۵۰	۱/۳۰	(۱)	
ماهیان آب‌شیرین	۴/۶۲	۰/۴۷	۱/۹۲	۳/۲۵	۳/۲۷	۴/۸۷	۵/۸۹	۳/۵۰	–	۰/۶۲	۲/۹۲	۲/۰۳	(۳)	
گربه‌ماهی	۳/۹۲	–	۱/۲۳	۲/۴۳	۱/۹۴	۳/۴۷	۳/۲۰	۲/۲۱	۱/۶۲	–	۲/۲۲	۱/۱۵	(۱)	
گربه‌ماهی	۲/۷۵	–	۰/۷۲	۱/۱۹	۰/۹۹	۱/۵۹	۱/۷۰	۱/۲۱	۰/۶۴	–	۰/۹۷	۰/۵۸	(۱)	
مواد محلول ماهی														
موادمحلول‌ماهی	۱/۲۵	۰/۱۹	۰/۶۲	۰/۷۵	۰/۷۹	۱/۶۲	۱/۵۱	۱/۱۰	۰/۳۲	۰/۱۹	۰/۷۴	۱/۲۶	(۳)	
مواد محلول‌ماهی	۲/۴۲	۰/۵۶	۰/۹۱	۲/۲۲	۱/۶۲	۲/۸۰	۳/۱۰	۱/۸۵	۰/۸۵	۱/۴۴	۱/۴۱	۱/۵۰	(۲)	
پروتئین هیدرولیزه														
(ضایعات)گربه‌ماهی	۳/۴۹	–	۱/۲۳	۱/۹۴	۱/۵۰	۲/۸۲	۳/۱۹	۲/۲۱	۱/۰۹	–	۱/۷۲	۰/۸۱	(۱)	
گربه‌ماهی	۵/۴۰	–	۱/۴۹	۲/۸۶	۲/۵۱	۴/۳۸	۴/۶۶	۳/۳۳	۲/۳۰	–	۲/۷۴	۱/۴۴	(۱)	

A.G.J Tacon, Standard Methods for the Nutrition of Farmed Fish and Shrimp; 1990. with Permission of Argent Laboratories, Inc.

جدول ۴۱ـ (EAA) و ترکیبات غالب ریشه‌های گیاهان غلات و محصولات فرعی آنها میانگین اسیدهای امینه ضروری تمام ترکیبات برحسب درصد ورزنی بیان شده‌اند به شرح زیرند:

میانگین ترکیبات (درصد خشک یا درصد کل اسیدهای امینه استخراجی)

ریشه‌غلات	آرژنیک	سیتوژن	میتوتین	ترین	ایزولوسین	سوسین	لیزین	والین	تیرین	تریپتوفان	فنیل‌آلانین	هیستیدین	(I)
یم فیلی													
غده تازه	۰/۲۷۴	۰/۰۵۵	۰/۰۳۳	۰/۰۹۳	۰/۰۸۳	۰/۱۳۵	۰/۱۰۷	۰/۱۴۰	۰/۰۸۳	–	۰/۱۱۲	۰/۰۵۵	(۱)
چغندر قند													
مغز چغندر	۰/۳۰	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۴۰	۰/۳۰	۰/۶۰	۰/۶۰	۰/۴۰	۰/۴۰	۰/۱۰	۰/۳۰	۰/۲۰	(۲)
تارو													
غده تازه	۰/۱۶۲	۰/۰۴۷	۰/۰۲۴	۰/۰۷۴	۰/۰۶۴	۰/۱۳۳	۰/۰۷۰	۰/۱۱۱	۰/۰۶۶	۰/۰۲۶	۰/۰۹۲	۰/۰۳۲	(۱)
کونایانات ببری													
غده تازه	۰/۵۳۲	۰/۰۴۲	۰/۰۳۵	۰/۱۳۳	۰/۱۰۵	۰/۱۹۹	۰/۱۷۵	۰/۱۸۲	۰/۰۷۳	۰/۰۳۵	۰/۱۱۹	۰/۰۵۹	(۱)
یم													
غده تازه	۰/۱۸۱	۰/۰۲۷	۰/۰۳۸	۰/۰۸۶	۰/۰۸۹	۰/۱۵۴	۰/۰۹۷	۰/۱۱۰	۰/۰۷۶	۰/۰۳۰	۰/۱۱۴	۰/۰۴۵	(۱)
سیب‌زمینی شیرین													
غده تازه	۰/۰۶۴	۰/۰۱۴	۰/۰۲۲	۰/۰۵۰	۰/۰۴۸	۰/۰۷۱	۰/۰۴۵	۰/۰۵۹	۰/۰۳۱	۰/۰۲۲	۰/۰۵۱	۰/۰۱۸	(۱)
کازاوا													
غده	۰/۱۷۸	۰/۰۲۳	۰/۰۲۲	۰/۰۴۳	۰/۰۴۶	۰/۰۶۴	۰/۰۶۷	۰/۰۵۴	۰/۰۲۶	۰/۰۱۹	۰/۰۴۱	۰/۰۳۴	(۱)
سیب‌زمینی													
غده تازه	۰/۱۰۰	۰/۰۱۲	۰/۰۲۶	۰/۰۷۵	۰/۰۷۶	۰/۱۲۱	۰/۰۹۶	۰/۰۹۳	۰/۰۵۵	۰/۰۳۳	۰/۰۸۰	۰/۰۳۰	(۱)
گوشت غده	۰/۳۲	۰/۱۱	۰/۱۲	۰/۳۹	۰/۲۸	۰/۷۹	۰/۴۲	۰/۳۹	۰/۰۶	۰/۱۰	۰/۴۳	۰/۱۵	(۲)
سیب‌زمینی هوزا													
غده تازه	۰/۱۰۶	۰/۰۰۹	۰/۰۳۰	۰/۰۷۵	۰/۰۶۰	۰/۰۷۶	۰/۰۷۵	۰/۰۸۱	۰/۰۵۲	۰/۰۱۳	۰/۰۶۹	۰/۰۲۹	(۱)
کوکویم جدید													
غده تازه	۰/۱۵۳	۰/۰۶۱	۰/۰۱۸	۰/۰۶۵	۰/۰۵۹	۰/۱۲۴	۰/۰۷۰	۰/۱۱۲	۰/۰۶۲	۰/۰۳۰	۰/۰۹۶	۰/۰۳۲	(۱)

A.G.J Tacon, Standard Methods for the Nutrition of Farmed Fish and Shrimp; 1990. with Permission of Argent Laboratories, Inc.

جدول ۴۲ـ میانگین اسیدهای آمینه ضروری مورد نیاز و ترکیبات گیاهان غالب سبز (ارزش‌ها بر اساس درصدوزنی)

شماره	میانگین ترکیبات													
منابع	HIS	PHE	TRY	TYR	VAL	LYS	LEU	ISO	THR	MET	CYT	ARG	شامل	
محصولات خشک شده														
(۱)	۰/۲۷	۰/۷۱	۰/۳۱	۰/۴۵	۰/۷۰	۰/۷۱	۱/۲۱	۰/۵۶	۰/۶۲	۰/۳۱	۰/۱۹	۰/۷۵	گیاه مرتعی	
(۳)	۰/۲۶	۰/۶۲	۰/۳۳	۰/۳۳	۰/۷۷	۰/۶۰	۰/۹۱	۰/۸۲	۰/۶۳	۰/۲۱	۰/۲۱	۰/۵۶	آلفا آبگیری (۱۵٪)	
(۲)	۰/۳۴	۰/۸۵	۰/۴۰	۰/۵۴	۰/۹۷	۰/۷۶	۱/۲۹	۰/۸۳	۰/۷۳	۰/۲۷	۰/۲۳	۰/۷۶	آبگیری ۱۷٪	
(۲)	۰/۴۰	۰/۹۹	۰/۴۳	۰/۶۲	۱/۱۲	۰/۸۹	۱/۴۵	۰/۹۴	۰/۸۴	۰/۳۲	۰/۲۷	۰/۹۷	آبگیری ۲۰٪	
(۱)	۰/۴۴	۱/۱۳	۰/۴۹	۰/۶۴	۱/۲۹	۰/۹۷	۱/۶۳	۱/۰۶	۰/۹۷	۰/۳۴	۰/۳۰	۰/۹۶	آبگیری ۲۲٪	
(۱)	۰/۲۲	۰/۵۸	۰/۳۸	–	۰/۶۰	۰/۶۰	۱/۱۰	۰/۶۰	۰/۶۰	۰/۲۰	۰/۱۷	۰/۵۸	آبگیری ۲۵٪	
(۱)	۰/۴۵	۱/۰۸	۰/۴۵	۰/۶۳	۱/۱۷	۱/۰۸	۱/۸۸	۱/۰۸	۱/۱۷	۰/۲۷	۰/۳۶	۰/۹۹	کلور سفید	
(۱)	۰/۶۷	۱/۰۵	۰/۲۹	۱/۰۷	۱/۶۷	۲/۷۸	۲/۷۲	۱/۱۱	۱/۲۷	۰/۳۹	۰/۳۲	۱/۴۱	کاساوا	
(۱)	۰/۴۷	–	۰/۸۹	۰/۲۵	۰/۸۴	۱/۷۱	۱/۲۰	۱/۷۸	۰/۸۹	۱/۱۶	۰/۳۷	۰/۲۰	ساقه	
(۱)	۰/۴۵	۱/۲۵	۰/۵۲	–	۱/۴۳	۱/۰۸	۲/۰۰	۱/۲۶	۱/۰۶	۰/۵۱	–	۱/۱۱	کواپا	
دانه‌های تازه														
(۱)	۰/۰۹۳	۰/۲۰۶	۰/۰۷۲	۰/۱۵۵	۰/۲۳۹	۰/۲۴۷	۰/۳۳۱	۰/۱۹۴	۰/۱۹۴	۰/۰۶۴	۰/۰۵۲	۰/۲۳۹	آلفا	
(۱)	۰/۰۳۳	۰/۰۵۴	۰/۰۲۱	۰/۰۵۰	۰/۰۶۰	۰/۰۶۰	۰/۰۹۳	۰/۰۴۰	۰/۰۶۲	۰/۰۱۷	۰/۰۲۰	۰/۰۶۰	شوگربیت	
(۱)	۰/۰۴۱	۰/۰۴۹	۰/۰۱۷	۰/۰۳۰	۰/۰۶۸	۰/۰۵۰	۰/۰۸۶	۰/۰۵۰	۰/۰۶۱	۰/۰۱۷	۰/۰۱۸	۰/۱۳۵	کبیج	
(۱)	۰/۱۵۷	۰/۳۸۶	۰/۱۰۲	۰/۲۷۴	۰/۴۰۱	۰/۴۳۷	۰/۹۰۰	۰/۳۳۹	۰/۳۲۷	۰/۱۱۸	۰/۰۷۷	۰/۳۸۱	کاساوا	
(۱)	۰/۱۰۵	۰/۲۲۸	–	۰/۱۶۲	۰/۲۱۹	۰/۲۲۳	۰/۳۰۷	۰/۱۷۵	۰/۱۷۱	۰/۰۶۲	۰/۰۵۷	۰/۲۷۶	گروندنات	
(۱)	۰/۰۵۸	۰/۱۳۵	–	۰/۱۲۱	۰/۱۵۵	۰/۱۴۴	۰/۲۱۶	۰/۲۵۹	۰/۱۰۶	۰/۰۴۶	۰/۰۴۰	۰/۱۳۵	گیاه لیمو	
(۱)	۰/۰۴۲	۰/۱۲۸	–	۰/۰۵۶	۰/۰۸۷	۰/۱۰۸	۰/۱۵۳	۰/۱۰۵	۰/۰۹۸	۰/۰۱۹	۰/۰۱۸	۰/۰۷۵	لوپین	
(۱)	۰/۱۵۲	۰/۳۷۱	–	۰/۲۵۹	۰/۳۸۲	۰/۲۷۶	۰/۵۳۴	۰/۳۰۱	۰/۲۳۲	۰/۱۳۳	–	۰/۴۰۱	مولبری	
(۱)	۰/۰۹۰	۰/۲۵۰	۰/۰۵۲	۰/۱۹۶	۰/۲۵۰	۰/۲۵۴	۰/۴۰۰	۰/۲۱۸	۰/۲۰۴	۰/۰۸۰	۰/۰۳۸	۰/۲۹۲	پمپ‌کین	
(۱)	۰/۰۸۹	۰/۲۳۶	–	۰/۱۶۷	۰/۲۵۱	۰/۲۰۳	۰/۳۶۴	۰/۲۱۴	۰/۲۱۸	۰/۰۵۸	۰/۰۶۱	۰/۲۳۸	بسسام	
(۱)	۰/۰۵۶	۰/۱۳۳	۰/۰۳۴	۰/۱۱۰	۰/۱۳۳	۰/۱۵۹	۰/۲۰۸	۰/۱۰۶	۰/۱۱۶	۰/۰۴۶	۰/۰۳۶	۰/۱۳۹	اسفناج	
(۱)	۰/۰۷۲	۰/۱۹۸	–	۰/۱۱۰	۰/۱۸۱	۰/۱۸۴	۰/۲۹۱	۰/۱۶۶	۰/۱۴۴	۰/۰۲۲	۰/۰۲۸	۰/۱۸۴	تامارید	
(۱)	۰/۰۵۷	۰/۱۴۲	۰/۰۴۲	۰/۰۸۶	۰/۱۳۶	۰/۱۵۷	۰/۲۱۰	۰/۱۰۶	۰/۱۲۷	۰/۰۳۲	۰/۰۲۴	۰/۱۱۸	تورنیپ	
گیاهان متفرقه														
(۲)	۰/۱۷	۰/۴۰	۰/۰۹	۰/۴۱	۰/۴۱	۰/۳۰	۰/۷۷	۰/۴۰	۰/۳۸	۰/۱۶	۰/۱۶	۰/۴۳	گیاه بکری	
(۱)	۱/۳۲	۳/۶۳	۰/۸۶	۲/۳۷	۳/۷۵	۳/۸۱	۵/۴۸	۲/۸۸	۲/۸۸	۱/۰۴	۰/۵۲	۳/۷۵	پوست	
(۱)	۱/۴۰	۵/۰۰	۰/۹۵	۴/۸۰	۴/۵۰	۶/۰۰	۷/۶۰	۴/۷۰	۴/۲۰	۲/۱۰	۱/۴۰	۳/۷۰	پروتئین سیب‌زمینی	

