بررسی میزان گیاه‌پالایی پساب خروجی کپور پرورشی توسط گیاه نی (*Phragmites australis*) و اویار سلام (*Cyperus rotundus*)

حسین جهانتیغی[۱]
محمد قلی زاده[۲*]
رحمان پاتیمار[۳]
محمد هرسیج[٤]

۱. دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی و کشاورزی، دانشگاه گنبد کاووس، گنبد کاووس، ایران
۲، ۴. استادیار گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی و کشاورزی، دانشگاه گنبد کاووس، گنبد کاووس، ایران
۳. دانشیار گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی و کشاورزی، دانشگاه گنبد کاووس، گنبد کاووس، ایران

***مسئول مکاتبات:**
gholizade_mohammad@yahoo.com

کد مقاله: ۱۳۹۸۰۴۰۷۸۸
تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۸/۲۳
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۱۰/۲۶

چکیده

امروزه منابع آب شیرین ازجمله رودخانه‌ها و دریاچه‌ها به‌عنوان منبع مهم آبی در معرض خطر آلودگی ناشی از فعالیت‌های انسانی از قبیل خروجی پساب پرورش ماهی قرار دارند. در این مطالعه عملکرد دو گونه گیاه مردابی شامل نی (*Phragmites australis*) و اویارسلام (*Cyperus rotundus*) و تأثیر آن‌ها بر تغییرات کیفی آب از جمله نیترات، آمونیاک و فسفات مخزن پرورش کپور معمولی استفاده شد. در این راستا تعداد ۹۰ عدد از هر دو گونه، گیاه نی با وزن اولیه ۱۰± ۱۰۰ گرم و گیاه اویارسلام با وزن اولیه ۵±۳۰ در ۶ عدد کانال ۱۲۰ لیتری (۳۰ گیاه در هر کانال) در اردیبهشت تا تیرماه ۱۳۹۶ تیمار بندی شدند. یک‌صد عدد ماهی کپور پرورشی با وزن متوسط ۳/۲ ±۲۰ گرم به یک مخزن با ظرفیت آبگیری ۱۰۰۰ لیتر در طول دوره آزمایش ۴۲ روز معرفی شدند. نتایج به‌دست‌آمده نشان داد که میانگین وزن نهایی ماهیان ۵±۳۵ گرم و متوسط وزن نهایی هر بوته گیاه نی ۵۰±۵۰۰ گرم و متوسط وزن نهایی گیاه اویارسلام ۱۰±۱۰۰ گرم بود. آنالیز کیفی آب نشان داد که تفاوت معنی‌داری بین ورودی آب تانکر ماهی با آب خروجی کانال‌های کشت گیاه وجود داشت ($P<0/05$). بر اساس نرخ کاهشی غلظت‌های بالایی، بهترین زمان‌ماند در هفته چهارم انتخاب شد. همچنین نتایج بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار بین خروجی تیمارها ازنظر بهبود فاکتورهای کیفی آب در سطح احتمال پنج درصد است. از سوی دیگر، با معنی‌دار شدن اثر متقابل خروجی تیمارها در مدت‌زمان‌های مختلف می‌توان چنین برداشت نمود که مواد گیاهی انتخاب‌شده به‌عنوان فیلتر قابلیت بالایی در جذب نیترات، آمونیاک و فسفات از آب خروجی پرورش ماهی کپور دارند.

واژگان کلیدی: آکواپونیک، نی، اویارسلام، ماهی کپور پرورشی.

مقدمه

آلودگی آب یکی از فاکتورهای مؤثر بهداشتی در هر کشوری محسوب می‌شود. منابع مهم آب برای استفاده انسان رودخانه‌ها، دریاچه‌ها، خاک‌های مرطوب و آب‌های زیرزمینی می‌باشند. صنعتی شدن کشورها و تولید ترکیبات مختلف شیمیایی که تأثیرگذار بر پارامترهای کیفی آب و منجر به تخریب محیطزیست می‌شود (Lazaro *et al.*, 2006). یکی از فعالیت‌های انسانی که می‌تواند بر کیفیت آب رودخانه تأثیر منفی بگذارد، توسعهٔ طرح‌های پرورش ماهی است که در استان گلستان، شهرستان گنبدکاووس به این قسمت توجه خاص مبذول شده است (سازمان شیلات ایران، ۱۳۸۹.). ضایعات تولیدی صنایع آبزی‌پروری شامل انواع مواد مغذی مخصوصاً ترکیبات نیتروژن دار و فسفر دار، مواد آلی محلول و ذره‌ای، انواع مواد معلق و ته‌نشین، مصرف بیوشیمیایی اکسیژن و غیره می‌باشد. البته کیفیت و کمیت و کیفیت پساب به گونه آبزی و شرایط

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-04-26]

