



پالایش پساب استخرهای مولد میگو (*Penaeus monodon*) و تولید بیومس با استفاده از جلبک سبز *Ulva reticulata*

ربیعی رضا^۱، سهرابی پور جلوه^۲، ربیعی اسماء^۳، روحانی قادی کلائی کیومرث^۴

۱- بخش منابع طبیعی، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی هرمزگان، بندرعباس

r.rabiei6746@gmail.com

۲- بخش منابع طبیعی، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی هرمزگان، بندرعباس

۳- بخش مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز، شیراز

۴- بخش تکثیر و پرورش آبزیان، پژوهشکده اکولوژی خلیج فارس، بندرعباس

چکیده

رشد سریع مراکز آبی پروری در دنیا همراه با تخلیه پساب‌های غنی از مواد غذایی مصرف نشده و فضولات آبزیان علاوه بر کاهش کیفیت آب می‌تواند منجر به تکثیر غیر قابل کنترل جلبک‌های سمی و غیر سمی و بروز کشنده‌های قرمز و سبز و نهایتاً "صدمات زیست محیطی گردد. امروزه روش‌های بیولوژیک مختلفی برای کاهش بار آلودگی ناشی از پساب صنایع آبی پروری و حتی صنعتی پیشنهاد می‌گردد. استفاده از پتانسیل بیوفیلتری برخی از گیاهان عالی، ماکرو جلبک‌ها، میکرو جلبک‌ها، باکتریها و نیز استفاده از روشهای کشت توام آبزیان مختلف (IMTA) از این جمله می‌باشد. در این مطالعه جلبک سبز اولوا رتیکولاتا (*U. reticulata*) معروف به کاهوی دریایی به منظور ارزیابی تولید بیومس و توانایی گونه در کاهش غلظت نوترینت‌های موجود در پساب‌های مراکز تکثیر لارو میگو مورد استفاده قرار گرفت. در این مطالعه جلبک اولوا پس از طی دوره سازش پذیری با شرایط کاشت، در داخل تانک‌های پلاستیکی حاوی پساب مولد میگو (۱۰۰٪) و آب دریا (کنترل) به سیستم کاشت بسته (Batch culture system) با سه تکرار مورد کشت قرار گرفت. میزان تولید بیومس جلبک و میزان غلظت برخی از نوترینت‌ها به مدت ۱۲ روز در فواصل زمانی منظم اندازه‌گیری شد. نتایج حاصل نشان داد که *U. reticulata* پتانسیل بسیار خوبی برای پالایش و تصفیه پساب استخرهای مولد میگو و تولید بیومس دارد. جلبک *U. reticulata* قادر به کاهش ۱۰۰ درصدی غلظت یون‌های آمونیوم و نیتريت به ترتیب ۱۲ و ۱۸ ساعت بعد از کشت جلبک در پساب حاصل از استخرهای مولد میگو می‌باشد. کاهش غلظت فسفات و نیترات در پساب به ترتیب ۸۹ و ۳۳ درصد، ۱۲ روز پس از کشت جلبک در پساب می‌باشد. اولوا با نرخ رشد نسب $1\%d^{-1}$ ۱۰۶ دو هفته پس از کاشت دارای ۱۸۰۵ درصد افزایش وزن نسبت به وزن اولیه می‌باشد. ضمن اینکه اولوا به علت قدرت سازش پذیری زیاد می‌تواند به طور مستقیم و بدون رقیق‌سازی پساب به عنوان بیوفیلتری موثر در پساب مراکز تکثیر لارو میگو کشت داده شود. بنابراین طبق نتایج این مطالعه جلبک سبز اولوا رتیکولاتا با قابلیت بیوفیلتری زیاد بویژه قدرت و سرعت زیاد جذب آمونیوم و همچنین نرخ رشد سریع، گونه‌ای مناسب برای توصیه و ترویج می‌باشد.

کلمات کلیدی: اولوا رتیکولاتا، جلبک سبز، بیوفیلتر، پساب مزارع میگو، *Penaeus monodon*، *Ulva reticulata*



مقدمه

حجم عظیمی از نوترینت‌ها به صورت فضولات و مواد غذایی مصرف نشده و مازاد از مزارع آبی پروری به داخل اکوسیستم‌های دریایی وارد می‌گردد (Zhou و همکاران ۲۰۰۹، Rodriguez و Montano ۲۰۰۷، Marinho-Soriano و همکاران ۲۰۰۹). پدیده یوتروفیکشن (Eutrophication) یا افزایش بیش از حد میزان مواد غذایی یک پدیده عمومی در نواحی ساحلی است که معمولاً با گسترش غیر اصولی و بی‌رویه صنعت آبی پروری از جمله پرورش ماهی، میگو و صدف ارتباط دارد (Liu و همکاران ۲۰۱۰؛ Mao و همکاران ۲۰۰۵) این پدیده می‌تواند نهایتاً منجر به بلوم جلبک‌های مضر و تخریب کیفیت آب گردد (Rodriguez و Montano ۲۰۰۷، Marinho-Soriano و همکاران ۲۰۰۹؛ Huo و همکاران ۲۰۱۱). به حداقل رساندن اثرات منفی میزان نوترینت‌ها در آب‌استخرهای پرورش و نیز پساب‌های صنایع آبی پروری از چالش‌های اصلی و عمده در صنعت آبی پروری می‌باشد. امروزه برای مدیریت و بهبود کیفیت آب در سیستم‌های آبی پروری روش‌های مختلف شیمیایی، فیزیکی و بیولوژیک کاربرد دارند. تکنیک‌های بازیافت فیزیکی و شیمیایی برای اجرا و کنترل خیلی گران و پرهزینه می‌باشند (Ruenglerpanyakul و همکاران ۲۰۰۴). اما مراحل بازیافت بیولوژیک بوسیله میکرواورگانیزم‌ها، میکروجلبک‌ها و ماکروجلبک‌ها و نیز سایر گیاهان دریایی آسان و اقتصادی‌تر برآورد شده است. در همین راستا برخی از کشورهای توسعه یافته در مناطق گرمسیری از پتانسیل میکرو جلبک‌ها برای بازیافت پساب مزارع آبی پروری بهره می‌گیرند. ضمن اینکه در سالهای اخیر ماکرو جلبک‌ها به واسطه قابلیت آسانتر برای برداشت محصول و قابلیت بالای جذب نوترینت‌ها به عنوان یک راهکار اساسی جدید و کارآمد مد نظر قرار گرفته‌اند (Tsagkamilis و همکاران ۲۰۱۰). ماکرو جلبک‌ها می‌توانند نقش مهمی در کنترل آسان و ارزان پدیده یوتروفیکشن، بهبود کیفیت آب و توسعه آبی پروری ایفا کنند (Neori ۲۰۰۸، Copertino و همکاران ۲۰۰۹، Huo و همکاران ۲۰۱۱). چرا که ماکرو جلبک‌ها قادرند تا ۹۰ درصد نوترینت‌های خروجی از مزارع پر تراکم پرورش ماهی را بازیافت کنند (Shpigel و Neori ۲۰۰۷). در دهه اخیر استفاده از ماکرو جلبک‌ها در سیستم پرورش توام آبزیان (integrated multi trophic) (aquaculture= IMTA) گسترش قابل توجهی یافته است. جلبک‌های پرورش یافته در سیستم پرورش توام می‌توانند ارزش اقتصادی زیادی داشته باشند (Copertino و همکاران ۲۰۰۹، Figueroa و همکاران ۲۰۰۹). بیومس جلبک‌های تولید شده در پساب‌های آبی پروری می‌تواند به عنوان ماده اولیه تولید سوخت‌های زیستی، کودهای بیولوژیک، خوراک دام و آبزیان قابل استفاده باشند (Tsagkamilis و همکاران ۲۰۱۰، Ale و همکاران ۲۰۱۱). با توجه به خصوصیات مورفولوژیک (بالا بودن نسبت سطح به حجم) گونه‌های جلبک سبز *Ulva spp.* قابلیت تحمل و میل زیادی برای جذب آمونیوم از پساب‌های استخرهای میگو نشان می‌دهند. گونه‌های اولوا بواسطه قابلیت بالای جذب نوترینت‌ها، نرخ رشد و میزان فتوسنتز زیاد به عنوان یک بیوفیلتر ایده آل به شمار می‌آیند (Hernandez و همکاران ۲۰۰۲، Martinez-Aragon و همکاران ۲۰۰۲، Neori و همکاران ۲۰۰۳، Copertino و همکاران ۲۰۰۹). گونه‌های اولوا قادرند در غلظت‌های زیاد نیتروژن به خوبی رشد نموده و با تولید مقدار قابل توجهی بیومس مقدار زیادی از نوترینت‌ها را جذب و به شکل بهینه از محیط حذف کنند (Bolton و همکاران ۲۰۰۹). علاوه بر این گونه‌های اولوا همچون *Ulva clatrata* با سازش پذیری و مقاومت زیاد به شرایط سخت محیطی، نرخ رشد و میزان تولید بالایی را در دامنه‌های وسیع از نوسانات شوری، دما و pH و نیز دفعات کم تعویض آب از خود نشان داده‌اند (Copertino و همکاران ۲۰۰۹). همچنین گونه‌های اولوا به واسطه تولید مواد اللوپاتیک، به عنوان بازدارنده رشد اپی فیت‌ها و فیتوپلانکتونها عمل کرده و رقابت‌کننده بسیار موثری برای جذب نوترینت‌ها و نور در مقابل فیتوپلانکتونها و پاتوژنها به شمار می‌آیند (Wang و همکاران ۲۰۰۱، Copertino و همکاران ۲۰۰۹، Lu و همکاران ۲۰۰۸). اولوا لاکتوکا (*Ulva lactuca*) نشان داده که می‌تواند منبع مناسبی از ویتامین‌ها (A, B₂, B₁₂, C) با خواص آنتی‌اکسیدانی، ضد میکروبی و ضد ویروسی باشد (Ortiz و همکاران ۲۰۰۶).



