بررسي كاربرد پساب ناشي از پرورش ماهي تيلاپياي قرمز (*Oreochromis sp.*) در كشت گياه كاهو (*Lactuca sativa*) در سازگان پرورش مداربسته[۱]

غلامرضا رفيعي[۲] چيروز سعد[۳] محمد صالح كامارودين[۴] محمد رازي اسماعيل[۵] قمرالزمان سيجام[۶]

چكيده

با استفاده از يك مخزن پرورش ماهي به ابعاد ۱۱۰ سانتيمتر طول، ۸۴ سانتيمتر عرض و ۱۰۰ سانتي متر ارتفاع و قرار دادن سه سيني پرورش گياه به ابعاد ۱۱۰ سانتيمتر طول، ۳۰ سانتيمتر عرض و ۵ سانتيمتر عمق و در فاصله ۲۰ سانتيمتري بالا مخزن ماهي و يك پمپ آب براي چرخش آب در سازگان با قدرت آبدهي ۳۰ ليتر بر ثانيه يك سازگان پرورش مداربسته براي پرورش ماهي تيلاپياي قرمز طراحي گرديد. سپس براي توليد پساب ماهي، تعداد ۷۰ قطعه ماهي با ميانگين وزن ۲۰۰/۰۲± گرم در مخزن پرورش ماهي وارد شدند و به مدت سه هفته با غذايي حاوي ۴۵ درصد پروتئين تغذيه شدند. ماهيان دوبار در روز در ساعات ۹ صبح و ۴ بعدازظهر غذادهي شدند. ميزان مصرف روزانه غذا حدود ۵ درصد وزن كل ماهي‌ها در هر مخزن پرورشي بود. بعد از سه هفته ماهي‌ها برداشت و مواد محلول و غير محلول موجود (پساب) در سازگان به عنوان محيط كشت براي پرورش كاهو مورد استفاده قرار گرفت. سازگاني مشابه كه فقط درآن ب در گردش بود نيز براي تعيين ورود موادي كه احتمال داشت از خارج وارد سيستم شود به عنوان تيمار صفر مورد بررسي قرار گرفت. تعداد ۴۲ نشاء كاهو هر يك به سن يك هفته وارد سيني‌هاي پرورش گياه در هر واحد زمايش شدند و بعد از ۵ هفته كاهوها برداشت گرديدند. مقدار كل محصول كاهو توليد شده با ا ستفاده از پساب، به طور ميانگين ۱۹۷± ۲۰۱۷ گرم در مترمربع بود. در تيمار ب (صفر) نشاءهاي كاهو همگي بعد از دو هفته از بين رفتند. غلظت مواد معدني در مخزن پرورش ماهي بعداز برداشت ماهي و بعد از برداشت كاهو اندازه‌گيري شد. با شروع كشت كاهو غلظت مواد معدني داراي تغييراتي بود و كاهش نشان داد. نشاءهاي كاهو توانستند در حين رشد ۳/۲ درصد هن، ۷۳/۷۶ درصد منگنز، ۷/۹۷ درصد روي، ۳/۴۸ درصد مس، ۵/۰۱ درصد كلسيم، ۴/۷۲ درصد منيزيم، ۱/۴۸ درصد فسفر، ۸/۹۸ درصد ازت و ۰/۲۸ درصد پتاسيم را كه از طريق غذا دهي به ماهي وارد ساز گان شده بود جذب كنند. نتايج اين آزمايش نشان داد كه پساب توليد شده در پرورش ماهي به صورت مداربسته را مي‌توان به عنوان مواد مغذي براي كشت گياه كاهو به روش كشت در محلول مواد مغذي به كار برد.

واژه‌هاي كليدي: *مواد مغذي (معدني)، پساب پرورش ماهي، گياه كاهو، ماهي تيلاپيا، سازگان مداربسته*

[۱] -تاريخ دريافت:۸۲/۱۱/۱۳، تاريخ پذيرش:۸۳/۶/۳۰

[۲]– استاديار، دانشكده منابع طبيعي، دانشگاه تهران، **(E_mial:rezarafiee@yahoo.com)**

[۳] – استاديار دانشكده كشاورزي، دانشگاه پوترا مالزي

[۴] – دانشيار دانشكده كشاورزي، دانشگاه پوترا مالزي

[۵]- دانشيار دانشكده كشاورزي، دانشگاه پوترا مالزي

[۶]- دانشيار دانشكده كشاورزي، دانشگاه پوترا مالزي

مقدمه

پساب توليد شده در پرورش گوساله، گاو شيري، مرغ، ماهي و خوك و ديگر حيوانات اهلي حاوي سطوح مختلفي از مواد مغذي براي رشد گياه مي‌باشند و عموماً قبل از رهاسازي در محيط‌هاي طبيعي كيفيت آنها بهبود يافته و يا مجدداً مورد استفاده قرار مي‌گيرند. روش‌هاي مختلفي براي بهبود كيفي اين نوع پساب‌ها به صورت اقتصادي وجود دارد و در حال حاضر در حد آزمايشي و يا در مقياس كاملاً تجاري اين روش‌ها در كانادا و آمريكا به كار مي‌روند (۱۱). ساليان زيادي كه از پساب‌ها براي آبياري باغ‌ها و محصولات كشاورزي در ناحيه مديترانه‌اي كشور پرتقال استفاده مي‌شود و اين عملكرد منجر به ارايه دستورالعمل‌هايي براي استفاده از فاضلاب يا پساب در اروپا گرديده است (۵). در كشور استراليا مشتاقان زيادي وجود دارند كه از پساب‌هاي توليد شده در دامپروري براي پرورش گل و گياه، محصولات زراعي و باغي استفاده مي‌كنند (۱۰) .