پرورش بستگی دارد (Rafiee and Saad, 2006). در سال‌های اخیر توجه زیادی به جذب آلاینده‌ها توسط گیاهان آبزی شده است که این عمل را گیاه‌پالایی می‌گویند. آن‌ها از طریق ریشه، ساقه و برگ خود می‌توانند مواد آلوده را جذب کنند. مطالعات اخیر ثابت کرده است که گیاهان ماکروفیت آبزی می‌توانند مقادیر زیادی از آلاینده‌ها را در بافت‌های خود ذخیره کنند (Arts *et al.*, 2008). گیاهان آبزی بخش طبیعی هر اکوسیستم آبی را به خود اختصاص می‌دهند. استفاده از گیاهان در تصفیه اکوسیستم‌های آبی مزایایی دارد که مهم‌ترین آن‌ها مؤثر بودن، ارزان بودن و قابلیت پایدار بودن است و به خاطر این واقعیت است که گیاهان خود گرداننده نور خورشید هستند. این تکنولوژی برای تصفیه آب‌ها موردتوجه بسیاری واقع‌شده و برای مواد آلوده‌کننده آلی و غیر آلی کاربرد دارد. استفاده از گیاهان آبزی در آب، رسوبات و خاک کاربرد دارد. انطباق گیاهان با محیط اطرافشان استفاده از آن‌ها را آسان‌تر می‌سازد. مطالعه گیاه‌شناسایی نشان می دهد که ماکروفیت‌های آبی در ترمیم فلزات سنگین نسبت به سایر گیاهان بیشترین بهره را دارند. در دسترس بودن گسترده ، سرعت رشد سریع، زیست توده زیاد، مقرون به صرفه بودن و تحمل در برابر آلاینده‌های سمی، آنها را به بهترین گیاهان مناسب برای گیاهان گیاهی مناسب تبدیل می کند. سیستم تصفیه با استفاده از این گیاهان آبزی به دلیل ظرفیت انباشت و حذف یک آلاینده آلی مداوم از بدن از آب، توجه بیشتری به سراسر دنیا کرده است (Tusief *et al.*, 2019).

سازمان حفاظت محیط‌زیست آمریکا E.P.A (۲۰۰۲) حداکثر غلظت نیترات را برحسب ازت ۱۰ میلی‌گرم در لیتر و مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران ۴۵ میلی‌گرم در لیتر برحسب نیترات تعیین کرده است، همچنین میزان فسفات در آب‌های تقریباً آلوده در محدود ۲/۷۲ – ۰/۱۶ میلی‌گرم در لیتر متغیر است. امروزه روش‌های مختلفی جهت حذف نیترات وجود دارد که از مهم‌ترین این روش‌ها می‌توان به: ۱- جذب زیستی، -۲ تجزیهٔ الکتریکی، ۳- گیاه‌پالایی، ۴- فراینر غشایی و اسمز معکوس، ۵- جذب سطحی فیزیکی و ۶- تبادل یونی و جاذب‌های طبیعی اشاره کرد که از بین آن‌ها، تبادل یونی یکی از ساده‌ترین و مؤثرترین روش‌ها است (Fernandez-Olmo, 2008).

Xing و همکاران (۲۰۱۱) حذف نیترات توسط پوشال گندم را موردبررسی قراردادند. نتایج تحقیق نشان داد که جاذب‌های گیاهی موردمطالعه قابلیت بالایی در حذف نیترات دارند در پژوهشی که توسط عابدی و نجفی (۱۳۸۱) صورت گرفت، اثر نانو جاذب‌های نی و پوشال نیشکر به‌منظور حذف نیترات از محلول آبی موردبررسی قرار گرفت. اثر عواملی مانند جرم جاذب، غلات نیترات ورودی، pH و حضور سایر یون‌های رقابتی روی جاذب نیترات مورد آزمایش قرار گرفت. نتایج این مطالعه نشان داد که نانو جاذب‌های نی و پوشال نی‌شکر اصلاح‌شده قابلیت حذف یون‌های نیترات را دارا بوده و از بین دو جاذب، نانو جاذب نی توانایی بیشتری در حذف نیترات داراست. جوانی و همکاران (۱۳۹۱) در یک پژوهش، جاذب‌هایی که برای حذف نیترات استفاده‌شده است و میزان تأثیرشان در جذب نیترات را بررسی کردند. پژوهش‌های بررسی‌شده نشان‌دهنده قابلیت کاربرد مواد ارزان‌قیمت در جذب نیترات و فسفات است با توجه به اینکه مقرون‌به‌صرفه بودن مواد جاذب برای مزارع پرورش ماهی مورد تأکید است، هدف از این پژوهش تأثیر فیلترهای طبیعی ارزان‌قیمت (استفاده از گیاهان نی و اویارسلام) بر آب خروجی پرورش ماهی کپور و افزایش کیفیت آب (ازجمله کاهش میزان غلظت نیترات و فسفات) است.