؛ Abd El-Baky و همکاران ۲۰۰۸؛ Ale و همکاران، (۲۰۱۱). جلبک سبز *U. pertusa* قادر است نیتروژن آلی همچون اوره و آلانین را مستقیماً و بدون تبدیل به نیتروژن غیر آلی جذب کند (Tarutani و همکاران ۲۰۰۴). گونه‌های اولوا در پرورش توام در مزارع *Abalone* به منظور تامین غذای صدف‌ها و در پساب‌ها به منظور کاهش میزان یون آمونیوم پرورش داده می‌شوند (Flodin، ۲۰۰۵؛ Bolton و همکاران ۲۰۰۹). در اغلب کشورهای آسیایی، پرورش میگو منبع درآمد مهمی به شمار می‌آید اما روند رو به رشد صنعت آبی پروری آثار تخریب زیست محیطی برای سواحل این کشورها به دنبال داشته است. بنابراین کشت جلبک‌ها در پساب مزارع آبی پروری به عنوان یک راهکار اساسی برای تسویه پساب‌ها و تولید بیومس مطرح می‌گردد. در این مقاله قابلیت جذب نوترینت‌ها بوسیله جلبک سبز *U. reticulata* از پساب کارگاه تکثیرمیگوی ببری (*Penaeus monodon*) به سیستم کاشت بسته و نیز میزان رشد و تولید بیومس آن ارائه شده است.

مواد و روش‌ها

منابع تامین جلبک اولوا و نگهداری نشاء‌ها

این مطالعه در سال ۲۰۱۲ در یک کارگاه تکثیر لارو میگو با استفاده از سیستم کاشت بسته (Batch culture system) انجام شد. جلبک مورد استفاده در این مطالعه از سواحل جزیره Pinang در مالزی جمع‌آوری شده و به کارگاه تکثیر لارو میگو در ایالت کوالا سلنگور مالزی منتقل شد. به منظور سازش پذیری و آماده‌سازی جلبک‌های جمع‌آوری شده با شرایط محیطی، جلبک‌ها در فضائی باز از سه طرف و مسقف با ایرانیست شفاف درون چندین تانک پلاستیکی حاوی آب فیلتر شده دریا با قابلیت هوادهی پیوسته و ۳۰ درصد تعویض روزانه آب به مدت سه هفته نگهداری شدند. در طی مرحله سازش پذیری، جلبک‌های عاری از اپی فیت گردیده و به تدریج بخش‌های صدمه دیده و نکروزه حذف می‌گردید. بعد از مرحله سازش پذیری، تال‌های جلبکی سالم و عاری از اپی فیت را انتخاب نموده و برای انجام آزمایش اصلی به تانک‌های پلاستیکی با ظرفیت ۱۵۰ لیتر ($70^{cm} \times 105^{cm} \times 25^{cm}$) منتقل گردید. ویژگی منبع تامین پساب و کشت اولوا رتیکولاتا:

در این آزمایش حدود ۷۰ میگوی مولد لارو با میانگین وزنی ۱۵۰ گرم در استخری بتنی با ظرفیت ۳۰۰۰ لیتری در محلی مسقف و با شرایط نوری کم و تنظیم شده نگهداری می‌شد. آب استخر نگهداری میگوهای مولد روزانه به میزان ۳۰ درصد با آب فیلتر شده دریا تعویض می‌گردید. در این آزمایش پساب حاصل از تعویض آب استخر میگوهای مولد برای کشت جلبک اولوا مورد استفاده قرار گرفت. طرح آزمایشی برای کشت جلبک اولوا در این آزمایش شامل تیمارهای: ۱- تانک حاوی آب دریا و بدون جلبک به عنوان کنترل (SW) ۲- تانک حاوی آب دریا و جلبک اولوا (SW+U) ۳- تانک حاوی پساب میگو و بدون جلبک به عنوان کنترل (SBE) ۴- تانک حاوی پساب میگو و جلبک اولوا (SBE+U) با سه تکرار بود. در مجموع ۱۲ تانک پلاستیکی مستطیلی (۴ تیمار و سه تکرار) با ظرفیت ۱۵۰ لیتر استفاده شد. در تیمارهای واجد جلبک ۴۵۰ گرم (۳ گرم در لیتر) از جلبک *U. reticulata* در هر تانک قرار داده شد. محتوای تانک‌ها به طور مستمر با پمپ هوا و سنگ هوای غرقاب هوادهی می‌شد. این کشت به صورت سیستم بسته و بدون تعویض آب به مدت ۱۲ روز ادامه داشت.

بیومس و نرخ رشد نسبی (RGR):

بیومس (gL^{-1} وزن تر) و نرخ رشد نسبی *U. reticulata* در روزهای اول، ششم و دوازدهم آزمایش اندازه‌گیری شد. جلبک‌های موجود در هر تانک به طور کامل از هر تانک خارج شده و در سبدهای پلاستیک به مدت ۱۵ دقیقه تا



حذف آب اضافی قرار داده می‌شد. توزین جلبک‌ها با استفاده از ترازوی Sartorius BL60 ($\pm 0.01g$) صورت می‌گرفت. برآورد نرخ رشد نسبی جلبک‌ها با استفاده از فرمول زیر انجام شد (Phang و همکاران ۱۹۹۶).

$$RGR(\%d^{-1}) = [(W_t - W_i) / W_i \times \Delta t] \times 100$$

W_i = وزن تر اولیه (گرم)؛ W_t = وزن تر در زمان t ؛ Δt = زمان حد فاصل بین توزین‌ها

پارامترهای فیزیولوژیکی آب و محیط:

در طی آزمایش پارامترهای فیزیولوژیکی آب و متغیرهای محیطی هر ۴۸ ساعت اندازه‌گیری شد. پارامترهای فیزیولوژیکی همانند دما ($^{\circ}C$)، هدایت الکتریکی (EC)، شوری (%، اکسیژن محلول (mgL^{-1})، و pH در تانک‌های تیمار بوسیله دستگاه پرتابل YSI (مدل ۸۵) و شدت نور با استفاده از دستگاه Licor (Li-250A) اندازه‌گیری شد. دامنه شدت نور ۵۰ تا ۹۰ و متوسط آن $91/5 \pm 21$ میکرومول فوتون بر متر مربع در ثانیه برآورد گردید. تهیه نمونه‌های آب برای آزمایش و تعیین غلظت نوترینت‌ها در فواصل زمانی معین ۲، ۴، ۶، ۱۲، ۱۸، ۲۴، ۴۸ (۲ روز)، ۷۲ (۳ روز)، ۱۴۴ (۶ روز)، ۲۱۶ (۹ روز) و ۲۸۸ (۱۲ روز) ساعت بعد از شروع آزمایش انجام شد. نمونه‌های آب در بطری‌های پلی‌اتیلنی ذخیره و در دمای پائین در داخل یخدان‌های واجد یخ به آزمایشگاه منتقل شدند. در آزمایشگاه غلظت آمونیموم به روش Salicylate، نیتريت به روش Diazotization، نیترات به روش Cadmium reduction، ارتو فسفات به روش Ascorbic acid و COD به روش Reactor digestion و بوسیله اسپکتروفتومتر HACH مدل DR/2500 اندازه‌گیری شد (Clesceri و همکاران ۱۹۹۸).

قابلیت جذب نوترینت‌ها (RE%):

درصد جذب نوترینت‌ها در هر تانک طبق فرمول زیر محاسبه شد:

$$RE\% = [(inflow - outflow) / inflow] \times 100$$

غلظت نوترینت آب در شروع آزمایش (میلی گرم بر لیتر) = Inflow

غلظت نوترینت آب در زمان نمونه برداری (میلی گرم بر لیتر) = Outflow

قابلیت جذب نوترینت‌ها بوسیله *U. reticulata* در تیمارهای واجد جلبک (SBE+U و SW+U) با در نظر گرفتن میزان کاهش غلظت نوترینت‌ها در تانک‌های کنترل (فاقد جلبک) برآورد و محاسبه می‌گردید.

آنالیز آماری

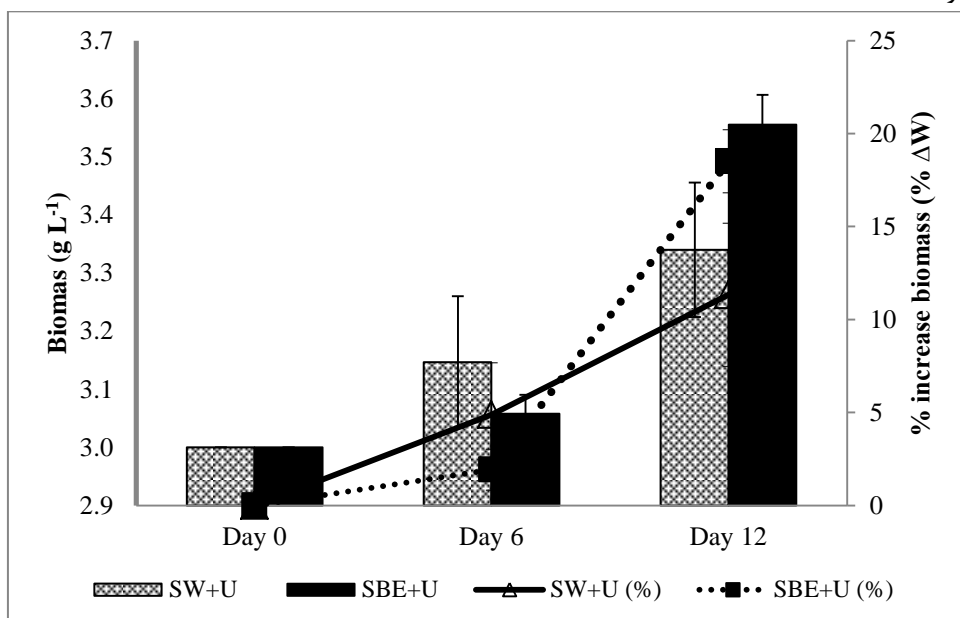
نرمال بودن و یکپارختی داده‌ها به ترتیب با استفاده از تست کلموگروف - اسمیرنوف و تست لون بررسی شد. تغییر در غلظت نوترینت‌ها و توانایی جذب نوترینت‌ها بوسیله جلبک در تیمارهای مختلف آب (۴ سطح) و زمان در معرض گذاری (۱۲ سطح) با سه تکرار در طی دوره کشت با استفاده از طرح کرت‌های خرد شده در زمان (Split plot design in time) مقایسه گردید. تست توکی (Tukey test) برای تعیین اختلاف معنی دار ($P < 0.05$) میان زمان و تیمار آب استفاده شد. آنالیز واریانس یک طرفه برای آنالیز پارامترهای فیزیولوژیکی، میزان مواد جامد در تیمارهای مختلف استفاده شد. سطح معنی دار ۹۵٪ ($\alpha = 0.05$) برای همه آزمایشات در نظر گرفته شد. آنالیزهای آماری با استفاده از نرم افزار SPSS-۱۵ انجام شد.

