

بررسی کاربرد پساب ناشی از پرورش ماهی تیلایپای قرمز (*Oreochromis sp.*) در کشت گیاه کاهو (*Lactuca sativa*) در سازگان پرورش مدار بسته^۱

غلامرضا رفیعی^۲ چیروز سعد^۳ محمد صالح کامارودین^۴ محمد رازی اسماعیل^۵ قمرالزمان سیجام^۶

چکیده

با استفاده از یک مخزن پرورش ماهی به ابعاد ۱۱۰ سانتیمتر طول، ۸۴ سانتیمتر عرض و ۱۰۰ سانتی متر ارتفاع و قرار دادن سه سینی پرورش گیاه به ابعاد ۱۱۰ سانتیمتر طول، ۳۰ سانتیمتر عرض و ۵ سانتیمتر عمق و در فاصله ۲۰ سانتیمتری بالا مخزن ماهی و یک پمپ آب برای چرخش آب در سازگان با قدرت آبدهی ۳۰ لیتر بر ثانیه یک سازگان پرورش مدار بسته برای پرورش ماهی تیلایپای قرمز طراحی گردید. سپس برای تولید پساب ماهی، تعداد ۷۰ قطعه ماهی با میانگین وزن 20 ± 0.2 گرم در مخزن پرورش ماهی وارد شدند و به مدت سه هفته با غذایی حاوی ۲۴ درصد پروتئین تغذیه شدند. ماهیان دوبار در روز در ساعات ۹ صبح و ۴ بعدازظهر غذادهی شدند. میزان مصرف روزانه غذا حدود ۵ درصد وزن کل ماهی‌ها در هر مخزن پرورشی بود. بعد از سه هفته ماهی‌ها برداشت و مواد محلول و غیر محلول موجود (پساب) در سازگان به عنوان محیط کشت برای پرورش کاهو مورد استفاده قرار گرفت. سازگانی مشابه که فقط در آن آب در گردش بود نیز برای تعیین ورود موادی که احتمال داشت از خارج وارد سیستم شود به عنوان تیمار صفر مورد بررسی قرار گرفت. تعداد ۴۲ نشاء کاهو هر یک به سن یک هفته وارد سینی‌های پرورش گیاه در هر واحد آزمایش شدند و بعد از ۵ هفته کاهوها برداشت گردیدند. مقدار کل محصول کاهو تولید شده با استفاده از پساب، به طور میانگین 2017 ± 197 گرم در مترمربع بود. در تیمار آب (صفر) نشاءهای کاهو همگی بعد از دو هفته از بین رفتند. غلظت مواد معدنی در مخزن پرورش ماهی بعد از برداشت ماهی و بعد از برداشت کاهو اندازه‌گیری شد. با شروع کشت کاهو غلظت مواد معدنی دارای تغییراتی بود و کاهش نشان داد. نشاءهای کاهو توانستند در حین رشد $3/2$ درصد آهن، $73/76$ درصد منگنز، $7/97$ درصد روی، $3/48$ درصد مس، $5/01$ درصد کلسیم، $4/72$ درصد منیزیم، $1/48$ درصد فسفر، $8/98$ درصد ازت و $0/28$ درصد پتاسیم را که از طریق غذا دهی به ماهی وارد سازگان شده بود جذب کنند. نتایج این آزمایش نشان داد که پساب تولید شده در پرورش ماهی به صورت مدار بسته را می‌توان به عنوان مواد مغذی برای کشت گیاه کاهو به روش کشت در محلول مواد مغذی به کار برد.

واژه‌های کلیدی: مواد مغذی (معدنی)، پساب پرورش ماهی، گیاه کاهو، ماهی تیلایپا، سازگان مدار بسته.

^۱- تاریخ دریافت: ۸۲/۱۱/۱۳، تاریخ پذیرش: ۸۳/۶/۳۰

^۲- استادیار، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، (E_mial:rezarafiee@yahoo.com)

^۳- استادیار دانشکده کشاورزی، دانشگاه پوترا مالزی

^۴- دانشیار دانشکده کشاورزی، دانشگاه پوترا مالزی

^۵- دانشیار دانشکده کشاورزی، دانشگاه پوترا مالزی

^۶- دانشیار دانشکده کشاورزی، دانشگاه پوترا مالزی

مقدمه

پساب تولید شده در پرورش گوساله، گاو شیری، مرغ، ماهی و خوک و دیگر حیوانات اهلی حاوی سطوح مختلفی از مواد مغذی برای رشد گیاه می‌باشند و عموماً قبل از رهاسازی در محیط‌های طبیعی کیفیت آنها بهبود یافته و یا مجدداً مورد استفاده قرار می‌گیرند. روش‌های مختلفی برای بهبود کیفی این نوع پساب‌ها به صورت اقتصادی وجود دارد و در حال حاضر در حد آزمایشی و یا در مقیاس کاملاً تجاری این روش‌ها در کانادا و آمریکا به کار می‌روند (۱۱). سالیان زیادی که از پساب‌ها برای آبیاری باغ‌ها و محصولات کشاورزی در ناحیه مدیترانه‌ای کشور پرتغال استفاده می‌شود و این عملکرد منجر به آرایه دستورالعمل‌هایی برای استفاده از فاضلاب یا پساب در اروپا گردیده است (۵). در کشور استرالیا مشتاقان زیادی وجود دارند که از پساب‌های تولید شده در دامپروری برای پرورش گل و گیاه، محصولات زراعی و باغی استفاده می‌کنند (۱۰).