A.G.J Tacon, Standard Methods for the Nutrition of Farmed Fish and Shrimp; 1990. with Permission of Argent Laboratories, Inc.

جدول ۴۳ـ میانگین تقریبی ترکیبات دانه‌های حبوبات و محصولات فرعی آنان (براساس درصد وزنی)

شماره منابع	میانگین ترکیبات (درصد وزنی) فسفر	کلسیم	خاکستر	نیتروژن	فیبرخام	لیپید	پروتئین‌خام	آب	حبوبات
				جو					
(۱۱)	۰/۳۷	۰/۰۵	۲/۶	۶۷/۱	۵/۶	۱/۸	۱۰/۵	۱۲/۴	دانه
(۲)	۰/۷۰	۰/۳۶	۵/۰	۵۵/۴	۱۴/۶	۳/۴	۱۱/۶	۱۰/۰	سبوس
(۱)	–	–	۴/۳	۵۶/۴	۹/۳	۴/۵	۱۴/۵	۱۱/۰	زبره آرد
(۲)	–	–	۴/۱	۵۸/۸	۱۴/۱	۲/۵	۱۰/۵	۱۰/۰	آرد آسیاب شده
(۳)	۰/۲۹	۰/۳۳	۳/۱	۶۶/۰	۸/۴	۲/۳	۱۱/۲	۱۱/۰	دانه‌های غربال شده
(۱)	۰/۴۱	۰/۰۴	۵/۱	۵۷/۱	۱۰/۷	۳/۵	۱۳/۲	۱۰/۴	محصولات فرعی خوب
(۲)	۰/۴۶	۰/۰۷	۲/۲	۷۰/۴	۲/۶	۱/۷	۱۴/۱	۹/۰	مالت آبگیری شده
			۰/۵	۷/۰	۲/۶	۰/۷	۲/۴	۸۶/۸	مالت جوانه‌زده شده
(۵)	۰/۷۳	۰/۲۲	۶/۳	۴۳/۸	۱۴/۴	۱/۷	۲۵/۴	۸/۴	مالت جوانه‌زده شده
(۳)	۰/۱۳	۰/۰۶	۱/۲	۱۱/۷	۴/۰	۲/۰	۶/۲	۷۴/۹	دانه‌های آبجو ساخته شده
(۱۱)	۰/۵۴	۰/۲۹	۵/۱	۴۵/۳	۱۵/۳	۵/۷	۲۰/۸	۹/۴	دانه‌های آبجو ساخته شده
			۱/۶	۱۰/۸	۴/۷	۱/۹	۶/۰	۷۴/۵	دانه‌های آبجو ساخته شده
			۱/۸	۴۰/۸	۱۰/۱	۱۱/۶	۲۷/۷	۸/۰	دانه‌های تقطیر شده خشک
			۰/۸	۱۲/۳	۴/۱	۲/۰	۴/۷	۷۶/۱	دانه‌های تقطیر
(۱)	–	۴/۶۰	۱۷/۲	–	–	۰/۲	۲۶/۸	۵/۱	دانه‌های تقطیر شده محلول
(۲)	۰/۷۹	۰/۲۰	۴/۶	۳۹/۷	۱۲/۹	۶/۹	۲۶/۰	۹/۹	دانه‌های تقطیر
				ذرت					
(۲۲)	۰/۲۸	۰/۰۲	۱/۵	۷۰/۸	۲/۰	۳/۹	۹/۶	۱۲/۲	دانه (زمینی)
(۳)	–	–	۱/۰	۷۳/۲	۱/۲	۳/۶	۱۰/۰	۱۱/۰	دانه
(۵)	۰/۶۴	۰/۳۰	۵/۸	۵۰/۷	۷/۱	۲/۴	۲۳/۷	۱۰/۳	غذای چسبنده ذرت
(۵)	۰/۴۳	۰/۱۰	۳/۲	۳۴/۷	۳/۷	۲/۷	۴۵/d	۹/۹	گوشت چسبنده ذرت
(۵)	۰/۵۰	۰/۰۵	۲/۶	۶۶/۲	۵/۰	۵/۸	۱۰/۷	۹/۷	غذای آبدار
(۵)	۰/۴۵	۰/۱۸	۳/۲	۴۱/۱	۸/۲	۱۴/۱	۱۷/۵	۸/۹	گوشت آبدار روغنی
(۱)	۰/۴۰	۰/۰۵	۲/۵	۶۸/۰	۳/۵	۴/۵	۹/۰	۱۲/۵	مواد غذایی آن
(۳)	۰/۲۲	۰/۰۵	۱/۵	۶۶/۲	۸/۶	۳/۱	۷/۸	۱۲/۸	گوشت خود دانه ذرت
(۴)	۰/۰۶	۰/۱۰	۱/۵	۵۱/۲	۳۴/۵	۰/۶	۲/۵	۹/۷	چوب ذرت
(۱)	۰/۱۴	۰/۱۸	۱/۴	۱۳/۹	۵/۱	۰/۶	۲/۰	۷۷/۰	کنسرو آماده ذرت
(۲)	۰/۲۶	۰/۱۰	۱/۶	۱۵/۷	۹/۵	۱/۲	۲/۵	۶۹/۵	مراحل کنسروکردن ذرت
(۴)	۰/۳۹	۰/۰۹	۲/۵	۴۲/۴	۱۲/۰	۸/۹	۲۷/۲	۷/۰	دانه‌های تقطیری خشک