مواد و روش‌ها

گیاهان استفاده‌شده در این پژوهش در گلخانه‌ای واقع در دانشگاه گنبدکاووس از اردیبهشت تا تیرماه سال ۱۳۹۶ به مدت ۴۲ روز تحت آزمایش قرار گرفتند. جهت انجام این پژوهش ۹۰ عدد گیاه اویارسلام *cyperus rotundus* و ۹۰ عدد گیاه نی *Pheragmites australis* از شهرستان گنبدکاووس جمع‌آوری شد و به مدت یک هفته به‌منظور سازگاری با شرایط آزمایشگاهی زیر تابش غیرمستقیم آفتاب نگهداری شدند. پس از پایان دوره سازگاری، گیاهان جهت شروع دوره‌ی آزمایش در قالب ۲ تیمار که هرکدام شامل ۳۰ گیاه در سه تکرار تقسیم شدند. برای قسمت پرورش ماهیان یک مخزن ۱۰۰۰ لیتری انتخاب شد که به میزان ۷۵۰ لیتر آبگیری شد. آب خروجی مخزن ماهی به‌وسیله یک لوله به قطر ۱۰ سانتی‌متر از مخزن ماهی خارج می‌شد و به‌صورت مساوی بین کانال‌هایی به ابعاد (۳۰۰×۳۰×۳۰) وارد می‌شد. سرریز آب این کانال‌ها وارد مخزن دیگری می‌شد که درنهایت آب به‌وسیله یک پمپ به مخزن اصلی پمپاژ می‌شد.

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-04-26]

در این آزمایش برای مقایسه بین توانایی گیاهان در افزایش کیفیت آب به ازای هر گیاه ۳ تکرار در نظر گرفته شد که هر تکرار شامل ۳۰ گیاه نی و ۳۰ گیاه اویارسلام در ظروف پلاستیکی درون هر مخزن قرار داده شد. همچنین ۳ مخزن به‌عنوان شاهد (بدون گیاه) در نظر گرفته شد. نمونه‌برداری آب ورودی و خروجی کانال‌ها هر هفته رأس ساعت ۱۲ ظهر انجام می‌شد و توسط بطری‌های تیره به آزمایشگاه مرکزی دانشگاه گنبدکاووس منتقل شد. میانگین وزن اولیه ماهی ۳/۲ ± ۲۰ گرم و گیاه نی ۱۰± ۱۰۰ گرم و گیاه اویارسلام ۵±۳۰ گرم در شروع آزمایش بود.

برای اندازه‌گیری TDS از دستگاه TDS متر مدل HM Digital، اندازه‌گیری این فاکتور توسط دستگاه pH متر Oakon 1107 ساخت کشور تایوان استفاده شد و به‌صورت روزانه اندازه‌گیری و ثبت شد. برخی از خصوصیات فیزیکوشیمیایی آب مانند درجه حرارت، اکسیژن محلول، pH و TDS با دستگاه Hack (Model 2000) در محل نمونه‌برداری اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری آمونیاک، نیتریت، نیترات و فسفات آب با استفاده از روش کار استاندارد برای آزمایش آب ارائه‌شده توسط انجمن بهداشت عمومی آمریکا (APHA, 1998) صورت پذیرفت.

به‌منظور مقایسه خصوصیات کیفی آب در تیمارهای نمونه‌گیری (شاهد،گیاه نی و اویار سلام) و زمان‌های مختلف از آزمون کرت‌های خردشده در واحد زمان استفاده شد. نرمال بودن داده‌ها به‌وسیله آزمون کلوموگروف- اسمیرنوف موردبررسی قرار گرفت. درنهایت با انتقال داده‌ها به نرم‌افزار SAS آزمون کرت‌های خردشده در واحد زمان انجام شد. برای انجام مقایسهٔ میانگین نیز از آزمون حداقل تفاوت معنی‌داری LSD و در سطح اطمینان ۹۵ درصد استفاده شد.

نتایج

به‌منظور آزمون فرضیه پژوهش از روش آماری تجزیه واریانس کرت‌های خردشده استفاده کردیم. نتایج نشان داد که تغییرات فاکتورهای محیطی اندازه‌گیری شده در طول زمان نمونه‌برداری و گیاه‌های موردنظر و همچنین اثر متقابل زمان و گیاه معنی‌دار شده است که نشان از قبول فرضیه پژوهش می‌باشد. نتایج تجزیه واریانس با استفاده از طرح کرت‌های خردشده در واحد زمان برای فاکتورهایی که اثرات متقابل آن‌ها معنی‌دار شده در جدول ۱ ارائه‌شده است.

بیشترین مقدار نیترات در تیمار نی و اویارسلام در طول دوره آزمایش، در هفته دوم (۰/۰۸±۲۲/۲۳ -۰/۱۱±۲۳/۴۹) میلی‌گرم در لیتر و کمترین مقدار آن در پایان آزمایش (۰/۱۷±۱۵/۲۶ و ۰/۰۸±۱۷/۶) میلی‌گرم در لیتر مشاهده گردید. در بررسی فاکتور نیترات بین تیمارها در هفته دوم، سوم و چهارم بین مخازن حاوی گیاه (نی) با مخزن شاهد (بدون گیاه) و آب ورودی از تانکر ماهی اختلاف معنی‌داری مشاهده شد (P<۰/۰۵).

بیشترین مقدار فسفر در تیمار نی و اویارسلام در طول دوره آزمایش، در هفته دوم (۰/۰۵± ۱/۳و ۰/۰۴± ۱/۳۳) میلی‌گرم در لیتر و کمترین مقدار آن در هفته‌های آخر آزمایش (۰/۰۳± ۰/۳۱و ۰/۰۰۹± ۰/۳۴) میلی‌گرم در لیتر مشاهده گردید. مقدار فسفر بین مخزن شاهد و ورودی با دیگر تیمارها،در هفته سوم،چهارم و پنجم اختلاف معنی‌داری را نشان داد (P< ۰/۰۵) (جدول ۲).