بسیاری از پرورش دهندگان ماهی در سازگان^۱ مدار بسته اعلام کرده‌اند که پساب تولید شده از این طریق حاوی مقادیر زیادی مواد مغذی است که می‌تواند مورد استفاده گیاه به روش کشت در آب^۲ قرار گیرد. در این زمینه برای افزایش تولید ماهی و بهبود شرایط کیفی آب در سازگان پرورشی یک بخش پرورش گیاه نیز وارد مجموعه پرورش ماهی شده است که این عمل منجر به تولید فناوری پرورش توام ماهی و گیاه^۳ گردیده است. بررسی‌های به عمل آمده در این زمینه نشان می‌دهد که چگونگی عملکرد گیاه پرورشی در جذب مواد معدنی و در ارتباط با عملکرد ترکیب باکتری‌های موجود در محیط پرورش در تجزیه مواد آلی به مواد معدنی به طور مجزا در سازگان مورد بررسی قرار نگرفته است. لذا با انجام این تحقیق سعی گردید که روند معدنی شدن مواد آلی در ارتباط با باکتری‌های طبیعی موجود در محیط و مقدار

جذب مواد مغذی توسط گیاه در یک سازگان مدار بسته و چرخش پساب مورد ارزیابی قرار گیرد تا داده‌های به دست آمده از این تحقیق را بتوان به طور عملی در تصفیه پساب، مدیریت تولید پساب در یک سازگان پرورش توام ماهی و گیاه به روش مدار بسته و سازگان‌های دیگر پرورش ماهی مورد استفاده قرار داد.

مواد و روش‌ها

طراحی سازگان و طرح آزمایش

در ابتدا با استفاده از یک مخزن پرورش ماهی به ابعاد ۱۱۰ سانتیمتر طول، ۸۴ سانتیمتر عرض و ۱۰۰ سانتیمتر ارتفاع و قرار دادن سه سینی پرورش گیاه به ابعاد ۱۱۰ سانتیمتر طول، ۳۰ سانتیمتر عرض و ۵ سانتیمتر عمق و در فاصله ۲۰ سانتیمتری بالای مخزن نگهداری ماهی، یک سازگان برای پرورش ماهی به روش چرخش مجدد آب طراحی شد. برای چرخش آب در سازگان از یک پمپ با قدرت آبدهی ۳۰ لیتر در ثانیه استفاده گردید. این پمپ در کنار و داخل مخزن پرورش ماهی قرار داده شد. آب از مخزن پرورش مکش یافته و از طریق لوله‌های رابط و از طریق سه انشعاب و با دبی یکسان وارد هر سینی پرورش گیاه می‌شد و سپس از طریق نیروی جاذبه و از انتهای هر سینی دوباره وارد مخزن پرورش ماهی می‌گردید (شکل ۱).

برای نیل به هدف تعیین شده در این پژوهش، در ابتدا پساب پرورش ماهی در سازگان مدار بسته با سه تکرار تولید شد و تیمار صفر نیز که همان آب در گردش با حجم یکسان در سازگان بود، در طول زمان آزمایش به گردش درآمد تا آثار محیطی وارد بر سازگان پرورشی در افزایش مواد مغذی مشخص گردد. بنابراین، واحدهای آزمایش را ۶ سازگان مدار بسته تشکیل می‌داد که در سه سازگان بچه ماهی‌ها به مدت سه هفته پرورش داده شدند و در سه سازگان دیگر ماهی وارد نشد و غذا دهی هم صورت نگرفت و تنها آب موجود در مخزن در گردش قرار داشت. بعد از سه هفته و با برداشت ماهی‌های پرورشی پساب تولیدی به

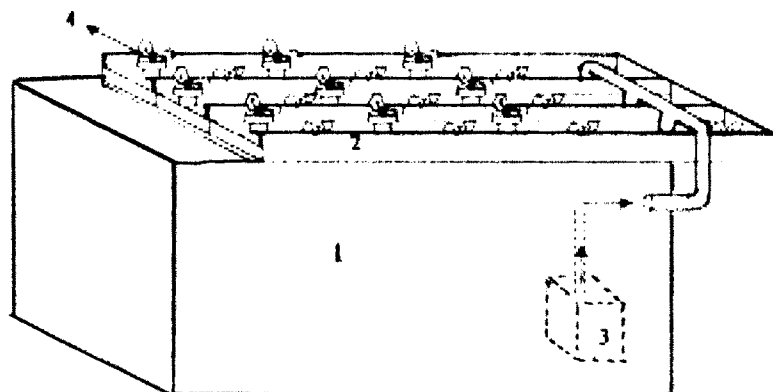
۱-System

۲-Hydroponics

۳-Aquaponics

عنوان مواد مغذی در همان سازگان برای تولید کاهو مورد

استفاده قرار گرفت.



شکل ۱- سازگان طراحی شده برای پرورش ماهی و تولید پساب به منظور پرورش گیاه کاهو به روش مدار بسته

نحوه پرورش ماهی و گیاه در سازگان

ماهیان پرورشی دارای میانگین وزنی 20 ± 0.2 گرم بودند. در شروع آزمایش، مخزن پرورش ماهی با ۶۴۰ لیتر آب آگیری شد و سپس ماهیان وارد مخزن پرورشی گردیدند و پمپ آب و هواده نیز راه اندازی شد. در هر سازگان تعداد ۷۰ قطعه ماهی در مخزن نگه داری ماهی ریخته و به مدت سه هفته پرورش و از مخزن پرورشی بر داشت شدند. بعد از برداشت ماهی پساب تولید شده در سازگان به عنوان مواد مغذی برای تولید کاهو به کار رفت.

برای این کار تعداد ۴۲ نشاء کاهو هر یک به سن یک هفته وارد سینی‌های پرورش گیاه در هر واحد آزمایش شدند و بعد از ۵ هفته کاهوها برداشت گردیدند و با عملکرد مشابه با سازگانی که آب فقط در آن در گردش بود مورد مقایسه قرار گرفتند.

آب مصرفی و خصوصیات فیزیکی- شیمیایی آن

کیفیت آب مصرفی در شروع آزمایش به شرح جدول (۱) بود.