ادامه جدول ۴۳

دانه‌های تقطیری محلول	۶/۸	۲۶/۷	۹/۰	۴/۳	۴۵/۴	۷/۸	۰/۳۲	۱/۱۹	(۳)
دانه‌های تقطیری خشک و محلول	۸/۴	۲۶/۷	۹/۹	۸/۷	۴۱/۶	۴/۷	۰/۲۴	۰/۷۶	(۳)
ارزن									
دانه	۱۰/۷	۱۱/۲	۳/۹	۶/۳	۶۴/۶	۳/۳	۰/۰۶	۰/۳۰	(۱۵)
پوست	۸/۷	۴/۸	۱/۳	۳۸/۳	۴۱/۲	۵/۷	۰/۶۰	۰/۳۰	(۳)
جو یولاف (جو صحرایی)									
دانه	۱۱/۵	۱۰/۴	۴/۸	۱۱/۵	۵۸/۴	۳/۴	۰/۱۰	۰/۳۲	(۱۲)
دانه پوست‌کنده شده	۱۰/۹	۱۳/۶	۶/۴	۲/۸	۶۴/۰	۲/۳	۰/۰۹	۰/۳۹	(۵)
غذای جو یولاف	۹/۵	۱۵/۹	۵/۷	۲/۹	۶۳/۸	۲/۲	۰/۰۶	۰/۴۳	(۲)
غذای جو یولاف و ارزن	۷/۷	۵/۰	۱/۶	۲۸/۵	۵۱/۱	۶/۱	۰/۱۲	۰/۱۲	(۴)
یولاف کوتاه	۹/۰	۱۲/۸	۵/۶	۱۳/۵	۵۴/۳	۴/۸	–	–	(۱)
مالت جو یولاف	۸۶/۸	۲/۴	۰/۷	۲/۶	۷/۰	۰/۵	–	–	(۱)
برنج									
برنج گرد	۱۱/۲	۸/۳	۱/۶	۹/۴	۶۵/۱	۴/۴	۰/۰۷	۰/۲۶	(۵)
برنج قهوه‌ای	۹/۰	۹/۱	۱/۶	۱/۰	۷۸/۲	۱/۰	۰/۰۷	۰/۶۵	(۳)
برنج شکسته	۱۱/۳	۷/۵	۰/۶	۰/۳	۷۹/۷	۰/۶	۰/۱۹	۰/۱۳	(۳)
برنج لهستانی	۱۱/۸	۷/۱	۰/۳	۰/۳	۷۹/۷	۰/۸	۰/۰۶	۰/۱۸	(۵)
پوست برنج	۹/۴	۳/۷	۱/۰	۳۶/۹	۳۲/۶	۱۶/۴	۰/۰۹	۰/۰۷	(۸)
مغز برنج	۱۰/۰	۱۲/۲	۱۱/۸	۱۲/۳	۴۰/۶	۱۳/۱	۰/۱۲	۱/۳۸	(۱۳)
مغز برنج ـ استخراج محلول	۱۰/۵	۱۲/۳	۲/۱	۱۴/۶	۴۷/۹	۱۲/۶	۰/۲۰	۱/۳۳	(۷)
لهستانی	۱۰/۰	۱۲/۱	۱۱/۵	۴/۷	۵۲/۹	۸/۸	۰/۰۵	۱/۲۶	(۸)
بوته هرس کردن از برنج	۱۱/۱	۱۲/۸	۱۱/۷	۷/۶	۴۸/۰	۸/۸	۰/۰۵	۱/۴۱	(۳)
غذای برنج و ارزن	۸/۳	۶/۶	۵/۳	۲۹/۴	۳۶/۱	۱۴/۳	۰/۱۰	۰/۴۵	(۴)
برنج تقطیر شده	۶۲/۰	۳/۴	۱/۳	۰/۸	۲۸/۵	۴/۰	–	–	(۱)
چاودار									
دانه	۱۳/۰	۱۱/۲	۱/۵	۲/۳	۷۰/۳	۱/۷	۰/۰۶	۰/۳۴	(۶)
مغز	۱۱/۱	۱۵/۹	۲/۹	۶/۳	۵۹/۳	۴/۵	۰/۱۰	۰/۷۴	(۳)
زبره آرد	۱۰/۵	۱۶/۴	۳/۳	/۵/۰	۶۱/۲	۳/۶	۰/۰۶	۰/۶۲	(۲)
آرد آسیاب شده	۱۰/۰	۱۶/۷	۳/۳	۴/۶	۶۱/۶	۳/۸	۰/۰۷	۰/۶۴	(۱)
دانه‌های تقطیر شده	۸/۰	۲۰/۹	۷/۴	۱۲/۷	۴۸/۶	۲/۴	۰/۱۴	۰/۴۳	(۲)
دانه‌های تقطیر شده خشک	۵/۶	۳۵/۱	۱/۲	۳/۴	۴۷/۵	۷/۲	۰/۳۵	۱/۲۰	(۱)
دانه‌های تقطیر شده با محلول	۹/۵	۲۷/۲	۴/۱	۸/۱	۴۴/۷	۶/۴	–	–	(۱)

ادامه جدول ۴۳

سورقوم								
دانه	۱۱/۲	۱۰/۶	۳/۰	۱/۹	۷۱/۴	۱/۹	۰/۰۸	۰/۲۷	(۱۹)
مغز	۱۲/۰	۷/۸	۴/۸	۷/۶	۶۵/۷	۲/۱	–	–	(۱)
غذای چسبنده سورقوم	۹/۶	۲۳/۷	۳/۶	۸/۴	۴۶/۷	۸/۰	۰/۱۳	۰/۶۳	(۴)
غذای چسبنده سورقوم	۹/۲	۴۲/۰	۴/۹	۳/۹	۳۷/۶	۲/۴	۰/۰۵	۰/۴۰	(۳)
غذای آبکی سورقوم	۱۱/۰	۱۰/۰	۵/۸	۳/۴	۶۷/۴	۲/۴	–	–	(۱)
دانه‌های تقطیر شده خشک	۶/۰	۳۱/۸	۸/۷	۱۲/۱	۳۷/۷	۳/۷	۰/۱۴	۰/۶۴	(۲)
دانه‌های تقطیر شده محلول	۷/۰	۲۶/۵	۵/۵	۳/۹	۴۸/۶	۸/۵	۰/۳۷	۰/۶۱	(۱)
دانه‌های تقطیر شده	۵/۰	۳۳/۲	۹/۴	۱۰/۲	۳۸/۰	۴/۲	۰/۱۷	۰/۹۲	(۱)
گندم									
دانه	۱۲/۱	۱۲/۰	۱/۷	۲/۵	۷۰/۰	۱/۷	۰/۰۵	۰/۳۶	(۱۶)
مغز	۱۲/۱	۱۴/۷	۴/۰	۹/۹	۵۳/۵	۵/۸	۰/۱۲	۱/۲۸	(۱۷)
غذای جوانه گندم	۱۱/۱	۲۵/۰	۸/۰	۳/۳	۴۷/۹	۴/۷	۰/۰۵	۰/۹۸	(۵)
آرد آسیاب شده	۱۱/۵	۱۵/۲	۴/۱	۸/۵	۵۷/۰	۵/۴	۰/۱۰	۱/۱۰	(۴)
دانه‌های پوست کنده شده	۹/۵	۱۳/۲	۳/۷	۹/۱	۵۸/۹	۵/۶	۰/۱۸	۰/۳۵	(۳)
گیاه کوتاه	۱۱/۸	۱۶/۳	۴/۳	۶/۱	۵۶/۷	۴/۸	۰/۱۰	۰/۷۰	(۵)
زیره آرد	۱۰/۵	۱۷/۴	۴/۳	۷/۵	۵۵/۴	۴/۹	۰/۱۴	۰/۹۱	(۹)
غذای آرد شده	۱۲/۰	۱۱/۷	۱/۲	۱/۳	۷۳/۳	۰/۵	۰/۰۳	۰/۱۸	(۱)

A.G.J Tacon, Standard Methods for the Nutrition of Farmed Fish and Shrimp; 1990. with Permission of Argent Laboratories, Inc.

جدول ۴۴ـ میزان اسیدهای آمینه ضروری و ترکیبات غالب حبوبات مهم و محصولات فرعی آنها (براساس درصد وزنی)

شماره	میانگین ترکیبات (درصد)													
منابع	HIS	PHE	TRY	TYR	VAL	LYS	LEU	ISO	THR	MET	CYT	ARG	حبوبات	
جو														
(۶)	۰/۲۳	۰/۵۵	۰/۱۵	۰/۳۵	۰/۵۴	۰/۴۰	۰/۷۳	۰/۴۴	۰/۳۶	۰/۱۸	۰۲۳	۰/۵۳	دانه	
(۱)	۰/۲۶	۰/۶۷	۰/۱۷	۰/۴۸	۰/۵۹	۰/۴۸	۰/۸۳	۰/۴۲	۰/۴۲	۰/۱۰	۰/۲۱	۰/۶۴	دانه بدون سبوس	
(۳)	۰/۵۰	۰/۸۷	۰/۴۰	۰/۵۹	۱/۳۸	۱/۱۸	۱/۵۶	۱/۰۴	۰/۹۵	۰/۳۳	۰/۲۴	۱/۱۲	مالت جو	
(۳)	۰/۵۴	۱/۵۵	۰/۳۶	۱/۳۸	۱/۶۲	۰/۹۵	۲/۷۳	۱/۶۲	۰/۹۹	۰/۴۶	۰/۳۵	۱/۲۸	جو در آبجوسازی	
ذرت														
(۶)	۰/۲۳	۰/۴۵	۰/۰۸	۰/۳۸	۰/۴۳	۰/۲۳	۱/۱۰	۰/۳۵	۰/۳۵	۰/۱۷	۰/۱۷	۰/۴۷	دانه	
(۱)	۰/۳۵	۰/۴۳	۰/۱۱	۰/۴۰	۰/۵۰	۰/۴۲	۰/۹۹	۰/۳۵	۰/۳۷	۰/۱۷	۰/۲۰	۰/۶۶	دانه با لیزین بالا	
(۴)	۰/۶۸	۰/۸۶	۰/۱۸	۰/۸۰	۱/۱۵	۰/۶۳	۲/۲۱	۰/۷۵	۰/۸۵	۰/۴۹	۰/۵۱	۰/۹۴	غذای چسبنده ذرت	
(۳)	۰/۹۰	۲/۸۴	۰/۲۳	۱/۳۳	۲/۱۰	۰/۷۷	۶/۷۰	۲/۰۹	۱/۴۵	۱/۰۰	۰-/۷۲	۱/۳۶	غذای چسبنده ذرت ۴۱٪پروتئین	
(۲)	۱/۳۰	۳/۹۰	۰/۳۰	۳/۱۹	۲/۸۹	۱/۰۰	۹/۸۱	۲/۴۲	۲/۱۱	۱/۸۴	۱/۰۴	۱/۹۹	غذای چسبنده ذرت ۶۰٪پروتئین	
(۳)	۰/۶۸	۰/۷۹	۰/۲۱	۰/۵۴	۱/۱۶	۰/۸۳	۱/۵۲	۰/۶۸	۱/۰۵	۰/۵۸	۰/۵۰	۱/۲۰	غذای آبدار ذرت	
(۲)	۰/۲۷	۰/۳۷	۰/۱۲	۰/۵۰	۰/۵۴	۰/۴۳	۰/۸۷	۰/۳۸	۰/۴۱	۰/۱۹	۰/۱۴	۰/۵۳	غذای آبدار ذرت	
(۱)	۰/۱۶	۰/۳۹	۰/۰۷	۰/۳۲	۰/۳۱	۰/۱۷	۰/۸۶	۰/۳۵	۰/۲۸	۰/۱۴	۰/۱۲	۰/۳۶	دانه‌های تقطیرشده خشک	
(۲)	۰/۶۱	۰/۷۴	۰/۲۱	۰/۸۴	۱/۱۹	۰/۸۴	۲/۸۱	۰/۹۶	۰/۴۰	۰/۴۳	۰/۲۸	۰/۹۹	دانه‌های تقطیرشده خشک	
(۳)	۰/۶۴	۱/۵۰	۰/۲۲	۰/۸۷	۱/۵۸	۰/۹۰	۲/۲۳	۱/۲۷	۱/۰۱	۰/۵۷	۰/۵۲	۱/۰۵	دانه‌های تقطیرشده محلول	
(۳)	۰/۶۸	۱/۵۵	۰/۱۹	۰/۷۰	۱/۵۵	۰/۷۰	۲/۴۲	۱/۴۴	۱/۰۰	۰/۵۲	۰/۴۰	۱/۰۳	دانه‌های تقطیرشده محلول خشک	
ارزن														
(۳)	۰/۲۱	۰/۵۷	۰/۱۷	۰/۲۷	۰/۵۸	۰/۲۵	۱/۱۶	۰/۴۶	۰/۴۰	۰/۲۹	۰/۱۴	۰/۳۵	دانه	
یولاف جو دوسر														
(۶)	۰/۱۸	۰/۵۱	۰/۱۳	۰/۴۸	۰/۵۵	۰/۳۹	۰/۷۷	۰/۴۳	۰/۳۳	۰/۱۶	۰/۲۰	۰/۷۰	دانه	
(۱)	۰/۲۴	۰/۶۴	۰/۱۷	۰/۵۰	۰/۶۸	۰/۴۶	۰/۹۴	۰/۵۲	۰/۴۵	۰/۱۹	۰/۲۴	۰/۸۶	دانه بدون پوست	