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-04-26]

جدول ۱: تجزیه واریانس کرت‌های خردشده فاکتورهای محیطی با اثرات متقابل معنی‌دار در طول دوره نمونه‌برداری (سال ۱۳۹۶).

		میانگین مربعات							
منابع تغییر	درجه آزادی	فسفات	نیتریت	نیترات	آمونیاک	سختی	pH	اکسیژن محلول	هدایت الکتریکی
تکرار	۲	۰/۶۲^{n}	۹/۳۵*	۱/۳۳^{n}	۵/۲۲*	۱/۶۸^{n}	۱/۲۲^{n}	۰/۰۵^{n}	۰/۷۶^{n}
زمان	۵	۳۹۱۵/۱*	۴۵۱۴/۵*	۷۴۷/۴*	۱۰۵۸۱*	۱۲۶۷/۲*	۱۸/۲*	۶۰۳/۴*	۳۴۲۱۶/۳*
خطای ۱	۱۰	۰/۸۲^{n}	۰/۵۴^{n}	۱/۰۲^{n}	۰/۹۶^{n}	۰/۴^{n}	۱/۳۱^{n}	۲/۳۲^{n}	۲/۱۴^{n}
گیاه	۲	۸۰۱/۱*	۹۸۵۷/۶*	۸۸۷/۳*	۲۵۹۰/۷*	۷/۹*	۱۵/۰۸*	۶۱/۹*	۱۸۷/۵*
گیاه ضربدر زمان	۱۰	۷۱/۳*	۱۴۸۰/۴*	۴۲/۵*	۱۹۱/۷*	۱۰/۵*	۶/۱۱*	۲۶/۸*	۴۸۷/۱*
خطای ۲	۲۴	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۸۸	۰/۰۰۴	۵/۹۷	۰/۰۰۶	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱
ضریب تغییرات		۳/۰۲	۳/۶	۴/۸۳	۲/۹۹	۱/۵۵	۰/۹۹	۰/۴۹	۰/۳۹

مقدار برش دهی اثرات متقابل زمان و گیاهان مختلف از فاکتورهای کیفیت آب در جدول ۲ آورده شده است. نتایج نشان می‌دهد که تغییرات مقدار فسفات و نیترات در گیاه نی و اویارسلام روندی کاهشی به خود گرفته است. بیشترین مقدار آمونیاک در تیمار نی و اویارسلام در طول دوره آزمایش، در هفته دوم و کمترین مقدار آن در هفته ششم و چهارم (۰/۰۲± ۰/۱۵و ۰/۰۲± ۰/۲۲) میلی‌گرم در لیتر مشاهده گردید. مقدار آمونیاک بین هفته اول و دوم در تیمارها و ورودی اختلاف معنی‌داری را نشان‌دار (P<۰/۰۵).

بیشترین مقدار اکسیژن محلول در تیمار نی و اویارسلام در طول دوره آزمایش، در هفته پنجم (۰/۰۳± ۸/۵۴و ۰/۰۰۸± ۸/۴۷) میلی‌گرم در لیتر و کمترین مقدار آن در شروع آزمایش (۰/۰۶± ۷/۴۶ و ۰/۰۹± ۷/۲) میلی‌گرم در لیتر مشاهده گردید. مقدار اکسیژن محلول بین مخزن شاهد و ورودی با دیگر تیمارها، در شروع آزمایش با دیگر زمان‌ها اختلاف معنی‌داری را نشان‌دار (P<۰/۰۵)(جدول ۲).

جدول ۲: برش دهی اثرات متقابل زمان و مکان‌های مختلف از فاکتورهای کیفیت آب (سال ۱۳۹۶).