جدول ۱- پیراسنجه های شیمیایی آب مصرفی در شروع آزمایش

پیراسنجه های آب مصرفی	Ec*	pH	Mn (mg/l)**	Zn (mg/l)	Cu (mg/l)	Ca (mg/l)	Mg (mg/l)	N (mg/l)	K (mg/l)	P (mg/l)
مقدار غلظت	۰/۲۳	۸/۱۰	۱/۱۷	۰/۰۱	۰/۰۰۰۱	۲۳/۲۰	۱/۷۱	۱/۱۰	۲/۴۰	۰/۳۰

Ec* به میلی موس بر سانتیمتر ** (mg/l) - میلیگرم در لیتر

غذای مصرفی و چگونگی غذایی

جیره غذایی مورد مصرف برای تغذیه ماهی یک غذای تجاری به صورت حبه شناور در آب بود که از کارخانه کارگیل^۱ تهیه شد و به طور میانگین دارای ۲۴ درصد پروتئین، ۶ درصد چربی، ۶ درصد فیبر و ۱۱ درصد رطوبت بود. ماهیان دو بار در روز در ساعات ۹ صبح و ۴ بعدازظهر

غذادهی شدند. مقدار مصرف روزانه غذا حدود ۵ درصد وزن کل ماهی‌ها در هر مخزن پرورشی را تشکیل می‌داد. هوادهی آب در مخزن نگهداری ماهی آب هر مخزن از طریق دو سنگ هوا به ظرفیت هوادهی ۵ لیتر هوا در دقیقه هوادهی می‌شد. سازگان هواده مرکزی برای تولید هوا مورد استفاده قرار گرفت.

اندازه گیری وزن ماهیان در انتهای مرحله پرورش وزن انفرادی هر ماهی از طریق وزن کردن آن در یک ظرف حاوی آب با وزن مشخص اندازه گیری شد. وزن کل ماهیان موجود در یک مخزن با جمع کردن وزن انفرادی ماهیان به دست آمد.

اندازه گیری مواد مغذی موجود در محیط پرورشی گیاه بلافاصله بعد از جمع آوری ماهی و نیز در پایان مرحله کشت و جمع آوری گیاه، مواد آلی دفعی و غذای خورده نشده که بر روی سینی‌های پرورش گیاه رسوب داده شده بود در یک ظرف پلاستیکی ریخته شد و وزن خالص آن بعد از وزن کردن ظرف و مواد مذکور باهم و سپس با کم کردن وزن ظرف پلاستیکی از وزن کل ظرف و مواد دفعی به دست آمد. سپس مواد جمع آوری شده کاملاً همگن^۱ شد و ۳۰۰ میلی لیتر از آن نمونه برداری و در دمای ۷۰ درجه سانتیگراد و تا حصول وزن خشک (به مدت ۳ روز) در آن قرار داده شد (APHA, ۱۹۸۰). مقدار کل ماده خشک مواد نشست کرده بر روی سینی‌های پرورش گیاه از طریق فرمول زیر محاسبه گردید.

$$A = B \times C$$

که در آن :

A = وزن کل ماده خشک،

B = درصد ماده خشک در نمونه (۳۰۰ میلی لیتر) برداشته شده ،

C = وزن کل تر مواد آلی مدفوعی جمع آوری شده از داخل سینی‌ها.

اندازه‌گیری مواد معلق^۲ و محلول^۳ در آب مخزن نگهداری ماهی

بلافاصله بعد از جمع آوری ماهی و نیز در پایان مرحله کشت و جمع آوری گیاه، با یک تور ماهیگیری بزرگ قاشقی شکل آب کاملاً به هم زده شد. سپس چهار نمونه از آب هر یک به مقدار ۳۰۰ میلی لیتر از مخزن ماهی برداشت شد. با عبور دو نمونه آب برداشت شده از فیلتر

کاغذی^۴ و جمع آوری مواد معلق و با قرار دادن مجموعه رسوب جمع شده روی فیلتر به همراه فیلتر کاغذی در آون و خشک کردن آن تا رسیدن به وزن ثابت و از طریق فرمول زیر مقدار مواد معلق موجود در آب اندازه گیری شد.

$$A = AB - B$$

A = وزن خشک مواد معلق،

AB = وزن خشک فیلتر و مواد معلق جمع آوری شده،

B = وزن خشک فیلتر کاغذی مورد استفاده،

وزن مواد محلول در آب به روش زیر اندازه‌گیری شد.

ابتدا نمونه آب از فیلتر یاد شده عبور داده شد و محلول عبور داده شده از فیلتر (حدود ۳۰۰ میلی لیتر) وزن و در یک ظرف کاملاً خشک با وزن معلوم (بشر ۵۰۰ میلی لیتری) ریخته شد و در داخل آون در درجه حرارت ۷۰ درجه سانتیگراد قرار داده شد. بعد از تبخیر کامل آب، ظرف مذکور مجدداً وزن و سپس مقدار ماده محلول در آب به روش زیر اندازه گیری شد.

$$A = AB - B$$

A = وزن ماده خشک آب به گرم،

AB = وزن مجموع ماده خشک آب و ظرف محتوی آب،

B = وزن خشک ظرف به گرم،

درصد ماده خشک محلول آب بدین طریق محاسبه شد.

$$C = \frac{A}{D} \times 100$$

C = درصد ماده خشک،

A = وزن ماده خشک آب به میلی گرم،

D = مقدار آب برداشته شده به لیتر.