ادامه جدول ۴۴

شماره	میانگین ترکیبات (درصد)													
منابع	HIS	PHE	TRY	TYR	VAL	LYS	LEU	ISO	THR	MET	CYT	ARG	حبوبات
(۲)	۰/۱۰	۰/۱۹	۰/۱۰	۰/۱۸	۰/۱۵	۰/۱۹	۰/۲۸	۰/۱۸	۰/۱۹	۰/۱۰	۰/۰۷	۰/۱۶	پوست
						برنج							
(۳)	۰/۱۶	۰/۳۵	۰/۱۱	۰/۴۷	۰/۴۷	۰/۲۷	۰/۵۶	۰/۳۳	۰/۲۶	۰/۱۶	۰/۱۱	۰/۶۰	برنج زیر
(۱)	۰/۳۵	۰/۷۶	۰/۲۴	۰/۵۴	۱/۰۰	۰/۷۰	۱/۲۶	۰/۷۰	۰/۵۴	۰/۳۵	۰/۱۸	۱/۳۰	دانه‌های پوست‌کنده شده
(۱)	۰/۱۸	۰/۳۹	۰/۱۰	۰/۴۱	۰/۴۷	۰/۲۷	۰/۶۸	۰/۳۳	۰/۲۴	۰/۱۲	۰/۰۸	۰/۴۹	برنج‌های خرد شده
(۱)	۰/۱۸	۰/۵۳	۰/۰۹	۰/۶۲	۰/۵۳	۰/۲۸	۰/۷۱	۰/۴۵	۰/۳۶	۰/۲۵	۰/۰۹	۰/۴۴	برنج‌های لهستانی
(۲)	۰/۱۸	۰/۳۷	۰/۱۲	۰/۴۳	۰/۷۰	۰/۵۰	۰/۸۶	۰/۳۴	۰/۳۴	۰/۱۹	۰/۱۲	۰/۵۵	لهستانی
(۱)	۰/۱۲	۰/۲۵	۰/۰۶	۰/۱۶	۰/۳۰	۰/۲۴	۰/۳۶	۰/۲۰	۰/۲۱	۰/۱۰	۰/۱۰	۰/۳۴	آرد آسیاب شده
(۲)	۰/۲۴	۰/۴۳	۰/۱۰	۰/۶۰	۰/۶۵	۰/۵۰	۱/۰۴	۰/۴۳	۰/۴۲	۰/۲۱	۰/۱۰	۰/۶۹	مغز برنج
						چاودار							
(۳)	۰/۲۸	۰/۵۹	۰/۱۳	۰/۲۹	۰/۵۶	۰/۳۹	۰/۶۸	۰/۴۶	۰/۳۷	۰/۱۵	۰/۱۷	۰/۵۵	دانه
						سورقوم							
(۷)	۰/۲۲	۰/۴۸	۰/۱۲	۰/۳۷	۰/۵۲	۰/۲۳	۱/۲۸	۰/۴۴	۰/۳۳	۰/۱۴	۰/۱۶	۰/۳۵	دانه
(۱)	۱/۴۰	۲/۶۰	۰/۴۰	–	۲/۵۰	۰/۸۰	۷/۴۰	۲/۳۰	۱/۴۰	۰/۷۵	۰/۸۰	۱/۴۰	غذای چسبنده سورقوم
(۱)	۰/۸۰	۱/۰۰	۰/۲۰	–	۱/۳۰	۰/۹۰	۲/۵۰	۱/۰۰	۰/۸۰	۰/۴۰	۰/۴۵	۰/۸۰	غذای چسبنده سورقوم
						گندم							
(۱۰)	۰/۲۴	۰/۵۸	۰/۱۵	۰/۳۹	۰/۵۳	۰/۳۵	۰/۸۱	۰/۴۸	۰/۳۴	۰/۱۸	۰/۲۸	۰/۵۴	دانه
(۱)	۰/۲۸	۰/۵۸	۰/۲۶	۰/۳۱	۰/۵۷	۰/۹۵	۱/۳۵	۰/۵۰	۰/۳۸	۰/۱۵	۰/۱۳	۰/۶۰	دانه
(۳)	۰/۳۳	۰/۵۹	۰/۲۶	۰/۲۹	۰/۶۷	۰/۵۰	۰/۹۵	۰/۵۷	۰/۴۵	۰/۲۰	۰/۲۸	۰/۸۶	مغز دانه
(۳)	۰/۶۱	۰/۹۵	۰/۲۹	۰/۷۳	۸ ۱/۱	۱/۵۱	۱/۳۷	۰/۸۵	۰/۹۶	۰/۴۱	۰/۴۳	۱/۸۴	غذای تهیه شده از گندم
(۵)	۰/۴۲	۰/۶۱	۰/۲۲	۰/۴۶	۰/۷۸	۰/۶۵	۱/۰۱	۰/۶۱	۰/۵۲	۰/۲۲	۰/۲۹	۱/۰۱	زیره آرد
(۴)	۰/۲۴	۰/۵۲	۰/۱۱	۰/۲۳	۰/۴۴	۰/۳۹	۰/۷۸	۰/۴۴	۰/۳۳	۰/۱۵	۰/۱۴	۰/۶۰	دانه پوست کنده شده
(۱)	۰/۲۵	۰/۶۰	۰/۱۲	۰/۳۴	۰/۵۰	۰/۲۵	۰/۸۷	۰/۴۷	۰/۳۳	۰/۱۸	۰/۳۰	۰/۴۳	غذای آردی
(۲)	۰/۳۹	۰/۶۹	۰/۲۲	۰/۴۶	۰/۷۹	۰/۷۵	۱/۰۵	۰/۶۴	۰/۵۵	۰/۲۳	۰/۳۱	۱/۰۷	گندم کوتاه

A.G.J Tacon, Standard Methods for the Nutrition of Farmed Fish and Shrimp; 1990. with Permission of Argent Laboratories, Inc.

جدول ۴۵ـ محاسبه حجم (فوت مکعب) و ظرفیت (گالن آمریکا) بر اساس قطر تانک‌ها (فوت)

قطر تانک	حجم	ظرفیت	قطر تانک	حجم	ظرفیت
۱/۰۰	۰/۷۸۵	۵/۸۷	۱۱/۰	۹۵/۰	۷۱۱
۱/۵۰	۱/۷۷	۱۳/۲	۱۱/۵	۱۰۴	۷۷۷
۲/۰۰	۳/۱۴	۲۳/۵	۱۲/۰	۱۱۳	۸۴۵
۲/۵۰	۴/۹۱	۳۶/۷	۱۲/۵	۱۲۳	۹۱۸
۳/۰۰	۷/۰۷	۵۲/۹	۱۳/۰	۱۳۳	۹۹۳
۳/۵۰	۹/۶۲	۷۲/۰	۱۳/۵	۱۴۳	۱۰۷۰
۴/۰۰	۱۲/۶	۹۴/۰	۱۴/۰	۱۵۴	۱۱۵۰
۴/۵۰	۱۵/۹	۱۱۹	۱۴/۵	۱۶۵	۱۲۴۰
۵/۰۰	۱۹/۶	۱۴۷	۱۵/۰	۱۷۷	۱۳۲۰
۵/۵۰	۲۳/۸	۱۷۸	۱۵/۵	۱۸۹	۱۴۱۰
۶/۰۰	۲۸/۳	۲۱۲	۱۶/۰	۲۰۴	۱۵۰۰
۶/۵۰	۳۳/۲	۲۴۸	۱۶/۵	۲۱۴	۱۶۰۰
۷/۰۰	۳۸/۵	۲۸۸	۱۷/۰	۲۲۷	۱۷۰۰
۷/۵۰	۴۴/۲	۳۳۰	۱۷/۵	۱۴۱	۱۸۰۰
۸/۰۰	۵۰/۱	۳۷۶	۱۸/۰	۲۵۴	۱۹۰۰
۸/۵۰	۵۶/۸	۴۲۴	۱۸/۵	۲۶۹	۲۰۱۰
۹/۰۰	۶۳/۶	۴۷۶	۱۹/۰	۲۸۴	۲۱۲۰
۹/۵۰	۷۰/۹	۵۳۰	۱۹/۵	۲۹۹	۲۲۳۰
۱۰/۰	۷۸/۵	۵۸۸	۲۰/۰	۳۱۴	۲۳۵۰

جدول ۴۶ـ ضریب تبدیل واحدها

	ضریب	
طول		
سانتیمتر	$۳/۲۸۰۸ \times ۱۰^{-۲}$	فوت
	$۳/۹۳۷۰ \times ۱۰^{-۱}$	اینچ
	$۱/۰۰۰۰ \times ۱۰^{۴}$	میکرون
	$۱/۰۰۰۰ \times ۱۰^{۱}$	میلیمتر
فوت	$۱/۲۰۰۰ \times ۱۰^{۱}$	اینچ
	$۳/۰۴۸۰ \times ۱۰^{-۴}$	کیلومتر
	$۳/۰۴۸۰ \times ۱۰^{-۱}$	متر
	$۱/۸۹۳۹ \times ۱۰^{-۴}$	مایل
	$۳/۰۴۸۰ \times ۱۰^{۲}$	میلیمتر
اینچ	$۲/۵۴۰۰ \times ۱۰^{-۲}$	متر
	۲/۵۴	سانتیمتر
	$۲/۵۴۰۰ \times ۱۰^{۱}$	میلیمتر
	۰/۰۸۳۳۳	فوت
	۰/۰۲۷۷۷۸	یارد
	۰/۰۰۰۰۱۵۷۸۳	مایل
کیلومتر	$۱/۰۰۰۰ \times ۱۰^{۳}$	متر
	$۶/۲۱۳۷ \times ۱۰^{-۱}$	مایل
متر	$۶/۲۱۳۷ \times ۱۰^{-۴}$	مایل
	۳۹/۳۷	اینچ
	۳/۲۸	فوت
	۱/۰۹۳۶	یارد
	$۱/۰۰۰۰ \times ۱۰^{۳}$	میلیمتر
	۱۰۰	سانتی‌متر
میکرون	$۱/۰۰۰۰ \times ۱۰^{-۳}$	میلی‌متر
	$۱/۰۰۰۰ \times ۱۰^{-۶}$	متر
مایل	۱/۶۰۹۳۵	کیلومتر
	۱۷۶۰	یارد
	۵۲۸۰	فوت
	۶۳۳۶۰	اینچ
	۱/۶۰۹۳	کیلومتر
	$۱/۶۰۹۳ \times ۱۰^{۳}$	متر