ترکیبات تیماری		خصوصیات کیفیت آب							
گیاه	زمان(هفته)	فسفات	نیتریت	نیترات	آمونیاک	سختی	pH	اکسیژن محلول	هدایت الکتریکی
بدون گیاه (شاهد)	۱	۰/۹۲^{c}	۰/۰۰۳^{g}	۲/۸۷^{f}	۰/۰۲^{g}	۱۵۳^{c}	۷/۵۹^{b}	۷/۴۸^{d}	۰/۴۲^{f}
	۲	۱/۷۶^{a}	۰/۴۷^{c}	۳۹/۳۸^{a}	۲/۵۷^{a}	۱۳۹/۳^{d}	۷/۵۳^{bc}	۷/۳^{e}	۰/۰۹^{e}
	۳	۰/۶۶^{e}	۰/۲۶^{d}	۲۶/۶^{c}	۱/۳۹^{c}	۱۴۲^{d}	۷/۵۷^{b}	۷/۸۶^{c}	۰/۹۹^{d}
	۴	۰/۸۵^{e}	۱/۱۱^{b}	۳۳/۴۴^{b}	۰/۸۸^{n}	۱۵۸/۳^{b}	۷/۶۷^{ab}	۸/۲۹^{b}	۱/۳^{b}
	۵	۰/۵۴^{d}	۱/۱۳^{a}	۲۸/۴۷^{c}	۰/۶۷^{e}	۱۷۰/۷^{b}	۷/۶۶^{a}	۸/۱۷^{b}	۱/۲۹^{b}
	۶	۰/۳۱^{d}	۱/۱۷^{a}	۳۱/۳۳^{b}	۰/۵۸^{e}	۱۷۱^{b}	۷/۶۴^{b}	۸/۱۸^{b}	۱/۱^{c}
گیاه نی	۱	۰/۹۲^{c}	۰/۰۰۴^{g}	۲/۸۸^{f}	۰/۰۲^{g}	۱۵۲/۷^{c}	۷/۶۲^{b}	۷/۴۶^{d}	۰/۴۲^{f}
	۲	۱/۳^{b}	۰/۳۲^{c}	۲۲/۲۳^{d}	۱/۶۶^{b}	۱۳۴/۷^{d}	۷/۶۷^{b}	۷/۴۹^{d}	۰/۸۶^{e}
	۳	۰/۵۳^{d}	۰/۱۹^{e}	۱۶/۵^{e}	۱/۰۴^{d}	۱۳۲/۷^{d}	۷/۸^{a}	۷/۷۹^{c}	۰/۹۶^{d}
	۴	۰/۳۵^{e}	۰/۰۹^{f}	۱۷/۵۶^{e}	۰/۲۳^{f}	۱۶۳/۳^{b}	۷/۴۹^{b}	۸/۳۴^{b}	۱/۵^{a}

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-04-26]

ترکیبات تیماری				خصوصیات کیفیت آب						
گیاه	زمان(هفته)	فسفات	نیتریت	نیترات	آمونیاک	سختی	pH	اکسیژن محلول	هدایت الکتریکی
گیاه اویارسلام	۵	۰/۳۱^{e}	۰/۱۸^{e}	۱۵/۲۷^{e}	۰/۱۸^{f}	۱۸۳^{a}	۷/۹۴^{a}	۸/۵۴^{a}	۱/۲۹^{b}
	۶	۰/۳۵^{e}	۰/۲۸^{d}	۱۵/۲۶^{e}	۰/۱۵^{f}	۱۸۲/۷^{a}	۷/۹۴^{a}	۸/۵۳^{a}	۱/۰۶^{c}
	۱	۰/۹۲^{c}	۰/۰۰۴^{g}	۲/۸۹^{f}	۰/۰۲^{g}	۱۵۲^{c}	۷/۶۱^{b}	۷/۴۸^{d}	۰/۴۱^{f}
	۲	۱/۳۳^{b}	۰/۳۴^{c}	۲۳/۴۹^{d}	۱/۶۹^{b}	۱۳۷^{d}	۷/۵۳^{b}	۷/۲^{e}	۰/۸۹^{e}
	۳	۰/۵۶^{d}	۰/۱۹^{e}	۱۷/۳۳^{e}	۱/۰۸^{d}	۱۳۸^{d}	۷/۶۶^{b}	۷/۷۷^{c}	۰/۹۸^{d}
	۴	۰/۴۲^{e}	۰/۱^{f}	۱۹/۳۷^{e}	۰/۳۳^{f}	۱۶۶/۳^{b}	۷/۴۳^{c}	۸/۳۶^{b}	۱/۵^{a}
	۵	۰/۳۴^{e}	۰/۱۹^{e}	۱۷/۶۳^{e}	۰/۲۳^{f}	۱۷۹/۷^{a}	۷/۹۱^{a}	۸/۴۸^{a}	۱/۳^{b}
	۶	۰/۵۷^{e}	۰/۲۶^{d}	۱۷/۶^{e}	۰/۲۳^{f}	۱۷۹/۷^{a}	۷/۷۸^{a}	۸/۴۷^{a}	۱/۰۸^{c}

بیشترین مقدار pH در تیمار نی و اویارسلام در طول دوره آزمایش، در هفته ششم (۷/۹۴ ±۰/۰۷ و ۷/۸۹ ±۰/۰۲) و کمترین مقدار آن در شروع آزمایش (۷/۶۲ ±۰/۰۶ و ۷/۶۱ ±۰/۰۵) مشاهده گردید. در بررسی فاکتور pH بین تیمارها در هفته دوم، سوم و پنجم بین مخازن حاوی گیاه (نی) با مخزن شاهد (بدون گیاه) و آب ورودی از تانکر ماهی اختلاف معنی‌داری مشاهده شد (P< ۰/۰۵). بیشترین مقدار هدایت الکتریکی در تیمار نی و اویارسلام در طول دوره آزمایش، در هفته اول و کمترین مقدار آن در پایان آزمایش مشاهده گردید. مقدار هدایت الکتریکی در تیمارهای نی و اویارسلام در کل دوره اختلاف معنی‌داری نشان دادند (P< ۰/۰۵). اما در تیمار شاهد و ورودی، هفته سوم و چهارم با دیگر هفته‌ها اختلاف معنی‌داری را نمایان کرد (P< ۰/۰۵). مقدار هدایت الکتریکی در هفته اول یک اختلاف معنی‌داری را در کل تیمارها و ورودی در طول دوره آزمایش نشان داد و در دیگر زمان‌ها چنین نبود.