اندازه گیری مواد مغذی موجود در ماده خشک ماهی، گیاه و مواد دفعی

ماده خشک به دست آمده از لاشه ماهی، مواد دفعی و گیاه کاملاً پودر و همگن گردید. مقدار ۰/۲۵ گرم از هر یک از آنها با چهار تکرار برداشت شد و به روش کج‌لدال (HACH Company, Cat. NO 23130-18) هضم یا کاملاً معدنی شدند. بعد از معدنی شدن کامل حجم نمونه‌ها با آب مقطر کاملاً یون گرفته شده به ۱۰۰ میلی لیتر رسید. سپس غلظت ازت کل و فسفر آن از طریق روش برتولت با

۱-Homogenized

۲-Total Suspended Solids

۳-Total Dissolved Solid

استفاده از دستگاه اتوانالایزر (Chemlab- system 4) اندازه‌گیری شد. درصد پتاسیم، آهن، کلسیم، روی، منیزیم، مس و ... در هر نمونه با استفاده از روش جذب اتمی و از طریق طیف سنجی (Atomic absorption spectrophotometer model perkin Etiner AAS 3110) اندازه‌گیری شد.

اندازه‌گیری پیراسنجه های فیزیکی- شیمیایی آب در حین آزمایش

غلظت اکسیژن محلول در آب (DO)، درجه حرارت آب مخازن پرورشی هر هفته دو بار با دستگاه اکسیژن و درجه حرارت سنج (YSI Model 57) اندازه گیری شد. هدایت الکتریکی آب (Ec) دو بار در هفته با دستگاه اندازه گیری هدایت الکتریکی آب (HANA, HI 8033) اندازه گیری شد. پی-اچ (pH) آب با دستگاه پی-اچ سنج (Orion model 410A) دوبار در هفته و با نمونه برداری به مقدار ۱۰۰ سانتیمتر مکعب از آب مخزن پرورش ماهی اندازه گیری شد.

اندازه گیری غلظت مواد معدنی محلول در آب

غلظت مواد معدنی محلول در آب هر هفته یکبار و با برداشت ۱۰۰ میلی لیتر آب از هر مخزن نگهداری ماهی و اندازه‌گیری مستقیم مقدار آنها با دستگاه جذب اتمی و اتوانالایزر بدون انجام عمل معدنی کردن آنها انجام گرفت.

تجزیه و تحلیل داده ها

برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از آمار توصیفی استفاده گردید.

نتایج

رشد ماهی

داده‌های مربوط به رشد ماهی در جدول (۲) ارائه شده است. این داده‌ها نشان می‌دهند که ماهیان ۲۰ گرمی بعد از سه هفته به میانگین وزن انفرادی $44/73 \pm 0/53$ گرم رسیدند. ضریب تبدیل غذایی (FCR) مقدار کل غذای مصرفی (TFC) و مقدار رشد روزانه ماهی (DGR) در جدول مذکور ارائه شده است. لازم به ذکر است که در حین انجام آزمایش ماهی مرگ و میر نداشت.

جدول ۲- میانگین داده های مربوط به عوامل رشد ماهی در حین آزمایش

وزن اولیه ماهی (گرم)	وزن برداشت (گرم)	ضریب تبدیل غذایی	مقدار مصرف غذا (گرم)	مقدار رشد روزانه (گرم)
$20 \pm 0/01$	$44/73 \pm 0/53$	$1/1 \pm 0/02$	$20/25 \pm 0/000$	$1/18 \pm 0/03$

برداشت - وزن اولیه ماهی) از طریق مصرف غذا به دست آورده بود به دست آمد. درصد مواد معدنی موجود در وزن خشک ماهی و غذا در جدول (۳) آورده شده است.

کل مواد مغذی موجود در محیط پرورشی

مقدار ماده مغذی موجود در سازگان پرورشی بر اساس مقدار مواد مغذی که از طریق تغذیه ماهی وارد محیط پرورشی شد منهای مقدار ماده‌ای که ماهی حین رشد (وزن

جدول ۳- درصد مواد مغذی در ماده خشک بدن ماهی و غذای مصرفی

مواد معدنی	Zn	Fe	Cu	Mn	Ca	Mg	N	P	K
درصد موجود در غذا	$0/0056$ $\pm 0/00007$	$0/1094$ $\pm 0/0574$	$0/0024$ $\pm 0/00001$	$0/002$ $\pm 0/0014$	$1/74$ $\pm 0/226$	$0/42$ $\pm 0/027$	$2/40$ $\pm 0/226$	$1/48$ $\pm 0/091$	$0/52$ $\pm 0/0014$
درصد موجود در بدن ماهی در ابتدای آزمایش	$0/0027$ $\pm 0/00023$	$0/0052$ $\pm 0/0001$	$0/0004$ $\pm 0/00002$	$0/00025$ $\pm 0/0013$	$2/22$ $\pm 0/224$	$0/70$ $\pm 0/001$	$5/60$ $\pm 0/220$	$1/09$ $\pm 0/625$	$0/19$ $\pm 0/005$
درصد موجود در بدن ماهی بعد از برداشت	$0/0022$ $\pm 0/00023$	$0/022$ $\pm 0/0001$	$0/00027$ $\pm 0/00002$	$0/00024$ $\pm 0/00065$	$2/75$ $\pm 0/52$	$0/980$ $\pm 0/070$	$5/28$ $\pm 0/860$	$1/09$ $\pm 0/102$	$0/19$ $\pm 0/024$

با توجه به داده‌های موجود و بر اساس عملکرد ماهی در جذب مواد مغذی غذا در محیط پرورش، مقدار مواد مغذی موجود در سازگان به شرح موجود در جدول (۴) برآورد

جدول ۴- برآورد میانگین مواد مغذی غذا که در محیط پرورشی و با برداشت ماهی در سازگان باقی ماند.