ادامه جدول ۴۶

	ضریب	
	سطح	
جریب *(Acre)*	۴۳۵۶۰	فوت مربع
	۴۸۴۰	یارد مربع
	۴۰۴۷	متر مربع
	۰/۴۰۴۶۸۷	هکتار
	۰/۰۰۱۵۶۲۵	مایل مربع
هکتار	$۱/۰۰۰۰ \times ۱۰^{۴}$	متر مربع
	۲/۴۷	جریب *(Acre)*
سانتی‌متر مربع	$۱/۰۷۶۴ \times ۱۰^{-۳}$	فوت مربع
	$۱/۵۵۰۰ \times ۱۰^{-۱}$	اینچ مربع
	$۱/۰۰۰ \times ۱۰^{-۴}$	متر مربع
فوت مربع	$۱/۴۴۰۰ \times ۱۰^{۲}$	اینچ مربع
	$۹/۲۹۰۳ \times ۱۰^{-۲}$	متر مربع
	$۳/۵۸۷ \times ۱۰^{-۸}$	مایل مربع
	$۲/۲۹۷ \times ۱۰^{-۵}$	جریب *(Acre)*
	۰/۱۱۱۱۱	یارد مربع
اینچ مربع	$۲/۴۹۱ \times ۱۰^{-۱۰}$	مایل مربع
	$۶/۴۵۱۶ \times ۱۰^{-۴}$	متر مربع
	۶/۴۵۱۶۳	سانتی‌متر مربع
	$۱/۵۹۴ \times ۱۰^{-۷}$	جریب *(Acre)*
	۰/۰۰۰۷۷۱۶	یارد مربع
	۰/۰۰۶۹۴۴	فوت مربع
کیلومتر مربع	$۳/۸۶۱۰ \times ۱۰^{-۱}$	مایل مربع
متر مربع	۱۰/۷۶	فوت مربع
مایع مربع	۴۰۱۴۴۸۹۶۰۰	اینچ مربع
	۲۷۸۷۸۴۰۰	فوت مربع
	۳۰۹۷۶۰۰	یارد مربع
	۶۴۰	جریب *(Acre)*
	۲۵۹	هکتار
یارد مربع	$۳/۲۲۸ \times ۱۰^{-۷}$	مایل مربع
	۰/۰۰۰۲۰۶۶	جریب *(Acre)*
۹	فوت مربع	

ادامه جدول ۴۶

	ضریب	
	۱۲۹۶	اینچ مربع
گرم/گالن	۲۶۴/۵۵	میلی‌گرم/لیتر
	$۳/۴۳۹۲ \times ۱۰^{-۲}$	اونس/گالن
	۲۶۴/۵۵	جزء در میلیون
	$۲/۶۴۵۵ \times ۱۰^{-۱}$	جزء در هزار
گندم در گالن	۱۷/۱۲	میلی‌گرم در لیتر
	۱۴۲/۹	پوند در میلیون گالن
میلی‌گرم در لیتر	۱	جزء در میلیون
	۰/۰۵۸۴	گندم در گالن
	۸/۳۴۵	پوند در میلیون گالن
	$۱/۳۰۰۰ \times ۱۰^{-۴}$	اونس/گالن
	$۱/۰۰۰۰ \times ۱۰^{-۳}$	جزء در هزار
	$۳/۷۸۰۰ \times ۱۰^{-۳}$	گرم/گالن
اونس/گالن	۷۶۹۲/۳	جزء در میلیون
	۷/۶۹۲۳	جزء در هزار
	۲۹/۰۷۷ گرم/گالن	
	۷۶۹۲/۳	میلی‌گرم/لیتر
جزء در میلیون	$۱/۰۰۰۰ \times ۱۰^{-۳}$	جزء در هزار
	$۳/۷۸۰۰ \times ۱۰^{-۳}$	گرم/گالن
	۱/۰۰۰۰	میلی‌گرم/لیتر
	$۱/۳۰۰۰ \times ۱۰^{-۴}$	اونس/گالن
جزء در هزار	$۱/۳۰۰۰ \times ۱۰^{-۱}$	اونس/گالن
	۱۰۰۰	میلی‌گرم/لیتر
	۱۰۰۰	جزء‌در میلیون
	۳/۷۸۰۰	میلی‌گرم/گالن
چگالی		
کیلوگرم/متر مکعب	۱۰۰۰	میلی‌گرم/لیتر
	$۶/۲۴۲۲ \times ۱۰^{-۲}$	پوند/فوت مکعب
میلی‌گرم/لیتر	$۶/۲۴۲۲ \times ۱۰^{-۵}$	پوند/فوت مکعب
	$۱/۰۰۰۰ \times ۱۰^{-۳}$	کیلوگرم/متر مکعب
پوند/فوت مکعب	۱۶/۲۰	کیلوگرم/متر مکعب
	۱۶۰۲۰	کیلوگرم/لیتر

ادامه جدول ۴۶

	ضریب	
انرژی		
BTU	۱۰۵۴/۳	ژول
	$۲/۵۲۰۰ \times ۱۰^{-۱}$	کیلوگرم-کالری
	$۲/۹۲۸۵ \times ۱۰^{-۴}$	کیلووات ساعت
ژول	$۲/۳۹۰۳ \times ۱۰^{-۴}$	کیلوگرم-کالری
	$۹/۴۸۵۲ \times ۱۰^{-۴}$	*BTU*
کیلوگرم-کالری	$۱/۱۶۲۱ \times ۱۰^{-۳}$	کیلووات ساعت
	۳/۶۹۸۳	*BTU*
	۴۱۸۳/۶	ژول
کیلووات ساعت	۳۴۱۴/۷	*BTU*
	۸۶۰/۵۰	کیلوگرم-کالری
جریان		
سانتی‌مکعب/ثانیه	$۳/۵۳۱۵ \times ۱۰^{-۵}$	فوت مکعب/ثانیه
	$۱/۰۰۰۰ \times ۱۰^{-۶}$	مترمکعب/ثانیه
	$۱/۵۸۴۸ \times ۱۰^{-۲}$	گالن/دقیقه
	$۲/۶۴۱۳ \times ۱۰^{-۴}$	گالن/ثانیه
	$۶/۰۰۰ \times ۱۰^{-۲}$	لیتر/دقیقه
فوت مکعب/ثانیه	$۲/۸۳۱۷ \times ۱۰^{-۲}$	مترمکعب/ثانیه
	۴۴۸/۷۶	گالن/دقیقه
	۷/۴۷۹۴	گالن/ثانیه
	۱۶۹۹	لیتر/دقیقه
	۲۸۳۱۷	سانتی‌متر مکعب/ثانیه
مترمکعب/ثانیه	۱۵۸۴۸	گالن/دقیقه
	۲۶۴/۱۳	گالن/ثانیه
۱×۱۰^{۶}	سانتی‌مترمکعب/ثانیه	
	۶۰۰۰۰	لیتر/دقیقه
	۳۵/۳۱۵	فوت مکعب/ثانیه
گالن/دقیقه	۱۶۶۶۷	گالن/ثانیه
	۳/۷۸۶۰	لیتر/دقیقه
	۶۳/۱۰۰	سانتی‌متر مکعب/ثانیه
$۲/۲۲۸۳ \times ۱۰^{-۳}$	فوت مکعب/ثانیه	
$۶/۳۱۰۰ \times ۱۰^{-۵}$	متر مکعب/ثانیه	

ادامه جدول ۴۶

	ضریب	
	۸/۰۲۱	فوت مکعب در ساعت
گالن/ثانیه	$۳/۷۸۶۰ \times ۱۰^{-۳}$	مترمکعب/ثانیه
	$۱/۳۳۷۰ \times ۱۰^{-۱}$	
	۲۲۷/۱۶	لیتر/دقیقه
	۳۷۸۶/۰	سانتی‌متر مکعب/ثانیه
	۶۰/۰۰	گالن/دقیقه
لیتر/دقیقه	۱۶/۶۶۷	سانتی‌متر مکعب/ثانیه
	$۵/۸۸۵۸ \times ۱۰^{-۴}$	
	$۱/۶۶۶۷ \times ۱۰^{-۵}$	مترمکعب/ثانیه
	$۲/۶۴۱۳ \times ۱۰^{-۱}$	گالن/دقیقه
	$۴/۴۰۲۲ \times ۱۰^{-۳}$	گالن/ثانیه
لیتر/ثانیه	۱۵/۸۵	گالن در دقیقه
جرم		
گرم	$۱/۰۰۰۰ \times ۱۰^{-۳}$	کیلوگرم
	۱۰۰۰	میلی‌گرم
	$۳/۵۳۲۷ \times ۱۰^{-۲}$	اونس
	$۲/۲۰۵۲ \times ۱۰^{-۳}$	پوند
	$۱/۰۰۰۰ \times ۱۰^{-۶}$	تن
کیلوگرم	۱×۱۰^{۶}	میلی‌گرم
	$۳/۵۲۷ \times ۱۰^{-۵}$	اونس
	۲/۲۰۵۰	پوند
	$۱/۰۰۰۰ \times ۱۰^{-۳}$	تن
	$۹/۸۴۳۸ \times ۱۰^{-۴}$	تن (بلند)
	$۱/۱۰۲۵ \times ۱۰^{-۳}$	تن (کوتاه)
میلی‌گرم	$۲/۲۰۵۰ \times ۱۰^{-۶}$	پوند
اونس	$۷/۷۷۷۸ \times ۱۰^{-۲}$	پوند
	$۴/۵۳۵۱ \times ۱۰^{-۴}$	تن
	$۴/۴۶۴۳ \times ۱۰^{-۲}$	تن (بلند)
	$۵/۰۰۰۰ \times ۱۰^{-۴}$	تن (کوتاه)
	۷۰۰۰	گندم
	۴۵۳/۶	گرم
تن	۱/۱۰۲۵	تن (کوتاه)
تن (بلند)	۱/۱۲۰۰	تن (کوتاه)

ادامه جدول ۴۶

	ضریب	
سرعت		
سانتی‌متر/ثانیه	۱/۹۶۸۵	فوت/دقیقه
	$۱/۰۰۰۰ \times ۱۰^{-۵}$	کیلومتر/ثانیه
	$۱/۰۰۰۰ \times ۱۰^{-۲}$	متر/ثانیه
	$۲/۲۳۶۹ \times ۱۰^{-۲}$	مایل/ساعت
فوت/دقیقه	$۱/۸۲۸۸ \times ۱۰^{-۲}$	کیلومتر/ساعت
	$۵/۰۸۰۰ \times ۱۰^{-۳}$	متر/ثانیه
	$۱/۱۳۶۴ \times ۱۰^{-۲}$	مایل/ساعت
کیلومتر/ساعت	$۶/۲۱۳۷ \times ۱۰^{-۱}$	مایل/ساعت
	۱۰۰۰	متر/ثانیه
متر/ثانیه	۲/۲۳۶۹	مایل/ساعت
	۳/۲۸۱	فوت در ثانیه
حجم		
Acre-Foot	۴۳۵۷۳	فوت مکعب
	۱۲۳۳/۸	متر مکعب
۱۶۱۳/۸	یارد مکعب	
	۲۷۱۳۷۰	گالن *(IMP)*
	۳۲۵۹۰۰	گالن آمریکا
سانتی‌متر مکعب	۰/۰۶۱۰۲	اینچ مربع
فوت مکعب	۱۷۲۸	اینچ مکعب
	۷/۴۸۱	گالن
	۲۸/۳۲	لیتر
۱۷۲۸	اینچ مکعب	
	۷/۸۴۰۵	گالن آمریکا
	۲۸/۳۱۷	لیتر
	۰/۰۳۷۰۳۷	یارد مکعب
	$۲/۲۹۵۷ \times ۱۰^{-۴}$	*Acre-Feet*
متر مکعب	۳۵/۳۱	فوت مکعب
	۲۶۴/۲	گالن
	۱۰۰۰	لیتر
یارد مکعب	۲۱	فوت مکعب
	۴۶۶۵۶	اینچ مکعب

