مجلهٔ ترویجی بوم‌شناسی منابع آبی
دورهٔ ۶، شمارهٔ ۱، بهار و تابستان ۱۴۰۱
ISSN- 2821-1111

مروری بر کاربرد ماکروجلبک‌های دریایی در کشاورزی و گیاه‌پزشکی

۱ مهری زرگانی[1*]، هوشنگ رفیعی‌دستجردی[1]، حسن نورافکن[2]

۱- دانشکدهٔ کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

۲- گروه علوم باغبانی، مرکز تحقیقات گیاهان دارویی و محصولات ارگانیک، واحد میانه، دانشگاه آزاد اسلامی، میانه، ایران.

نویسندهٔ مسئول :m.zargani@uma.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۰/۱۰ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۰/۲۵ تاریخ انتشار:۱۴۰۲/۱۲/۲۸

چکیده

ماکروجلبک دریایی به‌عنوان یک منبع طبیعی از مواد آلی و معدنی به شمار می‌رود که حاوی بیش از ۶۰ مادهٔ معدنی و ۲۱ آمینواسید، چندین تنظیم‌کنندهٔ رشد گیاهی، مانیتول و ارگانیک‌اسید است. عاملی برای افزایش رشد، جذب مواد مغذی، مقاومت در برابر تنش‌های نامساعد گیاهان، حاصلخیزی خاک و فعالیت میکروبی است. ترکیبات شیمیایی موجود در جلبک‌ها به عوامل مختلفی مانند گونهٔ جلبک، مدت‌زمان سکونت در اقیانوس، منطقهٔ جغرافیایی برداشت، در معرض امواج بودن، مرحلهٔ رشد، تغییرات فصل، تغییرات سالانه، عوامل فیزیولوژیکی و محیطی، دمای آب، شوری، اسیدیته و روش آنالیز نمونه بستگی دارد. تحقیقاتی مبتنی بر ترکیبات مشتق‌شده از جلبک دریایی در یک طیف گسترده‌ای از فعالیت‌های زیستی مانند ضدباکتری، ضدویروسی، آنتی‌اکسیدانی، ضدالتهاب، ضدقارچی و حشره‌کشی انجام پذیرفته است. با توجه به اینکه برخلاف کودها و سموم شیمیایی، پودر خشک یا عصاره‌های حاصل از جلبک‌های دریایی، دارای اثرات غیر مخرب زیست‌محیطی برای انسان، حیوانات و پرندگان است لذا پیشنهاد می‌شود جهت دستیابی به کشاورزی پایدار و مدیریت آفات و بیماری‌ها این منبع غنی بیشتر موردتوجه و تحقیق قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: ترکیبات ارگانیک، کشاورزی پایدار، عصاره، مدیریت آفات و بیماری‌ها، ماکروجلبک دریایی.