ماده معدنی	Zn	Fe	Cu	Mn	Ca	Mg	N	P	K
مقدار به گرم	۰/۰۵	۰/۱۱	۰/۰۶	۱/۹۹	۲۳/۰۲	۱/۶۶	۲۹/۶۶	۲۵/۷۵	۱۰/۰۰

مقدار غلظت مواد محلول مغذی در محیط پرورشی و در ماده خشک باقی مانده در سینی‌های پرورش گیاه در هنگام برداشت ماهی و کاهو در پایان آزمایش در جدول (۵) آمده است. لازم به یادآوری است که غلظت مواد مغذی در تیمار شاهد به جز مقدار ازت به حد ناچیزی کاهش نشان داد.

جدول ۵- مقدار غلظت مواد مغذی موجود در آب مخزن پرورش ماهی در شروع و پایان کشت گیاه

ماده مغذی محلول در آب		Zn	Fe	Cu	Mn	Ca	Mg	P	N	K
غلظت (میلی گرم در لیتر)	شروع	۰/۰۰۰۰۲	۱۰/۹۶	۰/۰۰۰۰۲	۰/۰۰۰۰۲	۲۴/۶۷	۳/۴۳	۱۳/۱۳	۱۰/۹۶	۶/۴۰
		±۰/۰۰۰۰	±۳/۹۶	±۰/۰۰۰۰	±۰/۰۰۰۰	±۱/۵۳	±۴/۸۱	±۰/۰۰	±۳/۹۶	±۱/۳۰
غلظت (میلی گرم در لیتر)	پایان	۰/۰۰۰۰۲	۱/۷۲	۰/۰۰۰۰۲	۰/۰۰۰۰۲	۲۲/۷۰	۷/۸۷	۲۶/۲۰	۱/۷۲	۱۲/۳۲
		±۰/۰۰۰۰	±۰/۳۷	±۰/۰۰۰۰	±۰/۰۰۰۰	±۹/۲۹	±۱/۱۱	±۱/۸۰	±۰/۳۷	±۱/۲۶
مقدار کل (گرم)	شروع	۰/۰۵۴	۰/۰۵۴	۰/۰۵۴	۰/۰۵۴	۱۳/۳۲	۱/۸۵	۵/۹۱	۷/۰۹	۳/۴۶
	پایان	۰/۰۰۰۰۱	۰/۰۰۰۰۱	۰/۰۰۰۰۱	۰/۰۰۰۰۱	۷/۹۷	۱/۱۱	۴/۲۴	۳/۵۴	۲/۰۶

جدول (۶) درصد و مقدار ماده مغذی را نشان می‌دهد که در هنگام کشت کاهو و برداشت آن در لجن موجود در سینی پرورشی ذخیره شده بود. این داده‌ها نشان می‌دهد که درصد مواد مغذی مانند: آهن، منگنز، فسفر، روی و منیزیم در لجن خشک در پایان آزمایش کاهش و سایر مواد مغذی افزایش داشته است.

جدول ۶- مقدار درصد مواد مغذی در ماده خشک لجن موجود در سینی پرورش گیاه در شروع و پایان کشت گیاه

ماده مغذی در لجن خشک		Zn	Fe	Cu	Mn	Ca	Mg	P	N	K
مقدار (درصد)	شروع	۰/۰۰۶	۰/۰۴۶	۰/۰۰۰۰۱	۰/۰۰۰۰۸	۰/۵۷	۰/۳۸۴	۰/۵۴	۲/۶۱	۰/۰۲۵
		±۰/۰۰۰۳	±۰/۰۰۰۸۴	±۰/۰۰۰۰۴	±۰/۰۰۰۲۱	±۰/۰۰۹۵	±۰/۰۰۱۷	±۰/۰۰۲۷	±۰/۰۰۹	±۰/۰۰۲۳
مقدار (درصد)	پایان	۰/۰۰۵	۰/۰۴۴	۰/۰۰۰۰۸۴	۰/۰۰۰۰۷	۴/۱۰	۰/۰۰۷۲	۰/۲۲	۲/۶۱	۰/۰۵۷
		±۰/۰۰۰۰۵	±۰/۰۰۰۰۱	±۰/۰۰۰۰۱	±۰/۰۰۰۲۵	±۰/۰۵۱	±۰/۰۰۰۰۷	±۰/۰۰۷	±۰/۰۰۳	±۰/۰۰۷
مقدار کل (گرم)	شروع	۰/۰۴۴	۰/۵۸	۰/۰۱۳	۰/۲۴	۶/۳۶	۰/۴۹	۲/۱۹	۶/۷۵	۰/۴۲
	پایان	۰/۰۴۴	۰/۲۸	۰/۰۰۷	۰/۰۶۱	۲/۶۸	۰/۲۲	۱/۸۹	۰/۹۳	۰/۹۶

پیراسنجه‌های کیفی آب

هدایت الکتریکی آب افزایش یافت و در پایان آزمایش کاهش نشان داد. این مقدار از ۰/۱۶ میلی موس بر سانتیمتر در شروع آزمایش به بالاتر از ۰/۴۷ میلی موس بر سانتیمتر در پایان آزمایش رسید. با شروع آزمایش و معرفی ماهی مقدار غلظت آمونیاک در آب افزایش یافت و با برداشت ماهی و وارد کردن گیاه کاهو به سازگان مقدار آن رو به کاهش گذاشت و در هنگام برداشت کاهو به میانگین ۰/۲۱ میلیگرم در لیتر رسید جدول (۷).