ادامه جدول ۴۶

	ضریب	
	$۶/۱۹۸۳ \times ۱۰^{-۴}$	*Acre-Feet*
	۰/۷۶۴۵۶	متر مکعب
گالن	۳۷۸۵	سانتی‌متر مکعب
	۰/۱۳۳۷	فوت مکعب
	۲۳۱	اینچ مکعب
	۳/۷۸۵	لیتر
گالن آب	۸/۳۴۵	پوند آب
لیتر	۱۰۰۰	سانتی‌متر مکعب
	۰/۰۳۵۳۱	فوت مکعب
	۰/۰۲۶۴۲	گالن
فشار		
اتمسفر	۱۴/۷	*PSI*
	۳۳/۹	فوت آب
	۲۹/۹	اینچ جیوه
	۷۶/۰	سانتی‌متر جیوه
بار	۱/۰۱۹۷	کیلوگرم/مجذور ثانیه
	۱۴/۵۰۴	*PSI*
فوت آب	۰/۴۳۳۵	پوند/اینچ مربع
	۰/۰۲۹۵	اتمسفر
	۰/۴۳۳	*PSI*
	۰/۸۸۳	اینچ جیوه
اینچ جیوه	۱/۱۳۳	فوت آب
	۰/۴۹	*PSI*
	۰/۰۳۳۴	اتمسفر
اینچ آب	۰/۰۷۴	اینچ جیوه
	۰/۰۰۳۶	*PSI*
PSI	۲/۳۱	فوت آب
	۲/۰۴	اینچ جیوه
	۰/۰۶۸	اتمسفر
	۰/۰۶۸۵	بار

جدول ۴۷ـ تبدیل اینچ/پوند مربع به‌فوت

پوند/اینچ مربع	فوت	پوند/اینچ مربع	فوت
۱	۲/۳۱	۱۰۰	۲۳۰/۹۰
۲	۴/۶۲	۱۱۰	۲۵۳/۹a
۶	۶/۹۳	۱۲۰	۲۷۷/۰۷
۴	۹/۲۴	۱۳۰	۳۰۰/۱۶
۵	۱۱/۵۴	۱۴۰	۳۲۳/۲۵
۶	۱۳/۸۵	۱۵۰	۳۶۴/۳۴
۷	۱۶/۱۶	۱۶۰	۳۶۹/۴۳
۸	۱۸/۴۷	۱۷۰	۳۹۲/۵۲
۹	۲۰/۷۸	۱۸۰	۴۱۵/۶۱
۱۰	۲۳/۰۹	۲۰۰	۴۶۱/۷۸
۱۵	۳۴/۶۳	۲۵۰	۵۷۷/۲۴
۲۰	۴۶/۱۸	۳۰۰	۵۹۲/۶۹
۲۵	۵۷/۷۲	۳۵۰	۸۰۸/۱۳
۳۰	۶۹/۲۷	۴۰۰	۹۲۲/۵۸
۴۰	۹۲/۳۶	۵۰۰	۱۱۵۴/۴۸
۵۰	۱۱۵/۴۵	۶۰۰	۱۳۸۵/۳۹
۶۰	۱۳۸/۵۴	۷۰۰	۱۶۱۶/۳۰
۷۰	۱۶۱/۶۳	۸۰۰	۱۸۴۷/۲۰
۸۰	۱۸۴/۷۲	۹۰۰	۲۰۸۷/۱۰
۹۰	۲۰۷/۸۱	۱۰۰۰	۲۳۰۹/۰۰

جدول ۴۸ـ تبدیل فوت به اینچ /پوند مربع

فوت	پوند/اینچ مربع	فوت	پوند/اینچ مربع
۱	۰/۴۳	۱۰۰	۴۳/۳۱
۲	۰/۸۷	۱۱۰	۴۷/۶۴
۶	۱/۳۰	۱۲۰	۵۱/۹۷
۴	۱/۷۳	۱۳۰	۵۶/۳۰
۵	۲/۱۷	۱۴۰	۶۰/۶۳
۶	۲/۶۰	۱۵۰	۶۴/۹۶
۷	۳/۰۳	۱۶۰	۶۹/۲۹
۸	۳/۴۶	۱۷۰	۷۳/۶۳
۹	۳/۹۰	۱۸۰	۷۷/۹۶
۱۰	۴/۳۳	۲۰۰	۸۶/۶۲*
۱۵	۶/۵۰	۲۵۰	۱۰۸/۲۷
۲۰	۸/۶۶	۳۰۰	۱۲۹/۹۳
۲۵	۱۰/۸۳	۳۵۰	۱۵۱/۵۸
۳۰	۱۲/۹۹	۴۰۰	۱۷۳/۲۴
۴۰	۱۷/۳۲	۵۰۰	۲۱۶/۵۵
۵۰	۲۱/۶۵	۶۰۰	۲۵۹/۸۵
۶۰	۲۵/۹۹	۷۰۰	۳۰۳/۱۶
۷۰	۳۰/۳۲	۸۰۰	۳۴۶/۴۷
۸۰	۳۴/۶۵	۹۰۰	۳۸۹/۷۸
۹۰	۳۸/۹۸	۱۰۰۰	۴۳۳/۰۰

جدول ۴۹ـ تبدیل واحدهای نیرو

واحد	اسب بخار	وات (W)	FT.LB/S	BTU/S
اسب بخار	۱	۷۵۶	۵۵۰	۰/۷۰۶۸
وات	۰/۰۰۱۳۴۱	۱	۰/۷۳۷۶	۰/۰۰۰۹۵
FT.LB/S	۰/۰۰۱۸۲	۱/۳۵۶	۱	۰/۰۰۱۲۸۵
BTU/S	۱/۴۱۵	۱۰۵۵	۷۷۸	۱

جدول ۵۰ـ تبدیل واحدهای فشار

واحد	پوند/اینچ مربع	فوت آب	اینچ جیوه	اتمسفر
پوند/اینچ مربع	۱	۲/۳۰۹	۲/۰۳۶	۰/۰۶۸
فوت آب	۰/۴۳۳	۱	۰/۸۸۲	۰/۰۲۹۵
اینچ جیوه	۰/۴۹۱	۱/۱۳۴	۴	۰/۰۳۳
اتمسفر	۱۴/۷	۳۳/۹	۲۹/۹۲	۱
کیلوپاسکال	۰/۱۴۵	۰/۳۳۵	۰/۲۹۵	۰/۰۱۰

اینچ جیوه: مقدار فشاری است که به‌وسیله فشارسنج اندازه‌گیری می‌شود و برابر است با فشار متعادلی که به‌وسیله وزن مقدار جیوه موجود در یک اینچ از ستون جیوه دستگاه وارد می‌شود.

اتمسفر: وزن اتمسفر در اینچ مبرع از واحد سطح است. فشار ۱۴/۶۹ پوند در اینچ مربع بر تمام سطح دریا به‌وسیله اتمسفر وارد می‌شود.

کیلو پاسکال: ۱۰۰۰ پاسکال = یک واحد نیرو که برابر است با یک نیوتور در اینچ مربع (N/m^2)؛

بار: یک واحد متریک است که اغلب برابر ۱۰۰ کیلوپاسکال یا ۱۴/۵ پوند/اینچ مربع محاسبه می‌شود.

جدول ۵۱- تبدیل واحدهای انرژی

انرژی					
واحد	ارگ	ژول	گیگا کالری	وات ساعت	کیلوگرم-کالری
(ثانیه-دین) ارگ	۱	$۱۰^{-۷}$	$۰/۲۳۹ \times ۱۰^{-۷}$	$۰/۲۷۸ \times ۱۰^{-۱۰}$	$۰/۲۳۹ \times ۱۰^{-۱۰}$
ژول (وات-ثانیه)	$۱۰^{۷}$	۱	۰/۲۳۹	$۰/۲۷۸ \times ۱۰^{-۳}$	$۰/۲۳۹ \times ۱۰^{-۳}$
گرم-کالری	$۴/۱۹ \times ۱۰^{۷}$	۴/۱۹	۱	$۱/۱۶۳ \times ۱۰^{-۳}$	$۱۰^{-۳}$
وات-ساعت	$۳/۶۰ \times ۱۰^{۱۰}$	۳۶۰۰	۸۶۰	۱	۰/۸۶۰
کیلوگرم-کالری	$۴/۱۹ \times ۱۰^{۱۰}$	۱۴۹۰	۱۰۰۰	۱/۱۶	۱
نیرو					
	ثانیه/ارگ	میکروولت	کالری/دقیقه	وات	کالری/ثانیه
ثانیه/ارگ	۱	۰/۱	$۱/۴۳ \times ۱۰^{-۶}$	$۱۰^{-۷}$	$۰/۲۳۹ \times ۱۰^{-۷}$
میکروولت	۱۰	۱	$۱/۴۳ \times ۱۰^{-۵}$	$۱۰^{-۶}$	$۰/۲۳۹ \times ۱۰^{-۶}$
کالری/دقیقه	$۶/۹۸ \times ۱۰^{۵}$	$۶/۹۸ \times ۱۰^{۴}$	۱	۰/۰۶۹۸	
وات	$۱۰^{۷}$	$۱۰^{۶}$	۱۴/۳	۱	۰/۲۳۹
کالری/ثانیه	$۴/۱۹ \times ۱۰^{۷}$	$۴/۱۹ \times ۱۰^{۶}$	۶۰	۴/۱۹	۱
فشار					
	$CM^{۲}$/ثانیه/ارگ	$CM^{۲}$/میکروولت	$MM^{۲}$/میکروولت	$M^{۲}$/وات	$CM^{۲}$/کالری/دقیقه
$CM^{۲}$/ثانیه/ارگ	۱	۰/۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	$۱/۴۳ \times ۱۰^{۶}$
$CM^{۲}$/میکروولت	۱۰	۱	۰/۰۱	۰/۰۱	$۱/۴۳ \times ۱۰^{-۵}$
$MM^{۲}$/میکروولت	۱۰۰۰	۱۰۰	۱	۱	$۱/۴۳ \times ۱۰^{-۳}$
$M^{۲}$/وات	۱۰۰۰	۱۰۰	۱	۱	$۱/۴۳ \times ۱۰^{-۳}$
$CM^{۲}$/کالری/دقیقه	$۶/۹۸ \times ۱۰^{۵}$	$۹/۶۸ \times ۱۰^{۴}$	۹۶۸	۹۶۸	۱

ارگ: یک واحد از کار یا انرژی در سیستم متریک است که برابر با مقدار کاری است که بوسیله یک *Dyne* بر یک سانتیمتر واحد طول وارد می‌شود.