نتایج

بیومس و نرخ رشد نسبی:

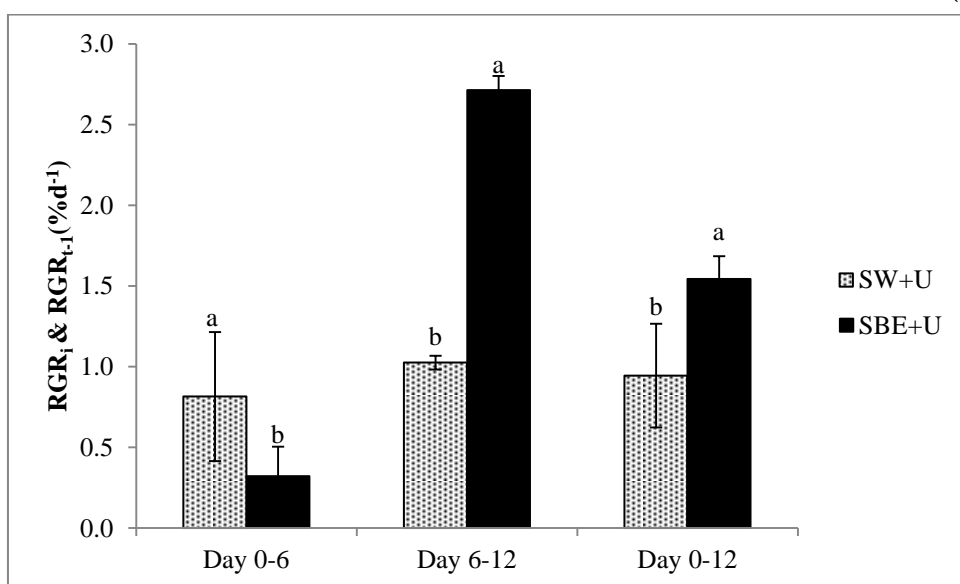


درصد افزایش بیومس ($\Delta W\%$) و بیومس ($\text{g L}^{-1} \text{ FW}$ = گرم بر لیتر وزن تر) جلبک در تیمارهای SBE+U و SW+U در طی دوره پرورش در شکل ۱ نشان داده شده است. طبق ANOVA میزان بیومس جلبک در تیمار SW+U و SBE+U افزایش معنی داری در روز ۱۲ نشان می‌دهد. بعد از ۱۲ روز متوسط بیومس در تیمار SBE+U ($3.6 \pm 0.1 \text{ g L}^{-1} \text{ FW}$) بیشتر از تیمار SW+U (3.3 ± 0.1) بود هرچند که اختلاف معنی دار نبود ($P > 0.05$).



شکل ۱: مقدار بیومس (گرم بر لیتر وزن تر= $\text{g L}^{-1} \text{ FW}$) (هیستوگرام) و درصد افزایش بیومس ($\Delta W\%$) (گراف خطی) جلبک *U. reticulata* در طی ۱۲ روز در پساب میگوی مولد (SBE) و آب دریا (SW).

نرخ رشد نسبی *U. reticulata* نسبت به زمان شروع آزمایش (RGR_i) و روز ششم (RGR_{t-1}) در شکل ۲ نشان داده شده است. میانگین RGR_i در تیمار SBE+U ($1.5 \pm 0.1\% \text{ d}^{-1}$) به طور معنی داری ($P < 0.05$) بیشتر از SW+U ($0.9 \pm 0.3\% \text{ d}^{-1}$) در روز دوازدهم می‌باشد. متوسط RGR_{t-1} از روز ۶ تا ۱۲ در تیمار SBE+U ($2.7 \pm 0.1\% \text{ d}^{-1}$) به طور معنی داری ($P < 0.05$) بیشتر از تیمار SW+U ($1.0 \pm 0.1\% \text{ d}^{-1}$) تعیین گردید (شکل ۲).





شکل ۲: میانگین نرخ رشد جلبک *U. reticulata* در پساب میگوی مولد (SBE) و آب دریا (SW) با ارجاع به روز اول (روز اول تا ۶ و روز اول تا ۱۲) $(RGR_i = 12)$ و نیز ارجاع به روز ششم (RGR_{i-1}) .

کیفیت و خصوصیات فیزیکیوشیمیایی آب:

در این آزمایش نتایج خصوصیات فیزیکیوشیمیایی آب در پساب استخر میگوی مولد در جدول ۱ نشان داده شده است. نسبت C:N:P در پساب ۳۰۰:۴:۱ بود. میانگین خصوصیات فیزیکیوشیمیایی آب در تیمارهای مختلف در روز اول و دوازدهم در جدول ۲ نشان داده شده است. دمای آب در تانک های بدون جلبک (SBE, SW) به طور معنی داری $(P < 0.05)$ بالاتر از تانک واجد جلبک (جدول ۲) تعیین شد. در مقابل متوسط مقدار pH در تانک های حاوی جلبک به طور معنی داری $(P < 0.05)$ بالاتر از تانک های فاقد جلبک بود.

جدول ۱- برخی از پارامترهای فیزیکیوشیمیایی پساب استخرهای میگو (SBE) در شروع آزمایش

غلظت و مقدار	پارامترها
1.00 ± 0.01	$\text{NH}_3\text{-N (mg L}^{-1}\text{)}$
0.40 ± 0.01	$\text{NO}_3\text{-N (mg L}^{-1}\text{)}$
0.13 ± 0.01	$\text{NO}_2\text{-N (mg L}^{-1}\text{)}$
0.40 ± 0.01	$\text{PO}_4\text{-P (mg L}^{-1}\text{)}$
320 ± 28	C.O.D. (mg L ⁻¹)
26 ± 0.2	Salinity (‰)
8.0 ± 0.1	pH
29046 ± 3146	TS (mg L ⁻¹)
142 ± 4	TSS (mg L ⁻¹)
5974 ± 65	TVS (mg L ⁻¹)
28904 ± 3104	TDS (mg L ⁻¹)
120	Total carbon (mg L ⁻¹) = (COD × 12/32)
1.53	Total nitrogen (mg L ⁻¹) = (NH ₃ -N + NO ₃ -N + NO ₂ -N)
300:4:1	C: N: P

TS, Total Solids; TSS, Total Suspended Solids; TVS, Total Volatile Solids; TDS, Total Dissolved Solids; COD, Chemical Oxygen Demand.

جدول ۲- میانگین خصوصیات فیزیکیوشیمیایی آب در تیمارهای مختلف شامل تانک های واجد جلبک *U. reticulata* و تانک های فاقد جلبک (کنترل) در روز اول و دوازدهم آزمایش.

Treat ment	Temperature (°C)		pH		DO (%)		Conductivity (ms)		Salinity(‰)	
	Day 0	Day 12	Day 0	Day 12	Day 0	Day 12	Day 0	Day 12	Day 0	Day 12
SBE+	25.5 ± 0.1	24.0 ± 0.0	7.8 ± 0.1	8.7 ± 0.3	74.4 ± 1.7	83.2 ± 5.9	38.9 ± 0.1	41.1 ± 0.2	27.5 ± 0.1	27.9 ± 0.2
U	26.7 ± 1.0	25.4 ± 1.0	8.0 ± 0.0	8.3 ± 0.0	69.2 ± 0.1	91.8 ± 0.1	39.3 ± 0.1	39.9 ± 0.1	25.8 ± 0.0	27.1 ± 0.0
SBE	25.4 ± 0.2	24.1 ± 0.3	8.2 ± 0.0	8.8 ± 0.1	76.6 ± 3.5	85.7 ± 5.4	38.9 ± 0.1	41.5 ± 0.1	25.8 ± 0.2	27.3 ± 0.4
SW+U	25.4 ± 0.2	24.1 ± 0.3	8.2 ± 0.0	8.8 ± 0.1	76.6 ± 3.5	85.7 ± 5.4	38.9 ± 0.1	41.5 ± 0.1	25.8 ± 0.2	27.3 ± 0.4



SW	26.5±	25.2±	8.1±	8.4±	71±0.	76±0.	41.8±	42.6±	27.6±	27.9±
	1.0	1.0	0.0	0.0	1	1	0.1	0.1	0.0	0.0

SBE+U, Shrimp brood stock effluent with Ulva; SBE, Shrimp brood stock effluent;
SW+U, Seawater with Ulva; SW, Seawater

قابلیت جذب نوترینت ها :

جدول ۳ غلظت (mgL^{-1}) نوترینت های آب (NH_3 , NO_3 , NO_2 , PO_4) و قابلیت جذب نوترینت های مورد نظر را بوسیله جلبک *U. reticulata* در تیمارهای مختلف SW+U, SBE, SW+U, SBE+U در طی دوره آزمایش نشان می دهد. در مجموع غلظت نوترینت های آب به طور معنی داری در روز دوازدهم آزمایش در تیمارهای واجد جلبک (SBE+U و SW+U) نسبت به تیمارهای فاقد جلبک (کنترل) کمتر می باشد (جدول ۳). بر اساس تست توکی غلظت نوترینت ها با توجه به تیمارهای مختلف آب، زمان و اثر متقابل زمان و تیمار آب به طور معنی داری در طی دوره آزمایش متفاوت می باشد.

طبق جدول ۳ به جز تیمار SBE (فاقد جلبک) غلظت آمونیوم در تمام تیمارهای واجد جلبک SBE+U و SW+U در روز آخر (روز ۱۲) آزمایش خیلی کم و غیرقابل اندازه گیری بود. تغییرات در غلظت $\text{NH}_3\text{-N}$ (mgL^{-1}) و قابلیت جذب نوترینت ها (RE%) در طی دوره آزمایش در شکل ۳ (3a و 3b) نشان داده شده است.