مقدار اکسیژن محلول در مخزن ماهی در حین انجام آزمایش دامنه تغییراتی بین ۶-۸/۵ میلیگرم در لیتر را داشت. دمای آب در حین انجام آزمایش دارای تغییراتی بین ۲۶-۳۰ درجه سانتیگراد بود. با شروع آزمایش مقدار پی-اچ آب شروع به کاهش نمود. این کاهش تا هفته پنجم ادامه داشت و بعد از آن شروع به افزایش کرد و دارای تغییراتی بین ۶/۲۳-۷/۱۳ بود. تا هفته هفتم آزمایش

جدول ۷- تغییرات pH و Ec در طول انجام آزمایش

هفته	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸
pH	۷/۱۳	۷/۰۰	۶/۳۸	۶/۹۶	۶/۲۳	۶/۲۵	۶/۳۲	۶/۸۰
Ec	۰/۱۶±۰/۰۰	۰/۳۰±۰/۰۲	۰/۴۱±۰/۰۱	۰/۴۱±۰/۰۱	۰/۴۲±۰/۰۲	۰/۴۴±۰/۰۲	۰/۵۰±۰/۰۳	۰/۴۷±۰/۰۱
آمونیاک	۲/۲۴±۰/۱۱	۵/۱۳±۰/۲۴	۶/۶۶±۰/۹۴	۵/۴۷±۰/۷۲	۳/۴۰±۱/۳۰	۲/۷۰±۱/۲۰	۰/۶۰±۰/۴۶	۰/۲۱±۰/۲۱

مردند. مقدار برداشت کاهو در هر واحد آزمایش به طور میانگین 2017 ± 191 گرم بود. درصد وزن خشک ساقه کاهو، ریشه کاهو، وزن میانگین ریشه و ساقه کاهو در جدول (۸) آورده شده است.

رشد گیاه کاهو و مقدار جذب مواد معدنی

نشاهای یک هفته‌ای کاهو بعد از ورود به سازگان پرورشی که در آن پساب ماهی مورد استفاده قرار گرفت (بعد از برداشت ماهی) به خوبی رشد یافتند و در تیمار صفر همگی

جدول ۸- میانگین داده های مربوط به محصول کاهو در سازگان پرورشی

محیط پرورش گیاه	محصول ساقه کاهو (گرم)	ماده خشک کاهو (%)	وزن ریشه کاهو (گرم)	ماده خشک ریشه (%)
پساب پرورش ماهی	2017 ± 191	$5/23 \pm 0/02$	247 ± 10	$2/22 \pm 0/08$

جدول ۹- درصد ماده مغذی در ماده خشک ریشه و ساقه کاهو و درصد جذب مواد معدنی موجود در غذا که توسط کاهو جذب شد

ماده معدنی	Zn	Fe	Cu	Mn	Ca	Mg	P	N	K
درصد ماده مغذی در ریشه	۰/۰۱۷ ±۰/۰۰۴۵	۰/۱۵۲ ±۰/۰۴۲	۰/۰۰۶ ±۰/۰۰۲۳	۰/۰۴۶ ±۰/۰۲۵	۱/۲۵ ±۰/۱۹۷	۰/۲۸۱ ±۰/۰۰۹	۱/۱۳۸ ±۰/۰۶۹	۲/۹۷ ±۰/۰۹۹	۰/۰۹۹ ±۰/۰۰۴۶
درصد ماده مغذی در ساقه	۰/۰۰۶ ±۰/۰۰۴۴	۰/۰۲۴ ±۰/۰۰۲۵	۰/۰۰۱۶ ±۰/۰۰۰۰	۰/۰۶۳۳ ±۰/۰۰۰۳۱	۲ ±۰/۲۵۷	۰/۵۲ ±۰/۱۳۴	۱/۰۱۸ ±۰/۰۸۸	۳ ±۰/۰۸۴	۰/۱۱۲ ±۰/۰۰۴
درصد جذب مواد مغذی غذا توسط نشاء های کاهو	۷/۹۷	۲/۲	۲/۴۸	۷۳/۷۶	۵/۰۱	۴/۷۲	۱/۴۸	۸/۹۸	۰/۲۸

پرورشی برآورد گردید که شرح آن در جدول (۹) آمده است.

با توجه به درصد مواد معدنی موجود در ماده خشک ساقه و ریشه گیاه کاهو و وزن تر محصول برداشت شده در پایان آزمایش، مقدار جذب مواد معدنی توسط کاهو از محیط

بحث و نتیجه گیری

مقدار مواد معدنی (مغذی) موجود در پساب تولید شده در حین پرورش ماهی تیلایا، امکان پرورش و تولید کاهو را در حد متعارف فراهم نمود. نتایج این آزمایش نشان داد که کاهش غلظت مواد معدنی کمیاب^۱ مانند آهن، روی، مس و منگنز در آب اثر منفی بر روی پرورش گیاه کاهو نداشت و نشاءهای کاهو توانایی جذب سریع این مواد را که در نتیجه معدنی شدن مواد آلی در اثر عملکرد فلور طبیعی باکتریایی در سازگان رها سازی شده بود دارا بودند. مقایسه غلظت مقدار مواد مغذی تولید شده در پرورش ماهی با مواد مغذی که به عنوان محیط کشت برای پرورش گیاه کاهو با روش کشت گیاه در مواد مغذی محلول با روش فناوری پرورش کاهو در سازگان چرخش مواد مغذی^۲ (Cooper, ۱۹۷۹) به کار می‌رود، اشاره بر این موضوع دارد که اگر پساب یک کارگاه پرورش ماهی، حاوی ۶ درصد آهن، ۱۳ درصد منگنز، ۳۶ درصد روی، ۰/۰۰۱ درصد مس، ۱۳ درصد کلسیم، ۱۸ درصد منیزیم، ۷۴ درصد فسفر، ۱۰ درصد پتاسیم و ۲۸ درصد ازت آن محیط کشت باشد، می‌تواند مواد مغذی لازم را در دسترس گیاه کاهو برای رشد قرار دهد. بچه ماهی‌های تیلایا به مدت سه هفته پرورش داده شدند و بعد از برداشت ماهی، بلافاصله نشاءهای کاهو وارد سینی‌های پرورش شدند. با رشد متعارف گیاه کاهو در مدت ۵ هفته این موضوع به اثبات رسید که در یک سازگان پرورش توام ماهی و گیاه، بعد از سه هفته از راه اندازی سازگان پرورشی و پرورش ماهی در آن، غلظت مواد مغذی در سازگان به حدی خواهد رسید که نیاز گیاه کاهو را برای رشد فراهم کند.