بسياري از پرورش دهندگان ماهي در سازگان[1] مدار بسته اعلام كرده‌اند كه پساب توليد شده از اين طريق حاوي مقادير زيادي مواد مغذي است كه مي‌تواند مورد استفاده گياه به روش كشت در آب[2] قرار گيرد. در اين زمينه براي افزايش توليد ماهي و بهبود شرايط كيفي آب در سازگان پرورشي يك بخش پرورش گياه نيز وارد مجموعه پرورش ماهي شده است كه اين عمل منجر به توليد فناوري پرورش توام ماهي و گياه[3] گرديده است. بررسي‌هاي به عمل آمده در اين زمينه نشان مي‌دهد كه چگونگي عملكرد گياه پرورشي در جذب مواد معدني و در ارتباط با عملكرد تركيب باكتري‌هاي موجود در محيط پرورش در تجزيه مواد آلي به مواد معدني به طور مجزا در سازگان مورد بررسي قرار نگرفته است. لذا با انجام اين تحقيق سعي گرديد كه روند معدني شدن مواد آلي در ارتباط با باكتري‌هاي طبيعي موجود در محيط و مقدار جذب مواد مغذي توسط گياه در يك سازگان مداربسته و چرخش پساب مورد ارزيابي قرار گيرد تا داده‌هاي به دست آمده از اين تحقيق را بتوان به طور عملي درتصفيه پساب، مديريت توليد پساب در يك سازگان پرورش توام ماهي و گياه به روش مداربسته و سازگان‌هاي ديگر پرورش ماهي مورد استفاده قرار داد.

مواد و روش‌ها

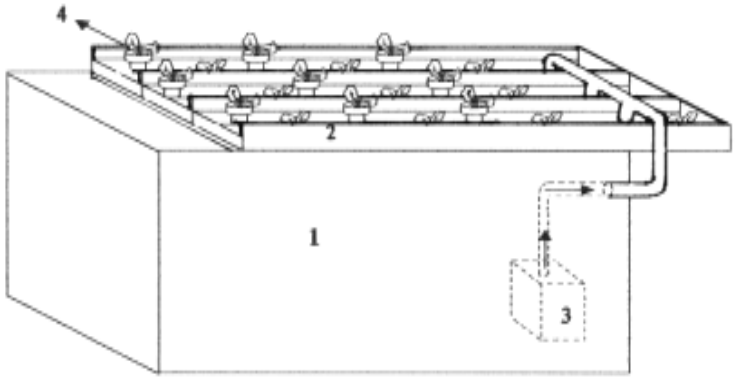
طراحي سازگان و طرح آزمايش

در ابتدا با استفاده از يك مخزن پرورش ماهي به ابعاد ۱۱۰ سانتيمتر طول، ۸۴ سانتيمتر عرض و ۱۰۰ سانتيمتر ارتفاع و قرار دادن سه سيني پرورش گياه به ابعاد ۱۱۰ سانتيمتر طول، ۳۰ سانتيمتر عرض و ۵ سانتيمتر عمق و در فاصله ۲۰ سانتيمتري بالاي مخزن نگهداري ماهي، يك سازگان براي پرورش ماهي به روش چرخش مجدد آب طراحي شد. براي چرخش آب در سازگان از يك پمپ با قدرت آبدهي ۳۰ ليتر در ثانيه استفاده گرديد. اين پمپ در كنار و داخل مخزن پرورش ماهي قرار داده شد. آب از مخزن پرورش مكش يافته و از طريق لوله‌هاي رابط و از طريق سه انشعاب و با دبي يكسان وارد هر سيني پرورش گياه مي‌شد و سپس از طريق نيروي جاذبه و از انتهاي هر سيني دوباره وارد مخزن پرورش ماهي مي‌گرديد شكل(۱).

براي نيل به هدف تعيين شده در اين پژوهش، در ابتدا پساب پرورش ماهي در سازگان مدار بسته با سه تكرار توليد شد و تيمار صفر نيز كه همان ب در گردش با حجم يكسان در سازگان بود، در طول زمان زمايش به گردش در مد تا آثار محيطي وارد بر سازگان پرورشي در افزايش مواد مغذي مشخص گردد. بنابراين، واحدهاي آزمايش را ۶ سازگان مدار بسته تشكيل مي‌داد كه در سه سازگان بچه ماهي‌ها به مدت سه هفته پرورش داده شدند و در سه سازگان ديگر ماهي وارد نشد و غذا دهي هم صورت نگرفت و تنها آب موجود در مخزن در گردش قرار داشت. بعد از سه هفته و با برداشت ماهي‌هاي پرورشي پساب توليدي به

۱-System
۲-Hydroponics
۳-Aquaponics

عنوان مواد مغذي در همان سازگان براي توليد كاهو مورد استفاده قرار گرفت.