دین: یک واحد از نیرو است که در یک ثانیه می‌تواند با سرعت ۱ سانتیمتر در ثانیه جرمی به‌وزن یک گرم را جابجا کند.

کالری: مقدار گرمایی است که برای بالا بردن دمای ۱ گرم آب به‌اندازه ۱ درجه سانتیگراد مورد نیاز است.

جدول ۵۲ـ تبدیل سانتیگراد به‌فارنهایت

C.	۰	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹
۰	۳۲/۰	۳۳/۸	۳۵/۶	۳۷/۴	۳۹/۲	۴۱/۰	۴۲/۸	۴۴/۶	۴۶/۴	۴۸/۲
۱۰	۵۰/۰	۵۱/۸	۵۳/۶	۵۵/۴	۵۷/۲	۵۹/۰	۶۰/۸	۶۲/۶	۶۴/۴	۶۶/۲
۲۰	۶۸/۰	۶۹/۸	۷۱/۶	۷۳/۴	۷۵/۲	۷۷/۰	۷۸/۸	۸۰/۶	۸۲/۴	۸۴/۲
۳۰	۸۶/۰	۸۷/۸	۸۹/۶	۹۱/۴	۹۳/۲	۹۵/۰	۹۶/۸	۹۸/۶	۱۰۰/۴	۱۰۲/۲
۴۰	۱۰۴/۰	۱۰۵/۸	۱۰۷/۶	۱۰۹/۴	۱۱۱/۲	۱۱۳/۰	۱۱۴/۸	۱۱۶/۶	۱۱۸/۴	۱۲۰/۲
۵۰	۱۲۲/۰	۱۲۳/۸	۱۲۵/۶	۱۲۷/۴	۱۲۹/۲	۱۳۱/۰	۱۳۲/۸	۱۳۴/۶	۱۳۶/۴	۱۳۸/۲

جدول ۵۳ـ تبدیل فارنهایت به‌سانتیگراد

F.	۰	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹
۳۰	-۱/۱	-۰/۶	۰/۰	۰/۶	۱/۱	۱/۷	۲/۲	۲/۸	۳/۳	۳/۹
۴۰	۴/۴	۵/۰	۵/۶	۶/۱	۶/۷	۷/۷	۷/۸	۸/۳	۸/۹	۹/۴
۵۰	۱۰/۰	۱۰/۶	۱۱/۱	۱۱/۷	۱۲/۲	۱۲/۸	۱۳/۳	۱۳/۹	۱۴/۴	۱۵/۰
۶۰	۱۵/۶	۱۶/۱	۱۶/۷	۱۷/۲	۱۷/۸	۱۸/۳	۱۸/۹	۱۹/۴	۲۰/۰	۲۰/۶
۷۰	۲۱/۱	۲۱/۷	۲۲/۲	۲۲/۸	۲۳/۳	۲۳/۹	۲۴/۴	۲۵/۰	۲۵/۶	۲۶/۱
۸۰	۲۶/۷	۲۷/۲	۲۷/۸	۲۸/۳	۲۸/۹	۲۹/۴	۳۰/۰	۳۰/۶	۳۱/۱	۳۱/۷
۹۰	۳۲/۲	۳۲/۸	۳۳/۳	۳۳/۹	۳۴/۴	۳۵/۰	۳۵/۶	۳۶/۱	۳۶/۷	۳۷/۲
۱۰۰	۳۷/۷	۳۸/۳	۳۸/۹	۳۹/۴	۴۰/۰	۴۰/۶	۴۱/۱	۴۱/۷	۴۲/۲	۴۲/۸

جدول ۵۴ـ تبدیل واحدهای وزن

واحد	گرم	کیلوگرم	گندم	اونس	پوند
گرم	۱	۰/۰۰۱	۱۵/۴۳	۰/۰۳۵۳	۰/۰۰۲۲
کیلوگرم	۱۰۰۰	۱	$۱/۵۴ \times ۱۰^{۴}$	۳۵/۰۲۷	۲/۲۰۵
گندم	۰/۰۶۴۸	$۶/۴۸ \times ۱۰^{-۵}$	۱	۰/۰۰۲۳	$۱/۴۳ \times ۱۰^{-۴}$
اونس	۲۸/۳۵	۰/۰۲۸۴	۴۳۷/۵	۱	۰/۰۶۲۵
پوند	۴۵۳/۶	۰/۴۵۳۶	۷۰۰۰	۱۶	۱

جدول ۵۵ـ تبدیل واحدهای طول

واحد	سانتیمتر	متر	اینچ	فوت	یارد
سانتیمتر	۱	۰/۰۱	۰/۳۹۳۷	۰/۰۳۲۸	۰/۰۱۰۹
متر	۱۰۰	۱	۳۹/۳۷	۳۲/۸۱	۱/۰۹۳۶
اینچ	۲/۵۴۰	۰/۰۲۵۴	۱	۰/۰۸۳۳	۰/۰۲۷۸
فوت	۳۰/۴۸	۰/۳۰۴۸	۱۲	۱	۰/۳۳۳۳
یارد	۹۱/۴۴	۰/۹۱۴۴	۳۶	۳	۱

جدول ۵۶ـ تبدیل واحدهای حجم

واحد	سانتیمتر مکعب	لیتر	متر مکعب	اینچ‌مکعب	فوت‌مکعب	FL.OZ.	FL.PT	FL.QT	گالن
سانتیمتر مکعب	1×10^{-6}	۰/۰۶۱	$3/53\times10^{-5}$	۰/۰۳۳۸	۰/۰۰۲۱۱	۰/۰۰۱۰۶	$2/64\times10^{-6}$		
لیتر	۱۰۰۰	۱	۰/۰۰۱	۶۰/۹۸	۰/۰۳۵۳	۳۳/۸۱	۲/۱۱۳	۱/۰۵۷	۰/۲۶۴۴
مترمکعب	1×10^{6}	۱۰۰۰	۱	$6/1\times10^{4}$	۵/۳۱	$3/381\times10^{4}$	۲۱۱۳	۱۰۵۷	۲۶۴/۲
اینچ‌مکعب	۱۶/۳۹	۰/۰۱۶۴	$1/164\times10^{-5}$	۱	$5/791\times10^{-4}$	۰/۵۵۴۱	۰/۰۳۴۶	۰/۰۱۷۳	۰/۰۰۴۳
فوت‌مکعب	$2/83\times10^{4}$	۲۸/۳۲	۰/۰۲۸۳	۱۷۲۸	۱	۹۵۷/۵	۵۹/۸۴	۲۹/۹۲	۷/۴۸۱
FL.OZ.	۲۹/۷۵	۰/۰۲۹۶	$2/961\times10^{-5}$	۱/۸۰۵	۰/۰۰۱۰۴	۱	۰/۰۶۲۵	۰/۰۳۱۳	۰/۰۰۷۸
FL.PT	۴۷۳/۲	۰/۵۷۳۲	$4/73\times10^{-4}$	۲۸/۸۸	۰/۰۱۶۷	۱۶	۱	۰/۵	۰/۱۲۵۰
FL.QT	۹۴۶/۴	۰/۹۴۳۶	$9/461\times10^{-4}$	۵۷/۷۵	۰/۰۳۳۴	۳۲	۲	۱	۰/۲۵
گالن	۳۷۸۵	۳/۷۸۵	۰/۰۰۳۸	۲۳۱/۰	۰/۱۳۳۷	۱۲۸/۰	۸	۴	۱

جدول ۵۷ـ تبدیل واحدهای سرعت

واحد	فوت/دقیقه	متر/ثانیه	متر/دقیقه	متر/ساعت	*MPH*	*KNOTS*
فوت/دقیقه	۱	۰/۰۰۵۰۸	۰/۳۰۴۸۰	۱۸۰۲۸۸	۰/۰۱۱۳۰	۰/۰۰۹۸۷
متر/ثانیه	۱۹۶/۸۵	۱	۶۰/۰۰	۳۶۰۰/۰	۲/۲۳۶۹	۱/۹۴۲۵
متر/دقیقه	۳/۲۸۰۸	۰/۰۱۶۶۷	۱	۶۰/۰۰	۰/۰۳۷۲۸	۰/۰۳۲۸۳
متر/ساعت	۰/۰۵۴۶۸	۰/۰۰۰۲۸	۰/۰۱۶۶۷	۱	۰/۰۰۰۶۲	۰/۰۰۰۵۴
MPH	۸۸	۰/۴۴۷۰۴	۲۶/۸۲۲	۱۶۰۹/۴	۱	۰/۸۶۸۳۹
KNOTS	۱۰۱/۳۴	۰/۵۱۴۷۹	۳۰/۸۸۷	۱۸۵۳/۲	۱/۱۵۱۶	۱