درصد جذب مواد معدنی موجود در غذای مصرفی توسط کاهو برابر با ۰/۲۲، ۰/۷۳/۷۶، ۰/۷/۹۷، ۰/۳/۴۸، ۰/۵/۰۱، ۰/۴/۷۲، ۰/۱/۴۸، ۰/۸/۹۸ و ۰/۲۸ درصد به ترتیب برای آهن، منگنز، روی، مس، کلسیم، منیزیم، فسفر، ازت و پتاسیم بود. در این ارتباط مقدار جذب ۲-۹ درصد ازت موجود در

غذای مصرفی توسط کاهو در کشت توام ماهی و کاهو گزارش شده است (۱۲).

مقدار زیاد غلظت مواد مغذی (معدنی) موجود در محیط پرورشی در پایان آزمایش (TDS + TSS) دلالت بر فراهم بودن شرایط محیطی برای کشت دوباره نشاءهای کاهو داشت. وارد کردن مجدد نشاءهای کاهو و رشد مطلوب آنها این موضوع را اثبات کرد (رفیعی، داده‌های منتشر نشده). کاهش مقدار ماده معدنی موجود در مواد آلی باقی مانده در سینی‌های پرورشی گیاه نشان دهنده عملکرد باکتریایی موجود در سازگان در تجزیه و معدنی کردن ترکیبات آلی بود. در این خصوص گزارش‌هایی مبنی بر کاهش مقدار ۱۱ درصد نیترات و ۳۱ درصد فسفات، در پساب تولید شده در یک سازگان پرورش توام ماهی تیلایا و کاهو نیز وجود دارد (۴ و ۱۴).

مقدار رهاسازی فسفر در سازگان به عملکرد ماهی در جذب فسفر غذای ورودی ارتباط می‌یابد. در این ارتباط مقدار فسفر موجود در غذا بر اساس نیاز ماهی به فسفر و نوع گونه ماهی تعیین می‌شود. در ضمن اگر فسفر موجود در جیره ماهی از منابع گیاهی تامین شده باشد قابلیت جذب آن توسط ماهی ۵۰-۲۰ درصد می‌باشد (۹). با افزایش درصد فسفر در غذا و استفاده از فسفر حیوانی غلظت آن در بدن ماهی نیز افزایش می‌یابد. برآورد شده است که اگر جیره غذایی ماهی حاوی ۸/۶-۳/۸ گرم در کیلو گرم فسفر باشد، مقدار جذب فسفر در بدن ماهی ۴/۳-۳/۳ گرم در کیلوگرم وزن تر ماهی خواهد بود (۸). در این پژوهش مقدار فسفر موجود در غذای مصرفی شده برای تغذیه ماهی تیلایا ۸/۱۴ گرم در کیلوگرم بود و مقدار جذب آن توسط ماهی در پایان آزمایش ۱۰/۹ گرم در کیلو گرم وزن خشک ماهی بود. بنابراین، مقدار رها سازی فسفر در سازگان به نوع ماهی پرورشی و کیفیت غذای مصرفی ارتباط داده می‌شود که در این آزمایش، با در نظر گرفتن غلظت فسفر در بدن بچه ماهی‌های معرفی شده در شروع آزمایش و رشد یافته در پایان آزمایش، می‌توان این طور نتیجه‌گیری کرد که فسفر موجود در غذا بیش از حد متعارف مورد نیاز ماهی بوده است و علت جذب درصد کم

۱- Microelements

۲- Nutrient Film Technique

مشخص گردید که پساب تولید شده در سازگان مدار بسته پرورش ماهی قابلیت لازم را از نظر مقدار غلظت مواد مغذی محلول و سایر خصوصیات فیزیکی-شیمیایی برای پرورش گیاه کاهو به روش کشت در آب یا محیط مواد مغذی محلول دارد. همچنین عملکرد ماهی در جذب مواد مغذی موجود در غذا و تولید مواد زاید و نیز توانایی گیاه کاهو در جذب مواد مغذی به خوبی از نظر کمی مورد بررسی قرار گرفت. این نتایج را می‌توان در بخش پرورش گیاه در آب و یا در یک سازگان پرورش توام ماهی و گیاه کاهو به صورت مدار بسته برای جذب مواد معدنی در حال افزایش در سازگان به کار گرفت. مقایسه عملکرد پساب تولید شده در پرورش ماهی با محیط پرورشی حاوی مواد مغذی محلول که برای پرورش گیاه کاهو، به روش مرسوم پرورش گیاه در آب (۲) به کار می‌رود، از تحقیقاتی است که مدنظر است در آینده انجام گیرد.

فسفر غذا توسط نشاهای کاهو افزایش بیش از حد آن در غذا و رها سازی زیاد آن در سازگان بوده است. گر چه با افزایش نسبت تعداد نشاهای کاهو به تعداد ماهی‌های معرفی شده به سازگان، امکان جذب بیشتر فسفر وجود داشت.