شكل ۱- سازگان طراحي شده براي پرورش ماهي و توليد پساب به منظورپرورش گياه كاهو به روش مدار بسته

نحوه پرورش ماهي و گياه در سازگان

ماهيان پرورشي داراي ميانگين وزني ۰/۰۲± ۲۰ گرم بودند. در شروع آزمايش، مخزن پرورش ماهي با ۶۴۰ ليتر آب آبگيري شد و سپس ماهيان وارد مخزن پرورشي گرديدند و پمپ آب و هواده نيز راه اندازي شد. در هر سازگان تعداد ۷۰ قطعه ماهي در مخزن نگه داري ماهي ريخته و به مدت سه هفته پرورش و از مخزن پرورشي بر داشت شدند. بعد از برداشت ماهي پساب توليد شده در سازگان به عنوان مواد مغذي براي توليد كاهو به كار رفت.

براي اين كار تعداد ۴۲ نشاء كاهو هر يك به سن يك هفته وارد سيني‌هاي پرورش گياه در هر واحد آزمايش شدند و بعد از ۵ هفته كاهوها برداشت گرديدند و با عملكرد مشابه با سازگاني كه ب فقط در ن در گردش بود مورد مقايسه قرارگرفتند.

آب مصرفي و خصوصيات فيزيكو- شيميايي آن

كيفييت آب مصرفي در شروع ازمايش به شرح جدول (۱) بود.

جدول۱- پيراسنجه هاي شيميايي آب مصرفي در شروع آزمايش

پيراسنجه هاي آب مصرفي	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)
مقدارغلظت	۰/۲۳	۸/۱۰	۱/۱۷	۰/۰۱	۰/۰۰۰۱	۲۳/۲۰	۱//۷۱	۱/۱۰	۲/۴۰	۰./۳۰

Ec* به ميلي موس بر سانتيمتر **(mg/l)**** = ميليگرم در ليتر

غذاي مصرفي و چگونگي غذادهي

جيرة غذايي مورد مصرف براي تغذيه ماهي يك غذاي تجاري به صورت حبه شناور در آب بود كه از كارخانه كارگيل[1] تهيه شد و به طور ميانگين داراي ۲۴ درصد پروتئين، ۶ درصد چربي، ۶ درصد فيبر و ۱۱ درصد رطوبت بود. ماهيان دو بار در روز در ساعات ۹ صبح و ۴ بعدازظهر غذادهي شدند. مقدار مصرف روزانه غذا حدود ۵ درصد وزن كل ماهي‌ها در هر مخزن پرورشي را تشكيل مي‌داد.

هوادهي آب در مخزن نگهداري ماهي

آب هر مخزن از طريق دو سنگ هوا به ظرفيت هوادهي ۵ ليتر هوا در دقيقه هوادهي مي‌شد. سازگان هواده مركزي براي توليد هوا مورد استفاده قرار گرفت.

۱-Cargill-Company

اندازه گيري وزن ماهيان در انتهاي مرحله پرورش

وزن انفرادي هر ماهي از طريق وزن كردن آن در يك ظرف حاوي آب با وزن مشخص اندازه گيري شد. وزن كل ماهيان موجود در يك مخزن با جمع كردن وزن انفرادي ماهيان به دست آمد.

اندازه گيري مواد مغذي موجود در محيط پرورشي گياه

بلافاصله بعداز جمع آوري ماهي و نيز در پايان مرحله كشت و جمع آوري گياه، مواد آلي دفعي و غذاي خورده نشده كه بر روي سينيهاي پرورش گياه رسوب داده شده بود در يك ظرف پلاستيكي ريخته شد و وزن خالص آن بعد از وزن كردن ظرف و مواد مذكور باهم و سپس با كم كردن وزن ظرف پلاستيكي از وزن كل ظرف و مواد دفعي به دست آمد. سپس مواد جمع آوري شده كاملاً همگن[1] شد و ۳۰۰ ميلي ليتر از آن نمونه برداري و در دماي ۷۰ درجه سانتيگراد و تا حصول وزن خشك (به مدت ۳ روز) در آون قرار داده شد (APHA، ۱۹۸۰). مقدار كل ماده خشك مواد نشست كرده بر روي سينيهاي پرورش گياه از طريق فرمول زير محاسبه گرديد.

$$A= B\times C$$

كه در آن :

A = وزن كل ماده خشك،

B = درصد ماده خشك در نمونه (۳۰۰ ميلي ليتر) برداشته شده ،

C = وزن كل تر مواد آلي مدفوعي جمع آوري شده از داخل سينيها.