در تیمار SBE+U حذف یون آمونیوم بوسیله جلبک *U. reticulata* دو ساعت پس از شروع آزمایش ۶۰ درصد و ۱۲ ساعت بعد از شروع به ۱۰۰ درصد می رسد، به طوری که میزان حذف آمونیوم در تیمارهای واجد جلبک به طور معنی داری ($P<0.01$) بیش از تیمار فاقد جلبک یا کنترل (SBE) می باشد (شکل 3a). در تانک های واجد آب دریا و جلبک (SW+U) غلظت آمونیوم دو ساعت پس از شروع آزمایش به ۴۰ درصد مقدار اولیه رسیده و بعد از ۱۲ ساعت در هر دو تیمار آب دریا (SW+U, SW) غیر قابل تشخیص می باشد (شکل 3b). غلظت نیترات در آب و توانایی جذب نیترات بسته به تیمار آب و زمان در معرض بودن در طی آزمایش متغیر می باشد (شکل های 4a, 4b). افزایش غلظت نیترات در تیمارهای SBE, SW و گاهها" در SBE+U در طی دوره پرورش، به طور معنی داری ($p<0.01$) با توجه به زمان و تیمارهای آب متفاوت می گردد (جدول ۳ و شکل های 4a و 4b). حداکثر کاهش غلظت نیترات در تیمارهای واجد جلبک (SBE+U, SW+U) در روز دوازدهم آزمایش قابل مشاهده است. همچنین در تیمار آب دریا و جلبک (SW+U) غلظت نیترات کمتر از تیمار بدون جلبک (SW) اندازه گیری شد. افزایش میزان حذف نیترات در طی دوره آزمایش در تیمارهای SBE+U و SW+U نشان دهنده سازش پذیری جلبک اولوا به شرایط کاشت می باشد. حداکثر حذف نیترات برای SBE+U، ۳۳ درصد (در روز ۱۲) و برای تیمار SW+U، ۳۳.۳ درصد (روز دوم) تعیین شد (شکل های 4a و 4b). غلظت نیترات در تیمارهای واجد اولوا به طور معنی داری با توجه به زمان در طی دوره کاشت کاهش نشان می دهد. در واقع غلظت نیترات در تانک های کنترل و فاقد جلبک در روز ۱۲ افزایش نشان می دهد. حداکثر جذب نیترات ۱۰۰٪ در تیمار SBE+U و ۹۹٪ در تیمار SW+U به ترتیب بعد از ۱۸ و ۲۴ ساعت تعیین شد (جدول ۳ و شکل های 5a و 5b).

غلظت ارتو فسفات در تیمارهای SW+U, SBE, SBE+U, SW به ترتیب از ۰/۵ تا ۰/۰۵، ۰/۳۹ تا ۰/۶۲، ۰/۰۹ تا ۰/۱۱ و ۰/۱۲ تا ۰/۱۰ میلی گرم در لیتر بعد از ۱۲ روز تغییر می کند. طبق تست توکی غلظت ارتو فسفات در تانک های واجد جلبک به طور معنی داری ($p<0.01$) کمتر از تانک های فاقد جلبک است (جدول ۳). جلبک اولوا در تیمار پساب میگو (SBE+U) توانایی حذف بیشتر ارتو فسفات را در مقایسه با آب دریا (SW+U) (۳۵٪) نشان داد (جدول ۳ و شکل های 6a و 6b).



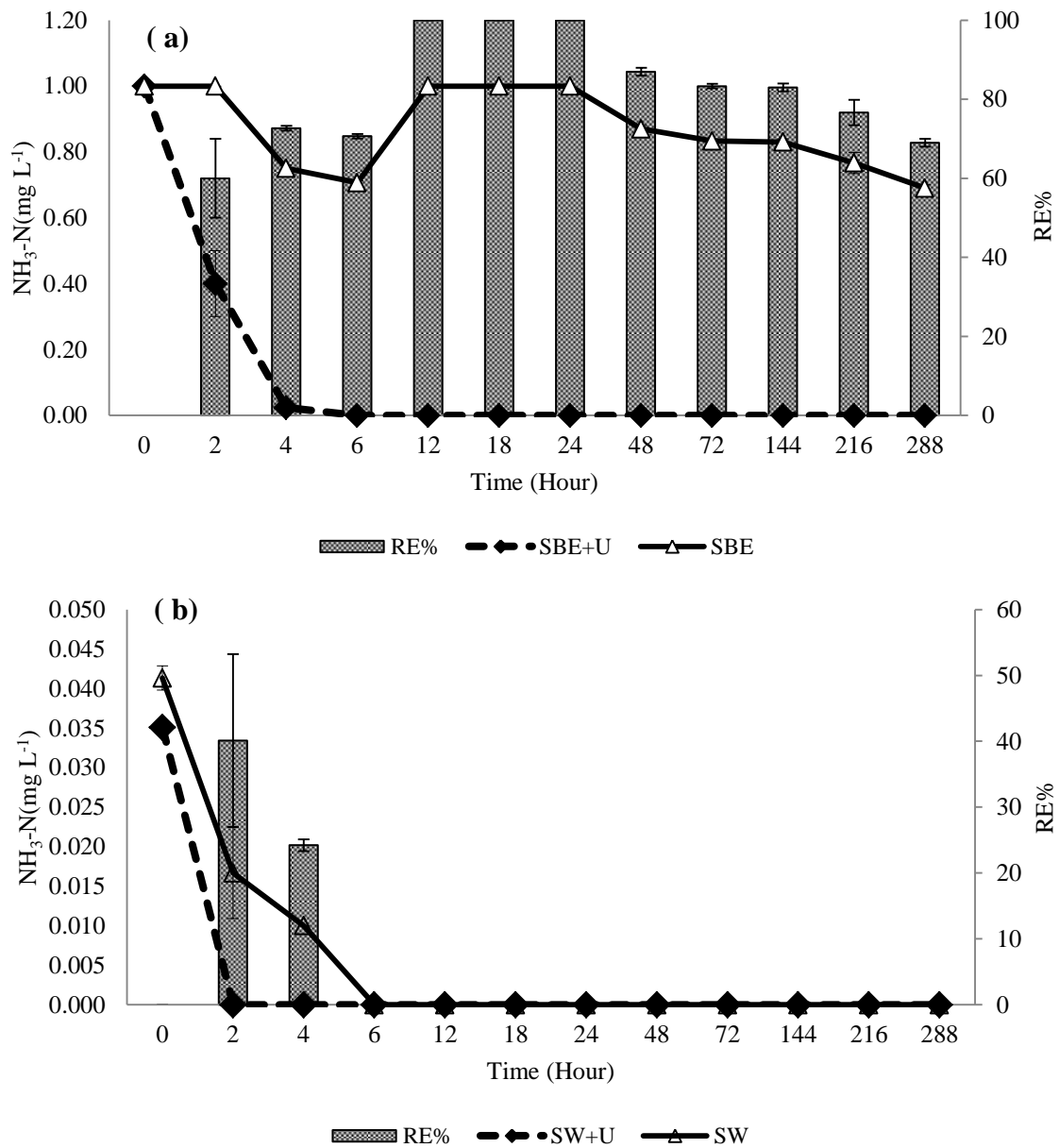
جدول ۳- غلظت (میانگین \pm SD) نوترینت‌ها (میلی گرم بر لیتر) در طی دوره آزمایش و قابلیت جذب نوترینت‌ها (RE%) پس از ۱۲ روز از زمان شروع کاشت در تیمارهای مختلف.

N utrient	تیمار	زمان (ساعت)												% R E (0 & 28 8 hour)	
		0	2	4	6	12	18	24	48	72	144	216	288		
N H ₃	S	1.0	0.4	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10
	B	$\pm 0.$	$\pm 0.$	$\pm 0.$	$\pm 0.$	$\pm 0.$	$\pm 0.$	$\pm 0.$	$\pm 0.$	$\pm 0.$	$\pm 0.$	$\pm 0.$	$\pm 0.$	$\pm 0.$	0
	E	0 ^a	1 ^b	1 ^c	0 ^c	0 ^c	0 ^c	0 ^c	0 ^c	0 ^c	0 ^c	0 ^c	0 ^c	0 ^c	
	+														
	U	S	1.0	1.0	0.8	0.7	1.0	1.0	1.0	0.9	0.8	0.8	0.8	0.7	31
	B	$\pm 0.$	$\pm 0.$	$\pm 0.$	$\pm 0.$	$\pm 0.$	$\pm 0.$	$\pm 0.$	$\pm 0.$	$\pm 0.$	$\pm 0.$	$\pm 0.$	$\pm 0.$	$\pm 0.$	
N O ₃	S	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10	
	B	$\pm 0.$	$\pm 0.$	$\pm 0.$	$\pm 0.$	$\pm 0.$	$\pm 0.$	$\pm 0.$	$\pm 0.$	$\pm 0.$	$\pm 0.$	$\pm 0.$	$\pm 0.$	0	
	E	0 ^{ab}	0 ^b	0 ^b	0 ^b	0 ^b	0 ^b	0 ^b	0 ^b	0 ^b	0 ^b	0 ^b	0 ^b	0 ^b	
	+														
	U	S	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10
	B	$\pm 0.$	$\pm 0.$	$\pm 0.$	$\pm 0.$	$\pm 0.$	$\pm 0.$	$\pm 0.$	$\pm 0.$	$\pm 0.$	$\pm 0.$	$\pm 0.$	$\pm 0.$	$\pm 0.$	0
N O ₃	S	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.5	0.3	0.3	33	
	B	$\pm 0.$	$\pm 0.$	$\pm 0.$	$\pm 0.$	$\pm 0.$	$\pm 0.$	$\pm 0.$	$\pm 0.$	$\pm 0.$	$\pm 0.$	$\pm 0.$	$\pm 0.$		
	E	0 ^a	1 ^{ab}	1 ^{ab}	0 ^{ab}	0 ^{ab}	1 ^{ab}	1 ^{abc}	05 ^{ab}	1 ^{ab}	1 ^{ab}	0 ^b	0 ^c		
	+														
	U	S	0.4	0.6	0.6	0.6	0.6	0.7	0.7	0.8	0.8	1.0	1.6	1.9	nd
	B	$\pm 0.$	$\pm 0.$	$\pm 0.$	$\pm 0.$	$\pm 0.$	$\pm 0.$	$\pm 0.$	$\pm 0.$	$\pm 0.$	$\pm 0.$	$\pm 0.$	$\pm 0.$	$\pm 0.$	
N O ₂	S	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4	8	
	B	$\pm 0.$	$\pm 0.$	$\pm 0.$	$\pm 0.$	$\pm 0.$	$\pm 0.$	$\pm 0.$	$\pm 0.$	$\pm 0.$	$\pm 0.$	$\pm 0.$	$\pm 0.$		
	E	0 ^a	1 ^{ab}	1 ^{ab}	0 ^{ab}	1 ^{ab}	1 ^{ab}	1 ^{ab}	0 ^{ab}	0 ^{ab}	0 ^{ab}	0 ^{ab}	0 ^{ab}	0 ^{ab}	
	+														
	U	S	0.5	0.3	0.3	0.4	0.5	0.5	0.6	0.6	0.5	0.4	0.5	0.8	nd
	B	$\pm 0.$	$\pm 0.$	$\pm 0.$	$\pm 0.$	$\pm 0.$	$\pm 0.$	$\pm 0.$	$\pm 0.$	$\pm 0.$	$\pm 0.$	$\pm 0.$	$\pm 0.$	$\pm 0.$	
N O ₂	S	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	99	
	B	97	15	12	05	01 \pm	03	00 \pm	01 \pm	01 \pm	01	01	01		
	E	$\pm 0.$	$\pm 0.$	$\pm 0.$	$\pm 0.$	0.0 ^c	$\pm 0.$	0.0 ^d	0.0 ^c	0.0 ^c	$\pm 0.$	$\pm 0.$	$\pm 0.$		
+	0 ^a	0 ^b	0 ^b	0 ^c	0 ^d	0 ^d	0 ^d	0 ^d	0 ^d	0 ^{cd}	0 ^c	0 ^c			