بحث و نتیجه‌گیری

تالاب‌های مصنوعی با جریان سطحی یک انتخاب مناسب برای تصفیه پساب پرورش ماهی، فاضلاب‌های کشاورزی، صنعتی و گزینه مکمل برای تصفیه فاضلاب‌های معادن، شیرابه‌های دفع زباله هستند (Kadlec and Knight, 1996). بهبود کیفیت آب، کاهش مصرف آب و صرفه‌جویی در استفاده از کودهای شیمیایی و درنتیجه افزایش وزن آبزیان پرورشی در سیستم آکواپونیک از دیگر مزایای آن می‌باشد که در این پژوهش مشاهده گردید. گیاهان آبزی می توانند به عنوان انباشته کننده‌های زیستی استفاده شوند زیرا این توانایی را دارند که غلظت بالایی از فلزات سنگین را در زیست توده خود جمع کنند. بافت ریشه و شاخه های گیاه گونه *Typeha domingensis* تجمع حداکثر روی ، سرب ، نیکل ، آهن و منگنز را در طول ۴۸ ساعت اول مطالعه نشان داد که در گلدان‌های پر از فاضلاب شهری کاشته شده است، که بافت ریشه و شاخه های گیاه حداکثر جذب را نشان دادند (Ali *et al.*, 2020).

Kamal (۲۰۰۶) در مطالعه‌ای مشابه دریافت که در سیستم آکواپونیک عملاً آبزیان و گیاهان از هم استفاده می‌کنند و عناصر غذایی موجود در آب محل زندگی آبزی به‌عنوان کود در هیدروپونیک و در بستر گیاهان مصرف می‌شود و مواد اضافی این سیستم به‌عنوان غذا یا سوخت برای سیستم دیگر عمل می‌کند. درنتیجه آکواپونیک نه‌تنها یک روش مؤثر برای بازیافت پساب پرورش ماهی می‌باشد بلکه سود اقتصادی بالایی را نیز ایجاد می‌کند. نتایج این تحقیق با سایر مطالعات مشابه (Lennard and Ward, 2019؛ Yep and Zheng, 2019؛ Delaide *et al*, 2016؛ Salam *et al.*, 2014) نشان داد که پرورش توأم آبزیان در آکواپونیک منجر به افزایش تولید ضمن بهره‌وری بهتر از منابع و درنتیجه افزایش درآمد و کاهش هزینه‌های عملیاتی خواهد شد. در این تحقیق، به‌خوبی نشان داده‌شده است که استفاده از سیستم آکواپونیک می‌تواند باعث افزایش رشد ماهی و گیاهان نی و اویارسلام در سیستم آکواپونیک شود. Rafiee و Saad (۲۰۰۶) در مطالعه‌ای مشابه دریافتند که این

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-04-26]

ممکن است به علت فیلتر ریزمغذی و آمونیوم توسط گیاه و فیلتر ماسه‌ای باشد. همچنین در مطالعه دیگری توسط (King, 2005) استنباط شد که محیط پرورش آبزیان اثر مثبتی روی تولید آلوورا و رازیانه دارد، یعنی این‌که عوامل مضر و دفعی آبزیان درواقع به‌عنوان کود و مواد مغذی برای تولید این گیاهان به کار می‌رود .گرچه مکانیزم جذب مواد مغذی از آب به‌وسیله ریشه این گیاهان به‌خوبی شناخته‌نشده است.

در پایان دوره مطالعاتی تفاوت معنی‌داری در متغیرهای رشد به ترتیب شامل وزن نهایی بدن و افزایش وزن بدن بین تیمار دارای سیستم آکواپونیک و شاهد مشاهده گردید. در مطالعه‌ای مشابه دریافتند که بیومس و متوسط وزن بدن آبزیان و گیاه در سیستم آکواپونیک از حالت کشت تک‌گونه‌ای آن‌ها بالاتر می‌رود (Aboutboul *et al.*, 1995). میزان نیترات، نیتریت، آمونیاک و فسفات در تیمار دارای گیاه نی کاهش یافت. نتایج مشابه این پژوهش قبلاً (Brune *et al.*, 2004) گزارش گردیده بود .طبق این گزارش استفاده از محیط پرورش آبزیان برای گیاه عملکرد فیزیولوژیک گیاه را برای جذب آمونیوم و اسید نیتریک دفعی آبزی‌پروری ارتقا می‌بخشد و به بهبود عملکرد سیستم آکواپونیک کمک می‌کند

بر اساس نرخ کاهشی غلظت‌های بالایی، بهترین زمان‌ماند در هفته چهارم انتخاب شد. به‌طورکلی می‌توان مراحل حذف را در هر دو گیاه به سه مرحله تقسیم نمود. در مرحله اول به دلیل قابلیت جذب بالای گیاه، این نرخ سریع بوده که با اشباع شدن نسوج گیاه کند و درنهایت در مرحله سوم به ثبات می‌رسد. این در حالی است که در غلظت بالاتر به دلیل شوک ناشی از آلاینده، نرخ افزایشی جذب با مقداری تأخیر همراه بوده و سپس به ثبات می‌رسد. همچنین در این حالت به دلیل میزان بالاتر آلاینده، دوره افزایش شیب محدودتر می‌شود.