افزایش سریع EC در زمان پرورش ماهی و افزایش تدریجی آن در حین پرورش کاهو به این موضوع اشاره دارد که با ورود غذا به سازگان و جذب و هضم آن توسط ماهی، تجمع مواد دفعی و ترشحات ماهی در سازگان افزایش می‌یابد که این امر افزایش EC در سازگان را توجیه می‌کند (۴، ۱۲ و ۱۴). تغییرات EC در سازگان در حین پرورش کاهو، به عملکرد باکتری‌ها در معدنی کردن مواد آلی موجود در سازگان و جذب مواد مغذی توسط نشاهای کاهو ارتباط می‌یابد (۱۲). در پژوهش حاضر با عدم ورود غذا شدت افزایش EC کم شد که آن را می‌توان به جذب مواد معدنی توسط گیاه کاهو ارتباط داد. با انجام این آزمایش

منابع

- 1-APHA (American Public Health Association), 1980. American Water Works Association and Water Pollution Control Federation. 1980. Standard Methods for Experimentation of Water and Wastewaters, 16th Edition, Washington.
- 2-Cooper, A, 1979. The ABC of NFT Grower Book, London, pp181.
- 3-Hach Company, 1991. Digital, Digestion Apparatus, Instrument Manual, Printed in USA.
- 4-Lewis, W. M., J. H. Yoop., H. L. Schramm & A. M. Brandenburg, 1978. Use of Hydroponics to Maintain Water Quality of Recirculated Water in a Fish Culture System, Trans, Journal of Aermican Fish Society, 107(1): 92-99.
- 5-Maria, H. F., M. Marecos., N. A. Andreas & A. Takashi, 1996. Necessity and basis for Establishment of European Guidelines for Reclaimed Wastewater in the Mediterranean Region, Journal of Water Science and Technology, Volume 33, PP: 303-316.
- 6-Nair, A., J. E. Rakocy & J. A. Hargreaves, 1985. Water Quality Characteristics of a Closed Recirculating System for Tilapia Culture and Tomato Hydroponics, Second International.
- 7-Conference on Warm Water Aquaculture Finfish. Proceedings of a Conference, HI, PP: 223-254.
- 8-Nakamura, Y, 1982. Effect of Dietary Phosphorus and Calcium Contents on the Absorption of Phosphorus in the Tract of Carp. Bull. Japan Society Science Fisheries, 48: 409-413.
- New Alchemy Institute, 1980. Assessment of Semi Closed, Renewable Resources-based Aquaculture System. Progress Report No. 5 (OPA 77-16790 Ao3), Appropriate Technology Program, National Science Foundation.
- 9-NRC, 1983. Nutrient Requirement of Warm Water Fishes and Shellfishes, National Academy Press, Washington DC.
- 10-Parames. N & Waran, M, 1999. Urban Wastewater Use in Plant Biomass Production, Journal of Resource Conservation and Recycling, 27: 39-45.

- 11-Puckett, L. J., 1994. Non-point and Point Sources of Nitrogen in Major Watersheds of the United States: Report No. 94. PP 401-9. US Geological Survey Water-Resources Investigations.
- 12-Rakocy, J. E, 1995. The Roles of Plant Crop Production in Aquacultural Wastewater, Aquacultural Engineering and Waste Management, Proceedings From the Aquaculture Expo VIII and Aquaculture in the Mid-Atlantic Conference, Washington, D.C. June 24-28, 1995.
- 13-Rakocy, J. E., J. A. Hargreaves & D. S, Bailey, 1993. Nutrient Accumulation in a Recirculating Aquaculture System Integrated with Hydroponic Vegetable Production. P: 112-136. In: Wang, J.K. (Ed.), Techniques for Modern Aquaculture. Proceedings of a Conference, 21-23 June 1993, Spokane, WA.
- 14-Wren, S.W, 1984. Comparison of Hydroponic Crop Production Techniques in a Recirculating Fish Culture System. M.sc. Thesis, Texas University, College Station, TX, 66 PP.

Usage Of Aquaculture Wastewater Produced in A Recirculating Aquaculture System as A Medium for Lettuce (*Lactuca sativa* Var *Longifolia*) Production

G. Rafiee¹ C. Saad² M. S. Kamarudin³ M.R. Ismail⁴ K. Sijam⁵

Abstract

A recirculating aquaculture system was designed, consisted of a fish tank (110 L × 84 W × 100 D cm), three hydroponic troughs (110 L × 30 W × 5 D cm) and a water pump with the capability of pumping 30 liters of water per minute for circulation of water through the system. Hydroponic troughs were installed over the fish tank with in a distance of 20 cm. Each fish tank was filled with a volume of 640 liters of water and then 75 juveniles (20 ± 0.02 g) of red tilapia were introduced in each tank to be reared for a 3-week period. The fish were fed a floating pellet feed, containing 24% protein, twice a day at 09.00 and 18.00. The mean amount of supplementary feed was 2025g in each fish tank during the experimental period. The fish attained mean individual weight of 44.73 ± 0.35 g at harvest time and the remaining wastewater or residual in each system was used as a medium to supply nutrient needs of 42 one-week old lettuce seedlings in a culture system. Lettuce seedlings were cultivated for a 5-week period. The yield in lettuce was 2017 ± 197 g at the end of the experiment. The concentration of nutrients in water were determined after the harvest of fish as well as the lettuce seedlings. On average, lettuce seedlings could intake 3.20, 73.76, 7.97, 3.48, 5.01, 4.72, 1.48, 8.98, and 0.28 % of feed's Fe, Mn, Zn, Cu, Ca, Mg, P, N and K, respectively. Results in this study indicated that aquaculture wastewater can be used as a suitable nutrient supplying solution for lettuce culture in a NFT(Nutrient Film Technique) system.

Keywords: Aquaculture wastewater, Nutrient supplying solution, Recovery, Lettuce, Tilapia, Recirculating system.

¹- Assistant Professor, Faculty of Natural Resources, University of Tehran. (E-mail:rezarafiee@yahoo.com)

²-Assistant, Professor, Faculty of Agriculture University of Putra, Malaysia

³- Associate, Professor, Faculty of Agriculture University of Putra, Malaysia

⁴- Associate, Professor, Faculty of Agriculture University of Putra, Malaysia

⁵- Associate, Professor, Faculty of Agriculture University of Putra, Malaysia