اندازهگيري مواد معلق[2] و محلول[3] در آب مخزن نگهداري ماهي

بلافاصله بعداز جمع آوري ماهي و نيز در پايان مرحله كشت و جمع آوري گياه، با يك تور ماهيگيري بزرگ قاشقي شكل آب كاملاً به هم زده شد. سپس چهار نمونه از آب هر يك به مقدار ۳۰۰ ميلي ليتر از مخزن ماهي برداشت شد. با عبور دو نمونه آب برداشت شده از فيلتر كاغذي[4] و جمع آوري مواد معلق و با قرار دادن مجموعه رسوب جمع شده روي فيلتر به همراه فيلتر كاغذي در آون و خشك كردن آن تا رسيدن به وزن ثابت و از طريق فرمول زير مقدار مواد معلق موجود در آب اندازه گيري شد.

$$A= AB- B$$

A = وزن خشك مواد معلق،

AB = وزن خشك فيلتر و مواد معلق جمع آوري شده،

B = وزن خشك فيلتر كاغذي مورد استفاده،

وزن مواد محلول در آب به روش زير اندازهگيري شد.

ابتدا نمونه آب از فيلتر ياد شده عبور داده شد و محلول عبور داده شده از فيلتر (حدود ۳۰۰ ميلي ليتر) وزن و در يك ظرف كاملاً خشك با وزن معلوم (بشر ۵۰۰ ميلي ليتري) ريخته شد و در داخل آون در درجه حرارت ۷۰ درجه سانتيگراد قرار داده شد. بعداز تبخير كامل آب، ظرف مذكور مجدداً وزن و سپس مقدار ماده محلول در آب به روش زير اندازه گيري شد.

$$A= AB-B$$

A = وزن ماده خشك آب به گرم،

AB = وزن مجموع ماده خشك آب و ظرف محتوي آب،

B = وزن خشك ظرف به گرم،

درصد ماده خشك محلول آب بدين طريق محاسبه شد.

$$C= \frac{A}{D} \times ۱۰۰$$

C= درصد ماده خشك،

A = وزن ماده خشك آب به ميلي گرم،

D = مقدار آب برداشته شده به ليتر.

اندازه گيري مواد مغذي موجود در ماده خشك ماهي، گياه و مواد دفعي

ماده خشك به دست آمده ازلاشه ماهي، مواد دفعي و گياه كاملاً پودر و همگن گرديد. مقدار ۰/۲۵ گرم از هر يك از آنها با چهار تكرار برداشت شد و به روش كجلدال (HACH Company, Cat. NO 23130-18) هضم يا كاملاً معدني شدند. بعد از معدني شدن كامل حجم نمونهها با آب مقطر كاملاً يون گرفته شده به ۱۰۰ ميلي ليتر رسيد. سپس غلظت ازت كل و فسفر آن از طريق روش برتولت با

۱-Homogenized

۲-Total Suspended Solids

۳-Total Dissolved Solid

۴-Wattman

استفاده از دستگاه اتوآنالايزر(Chemlab- system 4) اندازه‌گيري شد. درصد پتاسيم، آهن، كلسيم، روي، منيزيم، مس و .... در هر نمونه با استفاده از روش جذب اتمي و از طريق طيف سنجي (Atomic absorption spectrophotometer model perkin Etiner AAS 3110) اندازه‌گيري شد.

اندازه‌گيري پيراسنجه هاي فيزيكو- شيميايي آب در حين آزمايش

غلظت اكسيژن محلول در آب (DO)، درجه حرارت آب مخازن پرورشي هر هفته دو بار با دستگاه اكسيژن و درجه حرارت سنج (YSI Model 57) اندازه گيري شد.

هدايت الكتريكي آب (Ec) دو بار در هفته با دستگاه اندازه گيري هدايت الكتريكي آب (HANA, HI 8033) اندازه گيري شد. پي- اچ (pH) آب با دستگاه پي – اچ سنج (Orion model 410A) دوبار در هفته و با نمونه برداري به مقدار ۱۰۰ سانتيمتر مكعب از آب مخزن پرورش ماهي اندازه گيري شد.

اندازه گيري غلظت مواد معدني محلول در آب

غلظت مواد معدني محلول در آب هر هفته يكبار و با برداشت ۱۰۰ ميلي ليتر آب ازهر مخزن نگهداري ماهي و اندازه‌گيري مستقيم مقدار آنها با دستگاه جذب اتمي و اتوآنالايزر بدون انجام عمل معدني كردن آنها انجام گرفت.

تجزيه و تحليل داده ها

براي تجزيه و تحليل داده‌ها از آمار توصيفي استفاده گرديد.

نتايج

رشد ماهي

داده‌هاي مربوط به رشد ماهي در جدول (۲) ارايه شده است. اين داده‌ها نشان مي‌دهند كه ماهيان ۲۰ گرمي بعد از سه هفته به ميانگين وزن انفرادي ۰/۵۳ ± ۴۴/۷۳ گرم رسيدند. ضريب تبديل غذايي (FCR) مقدار كل غذاي مصرفي (TFC) و مقدار رشد روزانه ماهي (DGR) در جدول مذكور ارايه شده است. لازم به ذكر است كه در حين انجام زمايش ماهي مرگ و مير نداشت.