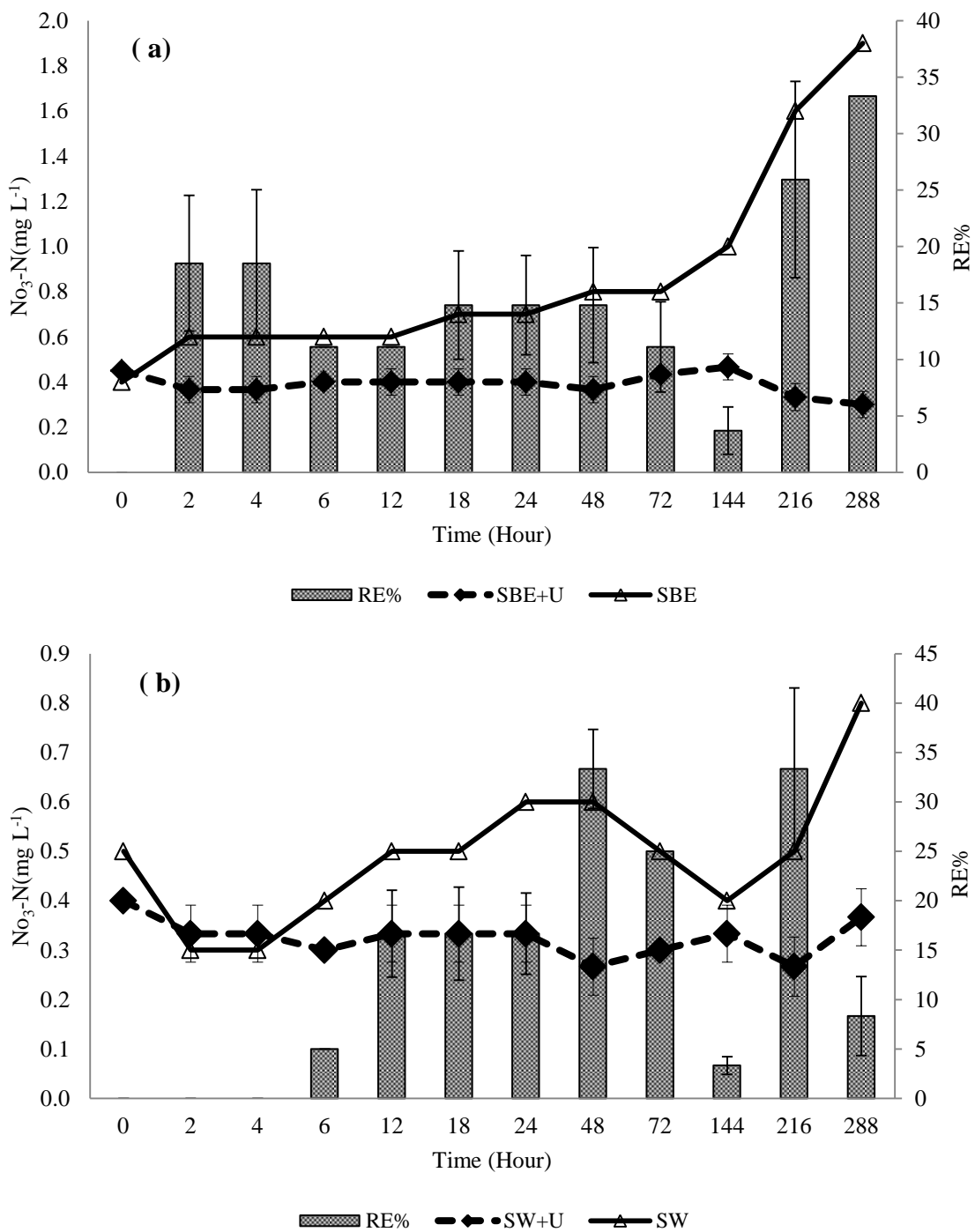


		d												
P O ₄	U													
	S	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.6	0.6	nd
	B	30	34	35	37	40	40	40	70±	90	60	40	3	
	E	±0.	±0.	±0.	±0.	±0.	±0.	±0.	0.0 ^a	±0.	±0.	±0.	0.0	
		0 ^a	0 ^a	0 ^a	0 ^a	0 ^a	0 ^a	0 ^a		0 ^a	00 ^a	.0 ^a	^a	
	S	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	96
	W	20	05	04	03	02	01±	00	01±	01±	01	01	01	
	+	±0.	±0.	±0.	±0.	±0.	0.0 ^c	±0.	0.0 ^c	0.0 ^c	±0.	±0.	±0.	
	U	0 ^a	0 ^b	0 ^{bc}	0 ^{bc}	0 ^{bc}	^d	0 ^d	^d	^d	0 ^{cd}	.0 ^c	0 ^{cd}	
												^d		
	S	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	nd
	W	50	48	49	53	56	60	62	65	70	76	80	90	
		±0.	±0.	±0.	±0.	±0.	±0.	±0.	±0.	±0.	±0.	±0.	±0.	
	0 ^a	0 ^a	0	0 ^a	0 ^a	0 ^a	0 ^a	0 ^a	0 ^a	0 ^a	.0 ^a	0 ^a		
S	0.5	0.4	0.3	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	89	
B	±0.	±0.	±0.	±0	±0.	±0.	±0.	±0.	±0.	±0.	±0.	±0.		
E	0 ^a	1 ^{ab}	1 ^{bc}	.0 ^{cd}	0 ^d	0 ^d	0 ^d	0 ^d	0 ^d	0 ^d	.0 ^d	2 ^d		
+														
U														
S	0.4	0.3	0.3	0.2	0.4	0.4	0.5	0.3	0.3	0.3	0.3	0.6	nd	
B	±0.	±0.	±0.	±0.	±0.	±0.	±0.	±0.	±0.	±0.	±0.	±0.		
E	0 ^a	0 ^a	0 ^a	0 ^a	0 ^a	0 ^a	0 ^a	0 ^a	0 ^a	0 ^a	.0 ^a	0 ^a		
S	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	16	
W	±0.	±0.	±0.	±0.	±0.	±0.	±0.	±0.	3	±0.	±0	±0.		
+	0 ^{ab}	0 ^{ab}	0 ^{ab}	0 ^b	0 ^{ab}	0 ^{ab}	0 ^{ab}	0 ^{ab}	±0.	0 ^{ab}	.0 ^a	1 ^a		
U									0 ^b		^b			
S	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.1	0.1	0.1	17	
W	±0.	±0.	±0.	±0.	±0.	±0.	±0.	±0.	8	0	±0	±0.		
	0 ^a	0 ^a	0 ^a	0 ^a	0 ^a	0 ^a	0 ^a	0 ^a	±0.	±0.	.0 ^a	0 ^a		
									0 ^a	0 ^a				

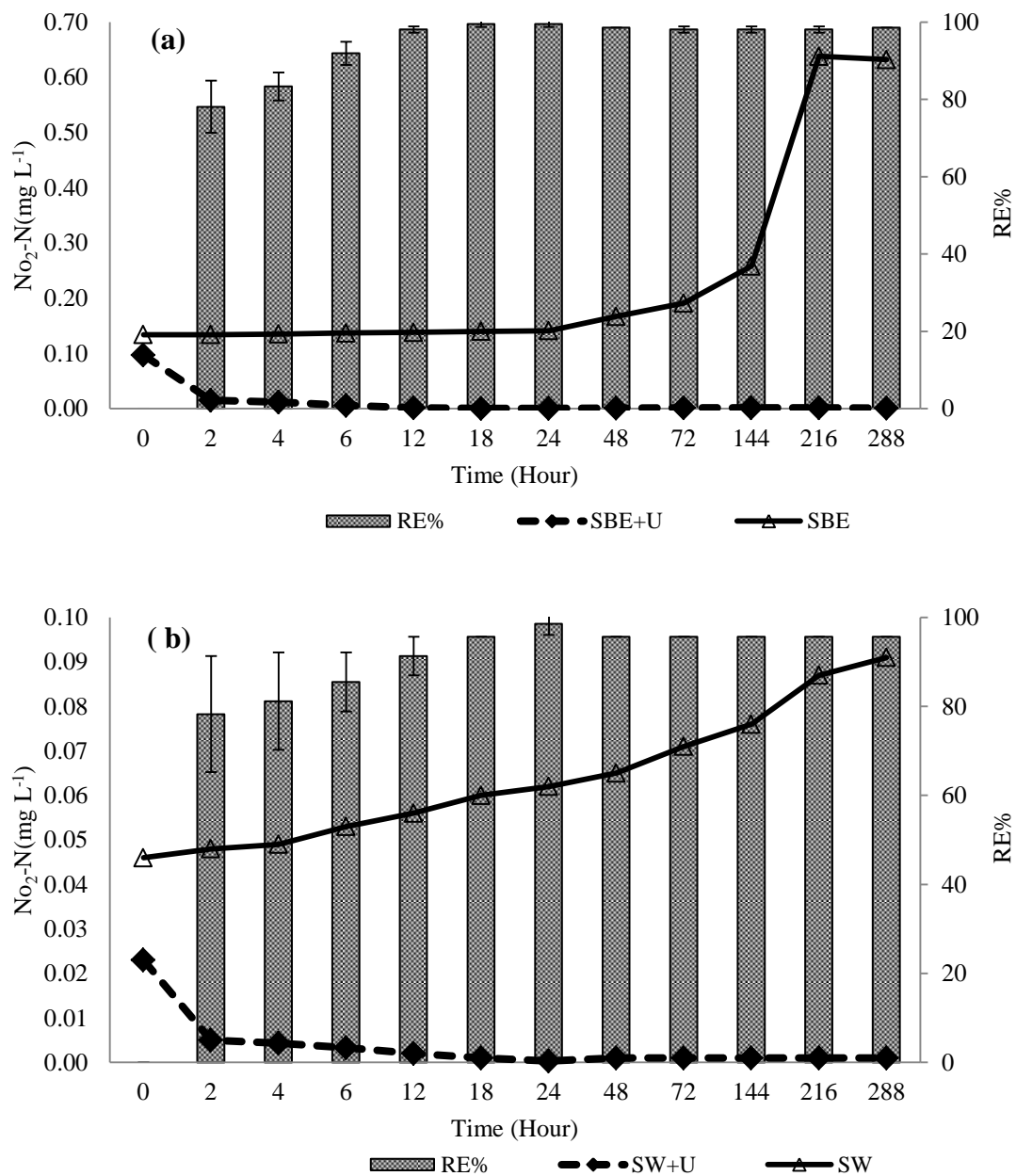
Values in any one row not followed by the same superscript letters are significantly different at P<0.05; nd, not detectable; Time of sampling based on hour after start of experiment ; SBE+U, Shrimp brood stock effluent with Ulva ;SBE, Shrimp brood stock effluent without Ulva; SW+U, Seawater with Ulva; SW , Seawater without Ulva.