نتایج به‌دست‌آمده نشان داد که تغییرات مقدار فسفر و نیترات در گیاه نی و اویارسلام روندی کاهشی به خود گرفته است. باگذشت زمان کاهش سطح نیترات سیستم دیده می‌شود این عمل با توسعه ریشه و رشد گیاه قابل توجیه است همچنین تثبیت و توسعه استقرار جمعیت باکتری را نیز می‌توان دلیل مهم دیگر این کاهش دانست بنابراین گیاهان پرورش‌یافته با همکاری باکتری‌ها عمل حذف نیتروژن از آب را انجام می‌دهند به‌طوری‌که تقریباً میزان نیترات تولیدی در واحد زمان با میزان مصرف آن برابر می‌شود (Brinker and Rosch, 2005). همان‌طور که از مقایسه راندمان حذف بین دو گیاه ملاحظه می‌شود گیاه نی راندمان حذف بهتری داشته است. یکی از دلایل عمده این عملکرد دارا بودن شرایط بهتر فیزیولوژیک و حجیم بودن ریشه‌های این گیاه نسبت به اویارسلام است که با فراهم آوردن شرایط قلیائیت منجر به بیشتر شدن ترشحات از گیاه می‌شود(ابرو و همکاران ،۲۰۰۸). به‌طورکلی می‌توان گفت تفاوت موجود درروند جذب نیترات در هر یک از گیاهان انتخابی می‌تواند به دلیل متفاوت بودن ساختار فیزیولوژیکی، بافتی و ترکیبی هر دو گیاه باشد. همچنین وجود ساختار بافتی متفاوت ازجمله خشکی گیاه، به دلیل نفوذپذیری کم، در ابتدا درصد جذب کمی را شامل می‌شوند، اما با عبور دبی آب به‌صورت مستمر در طول هفته‌های آزمایش این خاصیت برطرف شده و ظرفیت جذب نیز بیشتر می‌گردد (Sabo and Iadan, 2018).

بیشترین مقدار فسفر در تیمار نی و اویارسلام در طول دوره آزمایش، در هفته اول و کمترین مقدار آن در هفته چهارم آزمایش مشاهده گردید. مقدار فسفر بین مخزن شاهد و ورودی با دیگر تیمارها،در هفته سوم،چهارم و پنجم اختلاف معنی‌داری را نشان داد ($P< ۰/۰۵$). گیاهان و باکتری‌ها توانایی زیادی در انبار کردن پلی فسفات دارند. این پدیده در آب‌هایی که ازلحاظ مواد مغذی غنی هستند، بیشتر اتفاق می‌افتد (Azevedo *et al.*, 2011). این عمل باعث می‌شود که مطالعه روی غلظت فسفات محلول در آب را دچار مشکل نماید.چراکه فسفر از مواد مغذی‌ای است که سریعاً جذب گیاه یا باکتری می‌شود.البته پس از مردن باکتری و گیاه ،با تجزیه لاشه آن‌ها این مواد خیلی زود در آب رها می‌شود (Morales *et al.*, 2018). بدین ترتیب نوساناتی در جذب و انحلال مجدد فسفر در آب به وجود می‌آید. مشاهده کاهش قابل‌ملاحظه در غلظت فسفر ورودی بخش هیدروپونیک در مقایسه با خروجی آن، گواه این موضوع است. با رشد گیاهان و توسعه ریشه آن‌ها و نیز افزایش توده باکتری‌ها،در پی افزایش تولید فسفر در سیستم ، جذب با شدت بیشتری انجام می‌گیرد. کاهش در مقدار فسفر سیستم درواقع برآیند لحظه‌ای غلظت فسفر صورت ناشی از انواع صورت‌های جذب و دفع بیولوژیکی و فیزیکوشیمیایی فسفر بخش هیدروپونیک است. به‌طورکلی اگر تفاوتی درروند جذب نیترات، نیتریت، آمونیاک و فسفات در هر یک از گیاه‌های انتخابی مشاهده شد به دلیل متفاوت بودن ساختار فیزیولوژیکی، بافتی و ترکیبی هر دو گیاه

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-04-26]

باشد. همچنین با معنی‌دار شدن اثر متقابل خروجی تیمارها در مدت‌زمان‌های مختلف می‌توان چنین برداشت نمود که مواد گیاهی انتخاب‌شده به‌عنوان فیلتر قابلیت بالایی در جذب نیترات، آمونیاک و فسفات از آب خروجی پرورش ماهی کپور دارند.

منابع

عابدی، م، و نجفی، پ.، ۱۳۸۱. استفاده از فاضلاب تصفیه‌شده در کشاورزی. کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، ۲۷۰ ص.

سازمان شیلات ایران.، ۱۳۸۹. سالنامه آماری تولید ماهیگیری. کمک به برنامه‌ریزی و توسعه مدیریت برنامه‌وبودجه، ۶۹ ص.