جدول ۲- ميانگين داده هاي مربوط به عوامل رشد ماهي در حين زمايش

مقدار رشد روزانه (گرم)	مقدار مصرف غذا (گرم)	ضريب تبديل غذايي	وزن برداشت (گرم)	وزن اوليه ماهي (گرم)
۱/۱۸ ±۰/۰۳	۲۰۲۵±۰/۰۰۰	۱/۱±۰/۰۲	۴۴/۷۳±۰/۵۳	۲۰±۰/۰۱

كل مواد مغذي موجود در محيط پرورشي

مقدار ماده مغذي موجود در سازگان پرورشي بر اساس مقدار مواد مغذي كه از طريق تغذيه ماهي وارد محيط پرورشي شد منهاي مقدار ماده‌اي كه ماهي حين رشد (وزن برداشت – وزن اوليه ماهي) از طريق مصرف غذا به دست آورده بود به دست آمد. درصد مواد معدني موجود در وزن خشك ماهي و غذا در جدول (۳) آورده شده است.

جدول ۳- درصد مواد مغذي در ماده خشك بدن ماهي و غذاي مصرفي

مواد معدني	Zn	Fe	Cu	Mn	Ca	Mg	N	P	K
درصد موجود در غذا	۰/۰۰۵۶ ±۰/۰۰۰۰۷	۰/۱۰۹۴ ±۰/۰۵۷۴	۰/۰۰۲۴ ±۰/۰۰۰۰۱	۰/۰۰۳ ±۰/۰۰۱۴	۱/۷۴ ±۰/۲۲۶	۰/۴۳ ±۰/۰۳۷	۳/۴۰ ±۰/۲۲۶	۱/۴۸ ±۰/۰۹۱	۰/۵۳ ±۰/۰۰۱۴
درصد موجود در بدن ماهي در ابتداي ازمايش	۰/۰۰۴۷ ±۰/۰۰۰۲۳	۰/۰۰۵۲ ±۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۴ ±۰/۰۰۰۰۲	۰/۰۰۰۴۵ ±۰/۰۰۱۳	۲/۳۲ ±۰/۲۴	۰/۷۰ ±۰/۰۰۱	۵/۶۰ ±۰/۲۲۰	۱/۰۹ ±۰/۶۲۵	۰/۱۹ ±۰/۰۰۵
درصد موجود در بدن ماهي بعد از برداشت	۰/۰۰۳۳ ±۰/۰۰۰۲۳	۰/۰۳۲ ±۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۳۷ ±۰/۰۰۰۰۲	۰/۰۰۰۲۴ ±۰/۰۰۰۶۵	۲/۷۵ ±۰/۵۳	۰/۹۸۰ ±۰/۰۷۰	۵/۲۸ ±۰/۸۶۰	۱/۰۹ ±۰/۱۰۲	۰/۱۹ ±۰/۰۳۴

با توجه به داده‌هاي موجود و بر اساس عملكرد ماهي در جذب مواد مغذي غذا در محيط پرورش ، مقدار مواد مغذي موجود در سازگان به شرح موجود در جدول (۴) برآورد گرديد. لازم به ذكر است كه مواد مغذي فرار از مجموعه يعني ازت و كربن در محاسبه نيامده است.

جدول ۴- برآورد ميانگين مواد مغذي غذا كه در محيط پرورشي و با برداشت ماهي درسازگان باقي ماند.

ماده معدني	Zn	Fe	Cu	Mn	Ca	Mg	N	P	K
مقدار به گرم	۰/۰۵	۰/۱۱	۰/۰۶	۱/۹۹	۲۳/۰۲	۱/۶۶	۴۹/۶۶	۲۵/۷۵	۱۰/۰۰

مقدارغلظت مواد محلول مغذي در محيط پرورشي و در ماده خشك باقي مانده در سيني‌هاي پرورش گياه در هنگام برداشت ماهي و كاهو در پايان آزمايش در جدول (۵) آمده است. لازم به يادآوري است كه غلظت مواد مغذي در تيمار شاهد به جز مقدار ازت به حد ناچيزي كاهش نشان داد.

جدول ۵ - مقدارغلظت مواد مغذي موجود در آب مخزن پرورش ماهي در شروع و پايان كشت گياه

ماده مغذي محلول در آب		Zn	Fe	Cu	Mn	Ca	Mg	P	N	K
غلظت (ميلي گرم در ليتر)	شروع	۰/۰۰۰۰۲ ±۰/۰۰۰۰	۱۰/۹۶ ±۳/۹۶	۰/۰۰۰۰۲ ±۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۲ ±۰/۰۰۰۰	۲۴/۶۷ ±۱/۵۳	۳/۴۳ ±۴/۸۱	۱۳/۱۳ ±۰/۰۰	۱۰/۹۶ ±۳/۹۶	۶/۴۰ ±۱/۳۰
غلظت (ميلي گرم در ليتر)	پايان	۰/۰۰۰۰۲ ±۰/۰۰۰۰	۱/۷۲ ±۰/۳۷	۰/۰۰۰۰۲ ±۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۲ ±۰/۰۰۰۰	۲۲/۷۰ ±۹/۲۹	۷/۸۷ ±۱/۱۱	۲۶/۲۰ ±۱/۸۰	۱/۷۲ ±۰/۳۷	۱۲/۳۳ ±۱/۲۶
مقدار كل (گرم)	شروع	۰/۰۵۴	۰/۰۵۴	۰/۰۵۴	۰/۰۵۴	۱۳/۳۲	۱/۸۵	۵/۹۱	۷/۰۹	۳/۴۶
	پايان	۰/۰۰۰۰۱	۰/۰۰۰۰۱	۰/۰۰۰۰۱	۰/۰۰۰۰۱	۷/۹۷	۱/۱۱	۴/۲۴	۳/۵۴	۲/۰۶