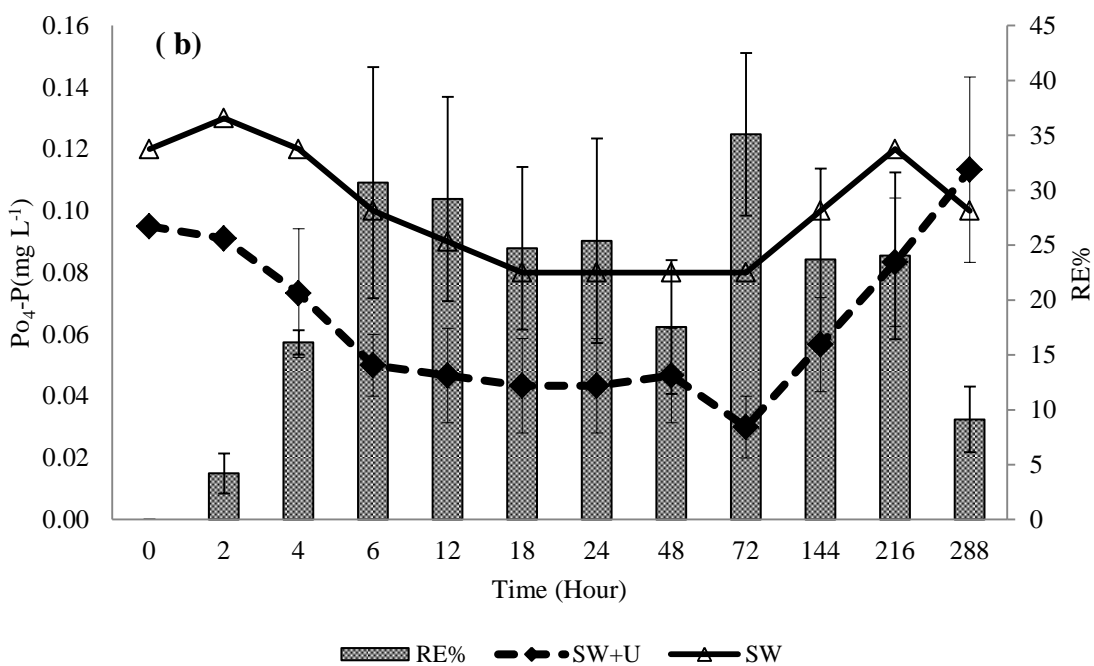
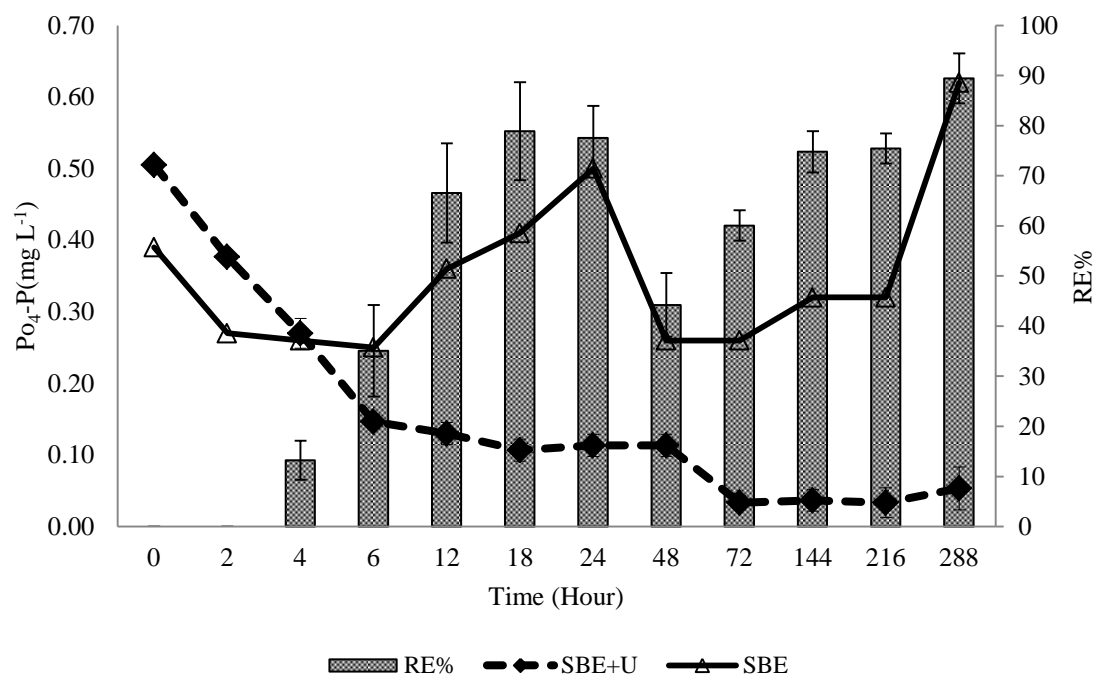
شکل ۳: میانگین (n=3) غلظت آمونیوم (نمودار خطی؛ mg L^{-1}) و قابلیت جذب آمونیوم (نمودار هیستوگرام؛ RE%) توسط جلبک *U. reticulata* در طی ۲۸۸ ساعت در تیمارهای مختلف: (a) در پساب میگو؛ تانک های فاقد جلبک (SBE) و واجد جلبک (SBE+U). (b) در آب دریا؛ تانک های فاقد جلبک (SW) و واجد جلبک (SW+U).



شکل ۴ : میانگین (n=3) غلظت نیترات (نمودار خطی؛ mg L⁻¹) و قابلیت جذب نیترات (نمودار هیستوگرام؛ RE%) توسط جلبک *U. reticulata* در طی ۲۸۸ ساعت در تیمارهای مختلف (a) در پساب میگو؛ تانک های فاقد جلبک (SBE) و واجد جلبک (SBE+U). (b) در آب دریا؛ تانک های فاقد جلبک (SW) و واجد جلبک (SW+U).



شکل ۵ : میانگین ($n=3$) غلظت نیتريت (نمودار خطی؛ mg L^{-1}) و قابلیت جذب نیتريت (نمودار هیستوگرام؛ $\text{RE}\%$) توسط جلبک *U. reticulata* در طی ۲۸۸ ساعت در تیمارهای مختلف: (a) در پساب میگو؛ تانک های فاقد جلبک (SBE) و واجد جلبک (SBE+U). (b) در آب دریا؛ تانک های فاقد جلبک (SW) و واجد جلبک (SW+U).



شکل ۶ : میانگین (n=3) غلظت فسفات (نمودار خطی؛ mg L^{-1}) و قابلیت جذب فسفات (نمودار هیستوگرام؛ RE%) توسط جلبک *U. reticulata* در طی ۲۸۸ ساعت در تیمارهای مختلف (a) در پساب میگو؛ تانک های فاقد جلبک (SBE) و واجد جلبک (SBE+U). (b) در آب دریا؛ تانک های فاقد جلبک (SW) و واجد جلبک (SW+U).