جوانی، ح، لیاقت، ع، حسن اقلی، ع، و نادری، م.، ۱۳۹۱. بررسی تأثیر اجرای عملیات تغذیه مصنوعی در کاهش فسفر، نیترات و مواد جامد معلق موجود در فاضلاب تصفیه‌شده. کنفرانس ملی علوم مهندسی آب و فاضلاب، دانشگاه شهید باهنر کرمان.

Aboutboul, Y., Arviv, R. and Rijn, J. V. 1995. Anaerobic treatment of intensive fish culture effluents: volatile fatty acid-mediated denitrification. Aquaculture,131: 21-32.

Ali, S., Abbas, Z., Rizwan, M., Zaheer, I. E., Yava, I., Ünay, A., M. Abdel-Daim, M., Bin-Jumah, M., Hasanuzzaman, M. and Kalderis, D., 2020. Application of Floating Aquatic Plants in Phytoremediation of Heavy Metals Polluted Water: A Review. Sustainability, 12(1927): 1-33.

Arts, G., Belgers, J. D., Hoekzema, C. H. and Thissen, N. M. 2008. The sensitivity of submersed freshwater macrophytes and endpoints in laboratory toxicity tests.Environmental Pollution, 153(1):199-206.

Azevedo, P. A., Podemski, C. L., Hesslein, R. H., Kasian SEM., Findlay, D. L. and Bureau, D. P., 2011. Estimation of waste outputs by a rainbow trout cage farm using a nutritional approach and monitoring of lake water quality. Aquaculture, 311: 175–186.

Brinker, A. and Rosch, R., 2005. Factors determining the size of suspended solids in a flow-through fish farm. Aquaculture Engineering, 33: 1–19.

Brune, D. E., Schwartz, G., Eversole, A. G. and Schwedler, T. E., 2004. Partitioned aquaculture systems. Southern Regional Aquaculture Systems. Publication. 4500p.

Delaide, B., Goddek, S., Gott, J., Soyeurt, H. and Jijakli, H. M., 2016. Lettuce (Lactuca sativa L. var. Sucrine) growth performance in, complemented solution encourages the development of decoupled aquaponics, Water 1-11.

E.P.A., 2002. Environmental effects of the aquaculture industry. U.S.A. 168 p.

Fernandez-Olmo, I., Fernandez, J. L. and Irabien, A., 2007. Purification of dilute hydrofluoric acid by commercial ion exchange resins. Journal of Separation and Purification Technology, 56:118–125.

Kadlec, R. H. and Knight, R. L. 1996. Treatment Wetlands. Lewis Publishers, Boca Raton, 893 p.

Kamal, S. M., 2006. Aquaponic production of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) and bell pepper (*Capsicum annuum* L.) In recirculating the Water system. Egyptian J. Aqua. Biol. Fish., 10: 85-97.

King, C. E., 2005. Integrated agriculture and aquaculture for sustainable food production. Ph.D. Dissertation, The University of Arizona. UMI, AnnHarbor, MI. 87p.

Lazaro, J. D., Kidd, P. S. and Martinez, C. M., 2006. A phytochemical study of the Tra´s-os-Montes region (NE Portugal): possible species for plant-based soil remediation technologies. Science of the Total Environment, 354 (2-3): 265-277.

Lennard W. and Ward J., 2019. A Comparison of Plant Growth Rates between an NFT Hydroponic System and an NFT Aquaponic System. Horticulturae, 5:1 -16.

Morales, G. A., Azcuy, R. L., Casaretto, M. E., Márquez, L., Hernández, A. J., Gómez, F., Koppe, W. and Mereu, A., 2018. Effect of different inorganic phosphorus sources on growth performance, digestibility, retention efficiency and discharge of nutrients in rainbow trout (Oncorhynchus mykiss). Aquaculture, 495: 568-574.

Rafiee, G. and Saad, C. R., 2006. The effect of natural zeolite (clinoptilolite) on aquaponic production of red tilapia (Oreochromis sp.) and lettuce (Lactuca sativa var. longifolia), and improvement of water quality. J. Agric. Sci. Technol, 8: 313-322.

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-04-26]

Salam, M. A., Jahan, N., Hashem, S. and Rana, K. M. S., 2014. Feasibility of tomato production in aquaponic system using different substrates. Progressive Agriculture, 25:54-62.

Sabo, A. and ladan, M., 2018. Phytoremediation Potential of Some Indigenous Herbaceous Plant Species Growing on Metalliferous Mining Sites At Nahuta, Bauchi State, Nigeria. Journal of Environmental Science, Toxicology and Food Technology, 12(4):41-46.

Tusief, M. Q., Malik, M. H., Asghar, H. N., Mohsin, M. and Mahmood, N., 2019. Bioremediation of Textile Wastewater through Floating Treatment Wetland System. International Journal of Agriculture and Biology, 22: 821–826.

Xing, X, Gao, Y., Zhong, Q., Yue, Q. and Li, Q., 2011. Sorption of nitrate onto amine crosslinked wheat straw: characteristics, column sorption, and desorption properties, Journal of Hazardous Materials, 186(1): 206-2011.

Yep B. and Zheng Y., 2019. Aquaponic trends and challenges – A review. Journal of Cleaner Production, 228: 1586-1599.

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-04-26]