جدول (۶) درصد و مقدار ماده مغذي را نشان مي‌دهد كه در هنگام كشت كاهو و برداشت آن در لجن موجود در سيني پرورشي ذخيره شده بود. اين داده‌ها نشان مي‌دهد كه درصد مواد مغذي مانند: آهن، منگنز، فسفر، روي و منيزيم در لجن خشك در پايان آزمايش كاهش و ساير مواد مغذي افزايش داشته است.

جدول ۶ - مقداردرصد مواد مغذي در ماده خشك لجن موجود در سيني پرورش گياه در شروع و پايان كشت گياه

ماده مغذي در لجن خشك		Zn	Fe	Cu	Mn	Ca	Mg	P	N	K
مقدار (درصد)	شروع	۰/۰۰۶ ±۰/۰۰۳	۰/۰۴۶ ±۰/۰۰۸۴	۰/۰۰۰۱ ±۰۰۰۴	۰/۰۰۸ ±۰/۰۲۱	۰/۵۷ ±۰/۰۹۵	۰/۳۸۴ ±۰/۰۱۷	۰/۵۴ ±۰/۰۲۷	۲/۶۱ ±۰/۰۹	۰/۰۲۵ ±۰/۰۰۲۳
مقدار (درصد)	پايان	۰/۰۰۵ ±۰/۰۰۰۵	۰/۰۴۴ ±۰/۰۰۱	۰/۰۰۰۸۴ ±۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۷ ±۰/۰۳۵	۴/۱۰ ±۰/۵۱	۰/۰۰۷۲ ±۰/۰۰۰۷	۰/۲۲ ±۰/۰۷	۲/۶۱ ±۰/۰۳	۰/۰۵۷ ±۰/۰۰۷
مقدار كل (گرم)	شروع	۰/۰۴۴	۰/۵۸	۰/۰۱۳	۰/۲۴	۶/۳۶	۰/۴۹	۲/۱۹	۶/۷۵	۰/۴۲
	پايان	۰/۰۴۴	۰/۳۸	۰/۰۰۷	۰/۰۶۱	۲/۶۸	۰/۲۲	۱/۸۹	۰/۹۳	۰/۹۶

پيراسنجه‌هاي كيفي آب

مقدار اكسيژن محلول در مخزن ماهي در حين انجام آزمايش دامنه تغييراتي بين ۸/۵-٦ ميليگرم در ليتر را داشت. دماي آب در حين انجام آزمايش داراي تغييراتي بين ۳۰-۲٦ درجه سانتيگراد بود. با شروع آزمايش مقدار پي- اچ آب شروع به كاهش نمود. اين كاهش تا هفته پنجم ادامه داشت و بعد از آن شروع به افزايش كرد و داراي تغييراتي بين ۶/۲۳-۷/۱۳ بود. تا هفته هفتم آزمايش هدايت الكتريكي آب افزايش يافت و در پايان آزمايش كاهش نشان داد. اين مقدار از ۰/۱۶ ميلي موس بر سانتيمتر در شروع آزمايش به بالاتر از ۰/۴۷ ميلي موس بر سانتيمتر در پايان آزمايش رسيد. با شروع زمايش و معرفي ماهي مقدار غلظت آمونياك در ب افزايش يافت و با برداشت ماهي و وارد كردن گياه كاهو به سازگان مقدار ن رو به كاهش گذاشت و در هنگام برداشت كاهو به ميانگين ۰./۲۱ ميليگرم در ليتر رسيد جدول (۷).

جدول۷ - تغييرات **pH** و **Ec** در طول انجام ازمايش

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
مونياك	*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*

رشد گياه كاهو و مقدار جذب مواد معدني

نشاءهاي يك هفته‌اي كاهو بعداز ورود به سازگان پرورشي كه در ن پساب ماهي مورد استفاده قرار گرفت (بعد از برداشت ماهي) به خوبي رشد يافتند و در تيمار صفر همگي مردند. مقدار برداشت كاهو در هر واحد آزمايش به طور ميانگين ۱۹۱±۲۰۱۷ گرم بود. درصد وزن خشك ساقه كاهو، ريشه كاهو، وزن ميانگين ريشه و ساقه كاهو در جدول (۸) آورده شده است.