بحث و نتیجه گیری:
در این آزمایش میانگین نرخ رشد اولوا رتیکولاتا در پساب میگو ($1.6 \pm 0.1 \% \text{d}^{-1}$)، با نتایج بدست آمده برای پرورش این گونه ($1.2 \% \text{d}^{-1}$) در پساب ماهی (Msuya و Neori، ۲۰۰۹)، پرورش گونه *U. clathrata* ($1-3 \% \text{d}^{-1}$)



در تانک حاوی پساب finfish با تیمار جریان آب (Copertino و همکاران، ۲۰۰۹)، و نیز پرورش U. reticulata ($5-8\%d^{-1}$) در پساب finfish (Mwandy و همکاران، ۲۰۰۱) قابل مقایسه است. متفاوت بودن نرخ رشد گونه‌های اولوا را می‌توان به نوع گونه، شرایط رشد و دوره کشت گونه مربوط دانست (Neori و همکاران، ۲۰۰۴). در این آزمایش اولوا رتیکولاتا نشان داد که قادر است نوترینت‌ها را از پساب استخرهای میگو (SBE) به خوبی جذب نموده و در پایان دوره ۱۲ روزه آزمایش، $18/5$ درصد افزایش بیومس داشته باشد؛ ضمن اینکه مقدار افزایش بیومس اولوا در تیمار SBE به طور معنی‌داری بیش از تیمار آب دریا ($11.3\% d^{-1}$) برآورد شد. هرچند که Figuera و همکاران (۲۰۰۹) مقدار بیومس مشابه و یکسانی را برای U. lactuca پرورش یافته در غلظت‌های مختلف از نوترینت‌ها گزارش نموده است. در این مطالعه نرخ رشد پائین اولوا رتیکولاتا در تانک حاوی آب دریا (کنترل) نسبت به SBE می‌تواند به شرایط محیط کشت از جمله غلظت کم نوترینت‌ها در آب دریا مربوط دانست. ضمن اینکه میزان مواد جامد و معلق در تانک‌های حاوی آب دریا کمتر از تانک‌های حاوی پساب میگو برآورد شد لذا شفافیت آب و شدت نور در تیمار آب دریا بیشتر از SBE بوده و می‌تواند باعث کاهش میزان کلروفیل و بی‌رنگ شدن بخش‌هایی از تالهای جلبک بویژه در سطح آب شود. در آب‌های مناطق گرمسیری افزایش میزان فسفر، نیتروژن و نیز جریان آب قادر است اثرات شدت نور و دمای زیاد را در این مناطق کاهش داده و از بی‌رنگ شدن جلبک‌ها و کاهش نرخ رشد آنها ممانعت به عمل آورد (Santelices، ۱۹۸۷). طبق گزارش Figueroa و همکاران (۲۰۰۹)، محتوای پیگمانی (رنگدانه‌ای) و فتوسنتزی در U. lactuca با افزایش میزان نوترینت‌ها افزایش می‌یابد. این احتمالاً دلیلی است که چرا محتوای پیگمانی U. reticulata در آب دریا در مقایسه با تیمار SBE در این مطالعه کاهش نشان داده است.

توانایی جذب نوترینت‌ها:

در بسیاری از گزارشات جلبک‌ها به عنوان یک پالاینده زیستی ایده‌آل برای منابع ازته موجود در پساب‌های آبرزی پروری ذکر شده‌اند اما در خصوص جذب فسفات بوسیله جلبک‌ها مطالعات اندکی وجود دارد (Jones و همکاران، ۲۰۰۱؛ Kang و همکاران، ۲۰۱۱). لذا در این مطالعه قابلیت بیوفیلتری U. reticulata برای منابع نیتروژن و فسفات به طور همزمان و توأم ارزیابی گردید. بنا به گزارشات موجود کاهش چشمگیر و عمده غلظت نوترینت‌ها در تانک‌های واجد جلبک U. reticulata ناشی از تأثیرات بیوفیلتری جلبک بوده و درصد کمی از جذب نوترینت‌ها را می‌توان به حضور میکروفیت‌ها از جمله سیانوباکترها مربوط دانست (Mwandy و همکاران، ۲۰۰۱).

در این مطالعه U. reticulata در تانک واجد SBE بیشترین قابلیت جذب (۱۰۰٪) را برای NH_3-N نشان داده و قابلیت جذب نوترینت‌های نیتريت ($98/6\%$)، فسفات (89.4%) و نیترات ($33/3\%$) در مراحل بعدی قرار می‌گیرند. کاهش خفیف غلظت آمونیوم در تانک‌های فاقد جلبک را می‌توان به سیکل روزانه تغییرات نوترینت‌ها مربوط دانست. نتایج این مطالعه مشابه نتایج Jayashankar و Seema (۲۰۰۵) می‌باشد که قابلیت جذب NH_3-N را برای U. reticulata در پساب‌های استخر میگو ۹۴ درصد و نیز برای U. rotudatan در تانک‌های پرورش ماهی Seabass ۹۷/۷ درصد گزارش کرده‌اند (Martinez و همکاران، ۲۰۰۲). Chug و همکاران (۲۰۰۲)، قابلیت جذب NH_4^+ بوسیله جلبک سبز U. lactuca در پساب مزارع ماهی را ۴۰ تا ۹۰ درصد و برای جلبک U. rigida ۷۶ درصد گزارش کرده‌اند. U. lactuca کشت شده در پساب استخرهای ماهی قادر است ۸۵ تا ۹۰ درصد آمونیوم را جذب کند (Neori و همکاران، ۲۰۰۳). نتایج مشابهی برای U. pertusa و گراسیلاریا مبنی بر جذب بیشتر NH_4^+ نسبت به NO_3 و NO_2 گزارش شده است (Kang و همکاران، ۲۰۱۱). Mwandy و همکاران (۲۰۰۱) برای U. reticulata کشت شده در پساب finfish قابلیت‌های جذب ۶۳٪ برای آمونیوم، ۵۸٪ برای فسفات و ۵۴٪ برای نیترات گزارش کرده‌اند. آزمایشات نشان داده است که جلبک‌ها برای جذب آمونیوم نسبت به دیگر نوترینت‌ها اولویت بیشتری قائل هستند (Buschman و Varela، ۲۰۰۸). در شرایط طبیعی اغلب گونه‌های جلبک برای جذب NH_4^+



قابلیت بیشتری نسبت به NO_3 دارند زیرا که NH_4^+ می‌تواند مستقیماً در ترکیب آمینو اسیدها گنجانده شود (Ahn) و همکاران (۱۹۹۸، Shpigel، Neori، ۲۰۰۷).

در این آزمایش متوسط قابلیت جذب *U. reticulata* برای نیتريت، فسفات و نترات در پساب میگو و سیستم کاشت بسته (Batch culture) به ترتیب ۹۸/۶، ۸۹/۴ و ۳۳/۳ درصد برآورد شد. Seema و Jayashankar (۲۰۰۵) قابلیت جذب نوترینت‌ها توسط *U. reticulata* کشت شده در پساب میگو را برای نیتروژن کل ۴۵٪، نیتريت ۲۲٪ و نترات ۵٪ گزارش کرده است. *U. clatrata* برای نیتروژن آمونیاکی کل (۷۰-۸۲٪) قابلیت جذب بالاتری نسبت به فسفات (۵۰٪) نشان داده است (Copertino و همکاران، ۲۰۰۹). در مطالعه حاضر *U. reticulata* در خصوص جذب $\text{NH}_3\text{-N}$ قابلیت جذب بیشتر (۱۰۰٪) و سریعتری (۱۲ ساعت بعد از شروع آزمایش) نسبت به سایر نوترینت‌ها نشان داد به طوری که قابلیت جذب ۱۰۰ درصدی NO_2 (۱۸ ساعت) و جذب ۳۳ درصدی NO_3 (۱۲ روز) در رتبه‌های بعدی قرار دارند. افزایش قابلیت جذب NO_3 و NO_2 با توجه به زمان توام شدن با جلبک نشان دهنده سازش پذیری به حضور منابع نیتروژن می‌باشد. تمایل زیاد *U. reticulata* به جذب $\text{NH}_3\text{-N}$ و $\text{NO}_2\text{-N}$ می‌تواند یک استراتژی مفید برای بدست آوردن مقادیر بالای نیتروژن محسوب گردد. NH_4^+ احیاء شده ترین فرم نیتروژن غیر آلی است که از نقطه نظر مفیدترین منبع نیتروژن برای رشد جلبک می‌باشد (Marinho- Soriano و همکاران، ۲۰۰۹). در مجموع جلبک‌ها قابلیت جذب زیادی برای جذب نیتروژن و ذخیره آن به منظور استفاده در مرحله رشد دارند (Abreu و همکاران، ۲۰۱۱).

در این مطالعه قابلیت جذب ۸۹/۴ درصد برای فسفات در پساب میگو بعد از ۱۲ روز مشاهده شد. مطالعات مختلف نشان داده‌اند که فسفات می‌تواند به طور موثری در شرایط کشت توام ماهی و جلبک سبز اولوا توسط جلبک جذب شود. Keng و همکاران (۲۰۱۱) قابلیت جذب فسفات توسط *Gracilariopsis corda*، *U. pertusa* و همکاران *Saccharina japonica* را به ترتیب ۳۸/۱، ۳۰/۶ و ۲۰/۲ درصد گزارش کرده‌اند. Tsagkamilis و همکاران (۲۰۱۰) قابلیت *U. lactuca* برای کاهش محتوای فسفات را ۵۰٪ در پساب‌ها برآورد کردند. همچنین Martinez Aragon - و همکاران (۲۰۰۲) دریافتند که *U. rotundata* نزدیک به ۹۹/۶ درصد فسفات را در تانک‌های پرورش ماهی با جریان آرام آب جذب می‌کند.

در مجموع جلبک *U. reticulata* در مطالعه حاضر نشان داد که می‌تواند در پساب استخرهای پرورش میگوی مولد بدون رقیق سازی پساب رشد کند. ضمن اینکه جلبک‌های رشد یافته در SBE نرخ رشد و تولید بالاتری از انواع کشت شده در آب دریا نشان دادند. مطالعه ما نشان داد که *U. reticulata* یک گزینه ایده آل و مناسب برای حذف نوترینت‌های اضافی در پساب استخرهای میگوی مولد بویژه برای جذب نیتروژن آمونیاکی، نیتريت و فسفات در سریعترین زمان ممکن می‌باشد.

منابع

- Abd El-Baky, H.H., El-Baz, F.K., El-Baroty, G.S. (2008). Evaluation of marine alga *Ulva lactuca* L. as a source of natural preservative ingredient. *American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences*, 3 (3), 434-444.
- Abreu, M.H., Pereira, R., Yarish, C., Buschmann, A. H., Sousa-Pinto, I. (2011). IMTA with *Gracilaria vermiculophylla*: productivity and nutrient removal performance of the seaweed in a land-based pilot scale system. *Aquaculture*, 312, 77-87.
- Ahn, O., Petrell, R.J., Harrison, P.J. (1998). Ammonium and nitrate uptake by *Laminaria saccharina* and *Nereocystis luetkeana* originating from a salmon sea cage farm. *Journal of Applied Phycology*, 10, 333-340.