جدول ۵۸ـ چارت تبدیلی درمان

PPM	رقیق‌سازی	درصدمحلول	mg/l	mg/l	mg/Gal	Oz/Gal	Oz/1000Gal	Gm/Ft^3	$Oz/1000Ft^3$	جریب/پوندفوت
۰/۱	۱:۱۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۱	۰/۱	۰/۰۰۰۱	۰/۳۸	۰/۰۰۰۰۱۳	۰/۰۱۳	۰/۰۰۲۸	۰/۱	۰/۲۷
۱	۱:۱۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۱	۱	۰/۰۰۱	۳/۸	۰/۰۰۰۱۳	۰/۱۳۴	۰/۰۲۸۵	۱	۲/۷
۲	۱:۵۰۰۰۰	۰/۰۰۰۲	۲	۰/۰۰۲	۷/۶	۰/۰۰۰۲۹	۰/۲۶۸	۰/۰۵۶۷	۲	۵
۳	۱:۳۳۳۳۳۳	۰/۰۰۰۳	۳	۰/۰۰۳	۱۱/۳	۰/۰۰۰۴۰	۰/۴۰۲	۰/۰۸۵۱	۳	۸/۱
۴	۱:۲۵۰۰۰۰	۰/۰۰۰۴	۴	۰/۰۰۴	۱۵/۲	۰/۰۰۰۵۳	۰/۵۳۶	۰/۱۱۳۴	۳/۹۹	۱۰/۸
۵	۱:۲۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۵	۵	۰/۰۰۵	۱۹/۰	۰/۰۰۰۶۷	۰/۶۷۰	۰/۱۴۱۸	۴/۹۹	۱۳/۵
۶	۱:۱۶۱۶۰۰	۰/۰۰۰۶	۶	۰/۰۰۶	۲۲/۸	۰/۰۰۰۸۰	۰/۸۰۴	۰/۱۷۰۱	۵/۹۹	۱۶/۲
۷	۱:۱۴۲۹۰۰	۰/۰۰۰۷	۷	۰/۰۰۷	۲۶/۶	۰/۰۰۹۳	۰/۹۳۸	۰/۱۹۸۵	۶/۹۹	۱۸/۹
۸	۱:۱۲۵۰۰۰	۰/۰۰۰۸	۸	۰/۰۰۸	۳۰/۴	۰/۰۰۱۱۷	۱/۰۷۲	۰/۲۲۶۸	۷/۹۹	۲۱/۶
۹	۱:۱۱۱۰۰۰	۰/۰۰۰۹	۹	۰/۰۰۹	۳۴/۱	۰/۰۰۱۲۰	۱/۲۰۶	۰/۲۵۵۲	۸/۹۸	۲۴/۳
۱۰	۱:۱۰۰۰۰۰	۰/۰۰۱۰	۱۰	۰/۰۱۰	۳۸/۰	۰/۰۰۱۳	۱/۳۴۰	۰/۲۸۳۵	۹/۹۸	۲۷/۰
۱۱	۱:۹۰۹۰۹	۰/۰۰۱۱	۱۱	۰/۰۱۱	۴۱/۸	۰/۰۰۱۴	۱/۴۷۴	۰/۳۱۱۸	۱۰۹۸	۲۹/۷
۱۲	۱:۸۳۳۳۳	۰/۰۰۱۲	۱۲	۰/۰۱۲	۴۵/۶	۰/۰۰۱۶	۱/۶۰۸	۰/۳۳۰۱	۱۱/۹۸	۳۲/۴
۱۳	۱:۷۶۹۲۳	۰/۰۰۱۳	۱۳	۰/۰۱۳	۴۹/۴	۰/۰۰۱۷	۱/۷۴۲	۰/۳۶۸۴	۱۲/۹۷	۳۵/۱
۱۴	۱:۷۱۴۲۹	۰/۰۰۱۴	۱۴	۰/۰۱۴	۵۳/۲	۰/۰۰۱۷	۱/۸۷۶	۰/۳۳۶۷	۱۳/۹۷	۳۷/۸

ادامه جدول ۵۸

۱۵	۱:۶۶۶۶۷	۰/۰۰۱۵	۱۵	۰/۰۱۵	۵۷/۰	۰/۰۰۱۹۵	۲/۰۱۰	۰/۴۲۵۰	۱۴/۹۸	۴۰۵
۱۶	۱:۶۲۵۰۰	۰/۰۰۱۶	۱۶	۰/۰۱۶	۶۰/۸	۰/۰۰۲۱	۲/۱۴۴	۰/۴۵۳۳	۱۵/۹۷	۴۳۲
۱۷	۱:۵۹۲۳۵	۰/۰۰۱۷	۱۷	۰/۰۱۷	۶۴/۶	۰/۰۰۲۲	۲/۲۷۸	۰/۴۸۱۶	۱۶/۹۷	۴۵/۹
۱۸	۱:۵۵۵۵۵	۰/۰۰۱۸	۱۸	۰/۰۱۸	۶۸/۴	۰/۰۰۲۳	۲/۴۱۲	۰/۵۰۹۹	۱۷/۹۶	۴۸/۶
۱۹	۱:۵۲۶۳۲	۰/۰۰۱۹	۱۹	۰/۰۱۹	۷۲/۲	۰/۰۰۲۵	۲/۵۴۶	۰/۵۳۸۲	۱۸/۹۶	۵۱/۳
۲۰	۱:۵۰۰۰۰	۰/۰۰۲۰	۲۰	۰/۲۰	۷۶/۰	۰/۰۰۲۶	۰/۶۸۰	۰/۵۶۲۰	۱۹/۹۷	۵۴/۰
۱۰۰	۱:۱۰۰۰۰	۰/۰۱۰۰	۱۰۰	۰/۱۰۰	۳۸۰/۰	۰/۰۱۳	۱۳/۴۰۰	۲/۸۳۵۰	۹۹/۸۴	۲۷۰/۰
۱۲۵	۱:۸۰۰۰	۰/۰۱۲۵	۱۲۵	۰/۱۲۵	۴۷۵/۰	۰/۰۱۶	۱۶/۷۵۰	۳/۵۳۳۸	۱۳۴/۸۰	۳۳۷/۵
۲۵۰	۱:۴۰۰۰	۰/۰۲۵	۲۵۰	۰/۲۵	۹۵۰/۰	۰/۰۳	۳۳/۵۰۰	۷/۰۸۷۵	۲۴۹/۶۰	۶۷۵/۰
۵۰۰	۱:۲۰۰۰	۰/۰۵	۵۰۰	۰/۵	۱۹۰۰/۰	۰/۰۷	۶۷۰۰۰	۱۴/۱۷۵۰	۴۹۹۲۰	۱۳۵۰/۰
۷۵۰	۱:۳۳۳	۰/۰۷۵	۷۵۰	۰/۷۵	۲۹۵۰/۰	۰/۱۰	۱۰۰/۵۰۰	۲۱/۲۶۲۵	۷۴۸/۸۰	۱۰۲۵/۰
۱۰۰۰	۱:۱۰۰۰	۰/۱	۱۰۰۰	۱	۳۸۰۰/۰	۰/۱۳	۱۳۴/۰۰۰	۲۸/۳۵۰۰	۹۹۸/۴	۲۷۰۰/۰
۲۰۰۰	۱:۵۰۰	۰/۲	۲۰۰۰	۲	۷۶۰۰/۰	۰/۲۷	۲۶۸/۰۰۰	۵۶/۷۰۰۰	۲۰۰۰/۰	۵۴۰۰/۰
۳۰۰۰	۱:۳۳۳	۰/۳	۳۰۰۰	۳	۱۱۴۰۰	۰/۴۰	۴۰۲/۰۰۰	۸۵/۱۰۰۰	۳۰۰۰/۱	۸۱۰۰/۰
۴۰۰۰	۱:۲۵۰	۰/۴	۴۰۰۰	۴	۱۵۲۰۰/۰	۰/۵۳	۵۳۶/۰۰۰	۱۱۳/۴۰۰۰	۳۹۹۰/۰	۱۰۸۰۰/۰
۵۰۰۰	۱:۲۰۰	۰/۵	۵۰۰۰	۵	۱۹۰۰۰/۰	۰/۶۷	۶۷۰/۰۰۰	۱۴۱/۸۰۰۰	۴۹۹۰/۰	۱۳۵۰۰/۰

ادامه جدول ۵۸

۶۰۰۰	۱:۱۶۶/۶	۰/۶	۶۰۰۰	۶	۲۲۸۰۰/۰	۰/۸۰	۸۰۴/۰۰۰	۱۷۰/۱۰۰۰	۵۹۹۰/۰	۱۶۲۰۰/۰
۷۰۰۰	۱:۱۴۲/۹	۰/۷	۷۰۰۰	۷	۲۶۶۰۰/۰	۰/۹۳	۹۳۸/۰۰۰	۱۹۸/۵۰۰۰	۶۹۹۰/۰	۱۸۹۰۰/۰
۸۰۰۰	۱:۱۲۵	۰/۸	۸۰۰۰	۸	۳۰۴۰۰/۰	۱/۰۷	۱۰۷۲	۲۲۶/۸	۷۹۹۰	۲۱۶۰۰/۰
۹۰۰۰	۱:۱۱۱	۰/۹	۹۰۰۰	۹	۳۴۱۰۰	۱/۲۰	۱۲۰۶	۲۲۵/۲	۸۹۸۰	۲۴۳۰۰/۰
۱۰۰۰۰	۱:۱۰۰	۱	۱۰۰۰۰	۱۰	۳۸۰۰۰	۱/۳۴	۱۳۴۰	۲۸۳/۵	۹۹۸۴	۲۷۰۰۰
۲۰۰۰۰	۱:۵۰	۲	۲۰۰۰۰	۲۰	۷۶۰۰۰	۲/۶۸	۲۶۸۰	۵۶۷/۰	۲۰۰۰۰	۵۴۰۰۰
۲۵۰۰۰	۱:۴۰	۲/۵	۲۵۰۰۰	۲۵	۹۵۰۰۰	۳/۳۴	۳۳۵۰	۷۰۹/۰	۲۵۰۰۰	۶۷۵۰۰
۳۰۰۰۰	۱:۳۳/۳۳	۳	۳۰۰۰۰	۳۰	۱۱۴۰۰۰	۴/۰۱	۴۰۲۰	۸۵۱/۰	۳۰۰۰۰	۸۱۰۰۰
۴۰۰۰۰	۱:۲۵	۴	۴۰۰۰۰	۴۰	۱۵۲۰۰۰	۵/۳۴	۵۳۶۰	۱۱۳۴/۰	۳۹۹۰۰	۱۰۸۰۰۰
۵۰۰۰۰	۱:۲۰	۵	۵۰۰۰۰	۵۰	۱۹۰۰۰۰	۶/۶۸	۶۷۰۰	۱۴۱۸/۰	۴۹۹۰۰	۱۳۵۰۰۰
۶۰۰۰۰	۱:۱۶/۱۶	۶	۶۰۰۰۰	۶۰	۲۲۸۰۰۰	۸/۰۱	۸۰۴۰	۱۷۰۱/۰	۵۹۹۰۰	۱۶۲۰۰۰
۷۰۰۰۰	۱:۱۴/۲۹	۷	۷۰۰۰۰	۷۰	۲۶۶۰۰۰	۹/۳۵	۹۳۸۰	۱۹۸۵/۰	۶۹۹۰۰	۱۸۹۰۰۰
۷۵۰۰۰	۱:۱۳/۳۳	۷/۵	۷۵۰۰۰	۷۵	۲۹۵۰۰۰	۱۰/۰۱	۱۰۵۰۰	۲۱۲۷/۰	۷۴۹۰۰	۲۰۲۵۰۰
۸۰۰۰۰	۱:۱۲/۵۰	۸	۸۰۰۰۰	۸۰	۳۰۴۰۰۰	۱۰/۶۸	۱۰۷۲۰	۲۲۶۸/۰	۷۹۹۰۰	۲۱۶۰۰
۹۰۰۰۰	۱:۱۱۱/۱	۹	۹۰۰۰۰	۹۰	۳۴۱۰۰۰	۱۲/۰۲	۱۲۰۶۰	۲۵۵۲/۰	۸۹۸۰۰	۲۴۳۰۰۰
۱۰۰۰۰۰	۱:۱۰	۱۰	۱۰۰۰۰۰	۱۰۰	۳۸۰۰۰۰	۱۳/۳۵	۱۳۴۰۰	۲۸۳۵/۰	۹۹۸۴۰	۲۷۰۰۰۰

مؤسسه تحقیقات شیلات ایران
مدیریت اطلاعات علمی وروابط بین الملل

شابک : ۵-۵-۹۲۵۴۴-۹۶۴ - ISBN 964-92544-5-5

بهاء ۱۲۰۰۰ ریال