جدول ۸- ميانگين داده هاي مربوط به محصول كاهو در سازگان پرورشي

ماده خشك ريشه (%)	وزن ريشه كاهو (گرم)	ماده خشك كاهو (%)	محصول ساقه كاهو (گرم)	محيط پرورش گياه
۳/۳۳±۰/۰۸	۳۴۷±۱۰	۵/۲۳±۰/۰۲	۲۰۱۷±۱۹۱	پساپ پرورش ماهي

جدول ۹- درصد ماده مغذي در ماده خشك ريشه و ساقه كاهو و درصد جذب مواد معدني موجود در غذا كه توسط كاهو جذب شد

ماده معدني	**Zn**	**Fe**	**Cu**	**Mn**	**Ca**	**Mg**	**P**	**N**	**K**
درصد ماده مغذي در ريشه	۰/۰۱۷ ±۰/۰۰۴۵	۰/۱۵۳ ±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 مغذي در ساقه	۰/۰۰۶ ±۰/۰۰۴۴	۰/۰۳۴ ±۰/۰۰۲۵	۰/۰۰۱۶ ±۰/۰۰۰۰	۰/۰۶۳۳ ±۰/۰۰۰۳۱	۲ ±۰/۲۵۷	۰/۵۳ ±۰/۱۳۴	۱/۰۱۸ ±۰/۰۸۸	۳ ±۰/۰۸۴	۰/۱۱۲ ±۰/۰۰۴
درصد جذب مواد مغذي غذا توسط نشاء هاي كاهو	۷/۹۷	۳/۲	۳/۴۸	۷۳/۷۶	۵/۰۱	۴/۷۲	۱/۴۸	۸/۹۸	۰/۲۸

با توجه به درصد مواد معدني موجود در ماده خشك ساقه و ريشه گياه كاهو و وزن تر محصول برداشت شده در پايان زمايش، مقدار جذب مواد معدني توسط كاهو از محيط پرورشي بر ورد گرديد كه شرح ن در جدول(۹) مده است.

بحث و نتيجه گيري

مقدار مواد معدني (مغذي) موجود در پساب توليد شـده در حين پرورش ماهي تيلاپيا ، امكان پرورش و توليد كـاهو را در حد متعارف فراهم نمود. نتايج اين آزمايش نشان داد كه كاهش غلظت مواد معدني كمياب[1] مانند آهن، روي، مس و منگنز در آب اثر منفي بر روي پرورش گياه كاهو نداشـت و نشاءهاي كاهو توانايي جذب سريع اين مواد را كه در نتيجه معدني شدن مواد آلي در اثر عملكرد فلور طبيعي باكتريايي در سازگان رها سازي شده بود دارا بودنـد. مقايسـه غلظـت مقدار مواد مغذي توليد شده در پرورش ماهي با مواد مغذي كه به عنوان محيط كشت براي پرورش گياه كـاهو بـا روش كشت گياه در مواد مغذي محلول با روش فنـاوري پـرورش كاهو در سازگان چرخش مواد مغـذي[2] (Cooper ،۱۹۷۹) به كار مي‌رود، اشاره بر اين موضوع داردكه اگر پسـاب يـك كارگاه پـرورش مـاهي، حـاوي ۶ درصـد آهـن، ۱۳ درصـد منگنـز، ۳۶ درصـد روي، ۰/۰۰۱ درصـد مـس، ۱۳ درصـد كلسيم، ۱۸ درصد منيـزيم، ۷۴ درصـد فسـفر، ۱۰ درصـد پتاسيم و ۲۸ درصد ازت ن محيط كشت باشـد، مـي‌توانـد مواد مغذي لازم را در دسترس گياه كاهو بـراي رشـد قـرار دهد. بچه ماهي‌هاي تيلاپيا به مدت سه هفته پـرورش داده شدند و بعد از برداشت ماهي، بلافاصله نشاءهاي كـاهو وارد سيني‌هاي پرورش شدند. بـا رشـد متعـارف گيـاه كـاهو در مدت ۵ هفته اين موضوع به اثبات رسيد كه در يك سازگان پرورش توام ماهي و گياه، بعـد از سـه هفتـه از راه انـدازي سازگان پرورشي و پرورش ماهي در ن، غلظت مواد مغـذي در سازگان به حدي خواهد رسيد كه نياز گياه كاهو را براي رشد فراهم كند.

درصد جذب مواد معدني موجود در غذاي مصرفي توسط كاهو برابر با ۳/۲، ۷۳/۷۶، ۷/۹۷، ۳/۴۸، ۵/۰۱، ۴/۷۲، ۱/۴۸، ۸/۹۸ و ۰/۲۸ درصد به ترتيب براي آهن، منگنز، روي، مس، كلسيم، منيزيم، فسفر، ازت و پتاسيم بود. در اين ارتباط مقدار جذب ۹-۲ درصد ازت موجود در غذاي مصرفي توسط كاهو و كاهو در كشت توام ماهي و كاهو گزارش شده است (۱۲).