- Ale, M.T., Mikkelsen, J.D., Meyer, A.S. (2011). Different growth response of *Ulva lactuca* to ammonium and nitrate assimilation. *Journal of Applied Phycology*, 23, 345–35.
- Bolton, J.J., Robertson-Andersson, D.V., Shuuluka, D., Kandjengo, L. (2009). Growing *Ulva* (Chlorophyta) in integrated systems as a commercial crop for abalone feed in South Africa: SWOT analysis. *Journal of Applied Phycology*, 21, 575–583.
- Bradford, M.M. (1976) A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Analytical Biochemistry*, 72, 248–254.
- Buschmann, A.H., Varela, D.A. (2008). Opportunities and challenges for the development of an integrated seaweed-based aquaculture activity in Chile: determining the physiological capabilities of *Macrocystis* and *Gracilaria* as biofilters. *Journal of Applied Phycology*, 20, 571–577.
- Chung, I.K., Kang, Y.H., Yarish, C., Kreamer, G.P., Lee, J.A. (2002). Application of seaweed cultivation to the bioremediation of nutrient-rich effluent. *Algae*, 17, 1–10.
- Clesceri, L.S., Greenberg, A.E., Eaton, A.D. (1998). Standard methods for the examination of water and wastewater, 20th edition. American Public Health Association, Washington DC.
- Cómez- pinchetti, J.L., Del-Campo Ferndndaz, E., Moreno, P., García Reina, G. (1998). Nitrogen availability influences the biochemical composition and photosynthesis of tank cultivated *Ulva rigida* (Chlorophyta). *Journal of Applied Phycology*, 10, 383–389.
- Copertino, M.S., Tormena, T., Seeliger, U. (2009). Biofiltering efficiency, uptake assimilation rates of *Ulva clathrata* (Roth) J. Agardh (Clorophyceae) cultivated in shrimp aquaculture waste water. *Journal of Applied Phycology*, 21, 31–45.
- Dubois, M., Gilles, K.A., Hamilton, J.K., Rebers, P.A., Smith F. (1956). Colorimetric method for determination of sugar and related substances. *Analytical Chemistry*, 28, 350–356.
- Figueroa, F.L., Israel, A., Neori, A., Martínez, B., Malta, E.J., Ang, P.O., Inken, S., Marquardt, R., Korbee, N. (2009). Effects of nutrient supply on photosynthesis and pigmentation in *Ulva lactuca* (Chlorophyta): responses to short-term stress. *Aquatic Biology*, 7, 173–183.
- Flodin, J.M.T. (2005). Bacterial water quality in South African abalone (*Haliotis midae*) tank culture: effects on bacterial levels from seaweed integration and feed choice. MFC Disseration. Stockholm University, Stockholm.
- Hernández, I., Martínez-Aragón, J.F., Tovar, A., Pérez-Lioréns, J.L., Vergara, J.J. (2002). Biofiltering efficiency in removal of dissolved nutrients by three species of estuarine macroalgae cultivated with sea bass (*Dicentrarchus labrax*) waste waters 2. Ammonium. *Journal of Applied Phycology*, 14, 375–384.
- Huo, Y.Z., Xu, S.N., Wang, Y.Y., Zang, J.H., Zang, Y.J., Wu, W.N. (2011). Bioremediation efficiencies of *Gracilaria verrucosa* cultivated in an enclosed sea area of Hangzhou Bay, China. *Journal of Applied Phycology*, 23, 173–182.
- Jones, A.B., Dennison, W.C., Preston, N.P. (2001). Integrated treatment of shrimp effluent by sedimentation, oyster filtration and macroalgal absorption: a laboratory scale study. *Aquaculture*, 193, 155–178.
- Kang, Y.H., Park, S.R., Chung, I.K. (2011). Biofiltration efficiency and biochemical composition of three seaweed species cultivated in a fish-seaweed integrated culture. *Algae*, 26 (1), 97–108.



- Lim, S.L., Chu, W.L., Phang, S.M. (2010). Use of *Chlorella vulgaris* for bioremediation of textile wastewater. *Bioresource Technology*, 101, 7314–7322.
- Liu, J., Wang, Z., Wei, L. (2010). De-eutrofication of effluent wastewater from fish aquaculture by using marine green alga *Ulva pertusa*. *Chines Journal of Oceanology and Limnology*, 28, 201–208.
- Lu, K.G., Lin, W., Liu, J.G. (2008). The characteristics of nutrient removal and inhibitory effect of *Ulva clatrata* on *Vibrio anguillarum* 65. *Journal of Applied Phycology*, 20 (6), 1061–1068.
- Manivannan, K., Thirumaran, G., Devi, G.K., Hemalatha, A., Anantharaman P. (2008). biochemical composition of seaweeds from Mandapam Costal regions along Southeast Coast of India. *American-Eurasian Journal of Botany* 1(2), 32–37.
- Mao, Y.Z., Yang H.S., Wang R.C. (2005). Bioremediation capability of large-sized seaweed in integrated mariculture ecosystem: A review. *Journal of Fishery Sciences of China*, 12(2), 225–231.
- Marinho-soriano, E., Nunes, S.O., Carneiro. M.A.A., Pereira, D.C. (2009). Nutrients' removal from aquaculture wastewater using the macroalgae *Gracilaria birdiae*. *Biomass and Bioenergy*, 33, 327–331.
- Martínez-Aragón, J.F., Hernández, I., Pérez-Lloréns, J.L., Vázquez, R., Vergara, J.J. (2002). Biofiltering efficiency in removal of dissolved nutrients by three species of estuarine macroalgae cultivated with sea bass (*Dicentrarchus labrax*) waste waters 1. Phosphate. *Journal of Applied Phycology*, 14, 365–374.
- Msuya, F.E., Neori, A. (2008). Effect of water aeration and nutrient load level on biomass yield, N uptake and protein content of the seaweed *Ulva lactuca* cultured in seawater tanks. *Journal of Applied Phycology*, 20, 1021–1031.
- Msuya, F.E., Neori, A. (2002). *Ulva reticulata* and *Gracilaria crassa*: Macroalgae that can biofilter effluent tidal fishponds in Tanzania. *Western Indian Ocean Journal of Marine Science*, 1(2), 117–126.
- Mwandya, A.W., Mtolera, M., Pratap, H. B., Jiddawi, N.S. (2001). Macroalgae as biofilters of dissolved inorganic nutrients in an integrated mariculture tank system in Zanzibar. In: *Marine Science Development in Tanzania and Eastern Africa* (eds. by Richmond, M. D. and Francis, J.). pp 159–170, Proceedings of the 20th Anniversary Conference on Advances in Marine Science in Tanzania, 28th June -1st July 1999, Zanzibar, Tanzania. Publ. IMS/WIOMSA.
- Neori, A. (2008). Essential role of seaweed cultivation in integrated multi-trophic aquaculture farms for global expansion of mariculture: an analysis. *Journal of Applied Phycology*, 20, 567–570.
- Neori, A., Chopin, T., Troell, M., Buschmann, A.H., Kraemer, G.P., Halling, C., Shpigel, M., Yarish, C. (2004). Integrated aquaculture: rationale, evolution and state of the art emphasizing seaweed biofiltration in modern mariculture. *Aquaculture*, 231, 361–391.
- Neori, A., Msuya, F.E., Shauli, L., Schuenhoff, A., Kopel, F., Shpigel, M. (2003). A novel three stage seaweed (*Ulva lactuca*) bifilter design for integrated mariculture. *Journal of Applied Phycology*, 15, 543–553.
- Ortiz, J., Romero, N., Robert, P., Araya, J., Lopez-Hemandez, J., Bozzo, C., Navarrete, E., Osorio, A. (2006). Dietary fiber, amino acid, fatty acid and tocopherol contents of the edible seaweeds *Ulva lactuca* and *Durvillaea Antarctica*. *Food Chemistry*, 99, 98–104.



- Phang, S.M., Ong, K.C. (1988). Algal Biomass Production in digested palm oil mill effluent. *Biological Wastes*, 25, 171–193.
- Phang, S.M., Shafeei, S., Hashim, N., Sasekumar, A. (1996). Studies on *Gracilaria changii* (Gracilariales, Rhodophyta) from Malaysian mangroves. *Hydrobiologia*, 327, 347–352.
- Rodrigueza, M.R.C., Montaña, M.N.E. (2007). Bioremediation potential of three carrageenophytes cultivated in tanks with seawater from fish farms. *Journal of Applied Phycology*, 19, 755–762.
- Ruenglerpanyakul, W., Attasat, S., Wanichpongpan, P. (2004). Nutrient removal from shrimp farm effluent by aquatic plants. *Water Science and Technology*, 50(6), 321–330.
- (1987). The wild harvest and culture of the economically important *Santelices*, B. species of *Gelidium* in Chile. In: Case studies of seven commercial seaweed resources ; FAO Fisheries Technical Paper (FAO), no. 281 (eds. by Doty, M.S., Caddy, J.F. & Santelices B.) Rome (Italy), FAO, 1987, p. 165–192.
- Seema, C., Jayashankar, R. (2005). Removal of nitrogen load in the experimental culture system of seaweed and shrimp. *Journal of the Marine Biological Association of India*, 47(2), 150–153.
- Shanmugam, A., Palpandi, C. (2008). Biochemical Composition and Fatty Acid Profile of the Green Alga *Ulva reticulata*. *Asian journal of Biochemistry*, 3 (1), 26–31.
- Shpigel, M., Neori, A. (2007). Microalgae, macroalgae, and bivalves as biofilters in land-based mariculture in Israel. Chapter 24 In: *Ecological and Genetic Implications of Aquaculture Activities* (ed. by Bert, T. M.). Dordrecht, Springer, pp. 433–446.
- Tarutani, K., Niimura, Y., Uchida, T. (2004). Short term uptake of dissolved organic nitrogen by an axenic strain of *Ulva pertusa* (Chlorophyceae) using ¹⁵N isotope measurements. *Botanica marina*, 47, 248–250.
- Tsagkamilis, P., Danilidis, D., Dring, M.J., Katsaros, C. (2010). Removal of phosphate by the green seaweed *Ulva lactuca* in a small-scale sewage treatment plant (Ios Island, Aegean Sea, Greece). *Journal of Applied Phycology*, 22, 331–339.
- Wang, J.Q., Jin, C.L., Zhang, X. (2001). Poly culture of experiment *Penaeus chinensis* with various biomass of *Ulva pertusavar*. *Journal of Fisheries of China*, 25(1), 32–38.
- Zhou, Y., Yang, H., Hu, H., Liu, Y., Mao, Y., Zhou, H., Xu, X., Zhang, F. (2006). Bioremediation potential of the macroalga *Gracilaria lemaneiformis* (Rhodophyta) integrated into fed fish culture in coastal waters of north China. *Aquaculture*, 252, 264–276.