مقدار زياد غلظت مواد مغذي (معدني) موجود در محيط پرورشي در پايان آزمايش (TDS +TSS) دلالت بر فراهم بودن شرايط محيطي براي كشت دوباره نشاءهاي كاهو داشت. وارد كردن مجدد نشاءهاي كاهو و رشد مطلوب آنها اين موضوع را اثبات كرد (رفيعي، داده‌هاي منتشر نشده). كاهش مقدار ماده معدني موجود در مواد آلي باقي مانده در سيني‌هاي پرورشي گياه نشان دهنده عملكرد باكتريايي موجود در سازگان در تجزيه و معدني كردن تركيبات آلي بود. در اين خصوص گزارش‌هايي مبني بر كاهش مقدار۱۱ درصد نيترات و ۳۱ درصد فسفات، در پساب توليد شده در يك سازگان پرورش توام ماهي تيلاپيا و كاهو نيز وجود دارد (۴ و ۱۴).

مقدار رهاسازي فسفر در سازگان به عملكرد ماهي در جذب فسفر غذاي ورودي ارتباط مي‌يابد. در اين ارتباط مقدار فسفر موجود در غذا بر اساس نياز ماهي به فسفر و نوع گونه ماهي تعيين مي‌شود. در ضمن اگر فسفر موجود در جيره ماهي از منابع گياهي تامين شده باشد قابليت جذب آن توسط ماهي ۵۰-۲۰ درصد مي‌باشد(۹). با افزايش درصد فسفر در غذا و استفاده از فسفر حيواني غلظت آن دربدن ماهي نيز افزايش مي‌يابد. براورد شده است كه اگر جيرة غذايي ماهي حاوي ۸/۶- ۳/۸ گرم در كيلو گرم فسفر باشد، مقدار جذب فسفر در بدن ماهي ۴/۳-۳/۳گرم در كيلوگرم وزن تر ماهي خواهد بود(۸). در اين پژوهش مقدار فسفر موجود در غذاي مصرف شده براي تغذيه ماهي تيلاپيا ۸/۱۴ گرم در كيلوگرم بود و مقدار جذب آن توسط ماهي در پايان زمايش ۱۰/۹ گرم در كيلو گرم وزن خشك ماهي بود. بنابراين، مقدار رها سازي فسفر در سازگان به نوع ماهي پرورشي و كيفيت غذاي مصرفي ارتباط داده مي‌شود كه در اين آزمايش، با در نظر گرفتن غلظت فسفر در بدن بچه ماهي‌هاي معرفي شده در شروع آزمايش و رشد يافته در پايان آزمايش، مي‌توان اين طور نتيجه‌گيري كرد كه فسفر موجود در غذا بيش از حد متعارف مورد نياز ماهي بوده است و علت جذب درصد كم

۱- Microelements

۲- Nutrient Film Technique

فسفر غذا توسط نشاهاي كاهو افزايش بيش از حد آن در غذا و رها سازي زياد آن در سازگان بوده است. گر چه با افزايش نسبت تعداد نشاهاي كاهو به تعداد ماهي‌هاي معرفي شده به سازگان، امكان جذب بيشتر فسفر وجود داشت.

افزايش سريع Ec در زمان پرورش ماهي و افزايش تدريجي آن در حين پرورش كاهو به اين موضوع اشاره دارد كه با ورود غذا به سازگان و جذب و هضم آن توسط ماهي، تجمع مواد دفعي و ترشحات ماهي در سازگان افزايش مي‌يابد كه اين امر افزايشEc در سازگان را توجيه مي‌كند (۴، ۱۲ و ۱۴). تغييرات Ec در سازگان در حين پرورش كاهو، به عملكرد باكتري‌ها در معدني كردن مواد آلي موجود در سازگان و جذب مواد مغذي توسط نشاهاي كاهو ارتباط مي‌يابد (۱۲). در پژوهش حاضر با عدم ورود غذا شدت افزايشEc كم شد كه آن را مي‌توان به جذب مواد معدني توسط گياه كاهو ارتباط داد. با انجام اين آزمايش مشخص گرديد كه پساب توليد شده در سازگان مدار بسته پرورش ماهي قابليت لازم را از نظر مقدار غلظت مواد مغذي محلول و ساير خصوصيات فيزيكو-شيميايي براي پرورش گياه كاهو به روش كشت در آب يا محيط مواد مغذي محلول دارد. همچنين عملكرد ماهي در جذب مواد مغذي موجود در غذا و توليد مواد زايد و نيزتوانايي گياه كاهو در جذب مواد مغذي به خوبي از نظر كمي مورد بررسي قرار گرفت. اين نتايج را مي‌توان در بخش پرورش گياه در آب و يا در يك سازگان پرورش توام ماهي و گياه كاهو به صورت مدار بسته براي جذب مواد معدني در حال افزايش در سازگان به كار گرفت. مقايسه عملكرد پساب توليد شده در پرورش ماهي با محيط پرورشي حاوي مواد مغذي محلول كه براي پرورش گياه كاهو، به روش مرسوم پرورش گياه در آب (۲) به كار مي‌رود، از تحقيقاتي است كه مدنظر است در آينده انجام گيرد.

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. Rafiee[1] C. Saad[2] M. S. Kamarudin[3] M.R. Ismail[4] K. Sijam[5]

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 capabilty 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 ± 0.02g) 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 ± 0.35g 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±197g 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