مقدمه

جلبک‌ها گروهی هتروژن از گیاهان می‌باشند که به دو گروه، ماکروجلبک‌ها که در ناحیه جزر و مدی هستند و میکروجلبک‌ها (فیتوپلانکتون) که در زیستگاه‌های بنتیک و همچنین در آب‌های ساحلی و اقیانوسی موجودند، تقسیم می-شوند (El Gamal, 2010). جلبک‌ها موجودات سادهٔ آبزی هستند که دارای رنگریزهٔ کلروفیل می‌باشند و فاقد ریشه، ساقه، برگ و اندام‌ها یا ساختارهای زایشی هستند و جنین در آن‌ها دیده نمی‌شود. آن‌ها فاقد سیستم ریشه‌ای جذب آب می‌باشند و بخش جدایی‌ناپذیر از اکوسیستم‌های ساحلی دریایی را تشکیل می‌دهند (Sahoo and Nivedita, 2001). به‌منظور رده-بندی جلبک‌ها از ویژگی‌هایی مانند ساختار تال، کلروپلاست، انواع مواد ذخیره‌ای و محل قرار گرفتن آن‌ها، شکل کلروپلاست و نوع رنگیزهٔ موجود در آن‌ها استفاده می‌کنند (Craigie, 2011). بر اساس رنگدانه جلبک‌های دریایی به سه گروه اصلی فائوفیتا (Phaeophyta) قهوه‌ای‌رنگ، کلروفیتا (Chlorophyta) سبزرنگ و رادوفیتا (Rhodophyta) قرمزرنگ طبقه-بندی شده‌اند (Blunden, 1991). جلبک‌های دریایی منبعی از ترکیبات بسیار مهم و فعال بیولوژیکی شامل پروتئین‌ها و پلی ساکاریدها هستند که کاربردهای بسیار مهم و در حال گسترشی در صنایع مختلفی مانند تغذیه، زیست پزشکی، بیولوژی، کشاورزی، علوم دارویی و غیره دارد. عصارهٔ جلبک دریایی به‌عنوان یک منبع طبیعی از مواد آلی و معدنی است که حاوی بیش از ۶۰ مادهٔ معدنی و ۲۱ آمینواسید، چندین تنظیم‌کنندهٔ رشد گیاهی، مانیتول و ارگانیک اسید است. عاملی برای افزایش رشد، جذب مواد مغذی، مقاومت در برابر تنش‌های نامساعد، حاصلخیزی خاک و فعالیت میکروبی است. به‌عنوان ترکیب کلات و تهویهٔ خاک عمل می‌کند (Chouliaras *et al*., 1995). جلبک‌های دریایی منابع غنی از ترکیبات فعال زیستی به شمار می‌روند که قادر به تولید انواع زیادی از متابولیت‌ها با طیف گسترده‌ای از فعالیت‌های زیستی هستند. ترکیباتی با فعالیت آنتی‌اکسیدانی، ضدویروسی و ضدباکتریایی در جلبک‌های قهوه‌ای، قرمز و سبز شناسایی شده‌اند (Cox *et al*., 2010). در سال‌های اخیر، افزایش بی‌رویهٔ مصرف کودها و مواد شیمیایی در تولید محصولات کشاورزی، سلامت خاک، آب، هوا و همچنین محصولات تولیدی را به خطر انداخته و نگرانی‌های روزافزونی را برای محیط‌زیست جهانی و سلامت بشر به وجود آورده است. در همین راستا، بحث کشاورزی ارگانیک و توسعهٔ کشاورزی پایدار و بوم‌سازگار جهت مقابله با معضلات مذکور در سراسر جهان مطرح‌شده و اهمیت فزاینده‌ای یافته است. بحث کشاورزی ارگانیک و تولید محصولات سالم در کشور ما نیز از دههٔ پیش آغاز شده و در چند سال اخیر با توجهٔ بیشتری دنبال می‌شود (Javanmardi, 2012). برخلاف کودها و سموم شیمیایی، پودر خشک یا عصاره‌های حاصل از جلبک‌های دریایی، دارای اثرات غیرمخرب زیست‌محیطی، غیرسمی، غیرآلوده و غیرخطرناک به انسان، حیوانات و پرندگان است (Pereira and Verlecar, 2005). ازاین‌رو این تحقیق به مروری بر تحقیقات در خصوص کاربرد ماکروجلبک‌های دریایی در کشاورزی و گیاه‌پزشکی می‌پردازد.

تاریخچهٔ کاربرد جلبک‌های دریایی

با اینکه استفاده از جلبک دریایی به‌عنوان یک منبع غذایی برای انسان از ۷۰۰ سال قبل از میلاد مسیح توسط چینی‌ها و ژاپنی‌ها مطرح بوده است، اما به‌عنوان یک نهادهٔ کشاورزی، اولین بار در قرن ۱۲ میلادی توسط انگلیسی‌ها مورداستفاده قرارگرفت. با تولید کودهای شیمیایی، به‌تدریج مصرف آن‌ها به دست فراموشی سپرده شد تا اینکه در دهه‌های ۵۰ و ۶۰ قرن بیستم، علاقه به تولید محصولات سالم و ارگانیک باعث شد دوباره توجه همگان به‌سوی این مادهٔ باارزش جلب شود. امروزه استفاده از عصارهٔ جلبک دریایی در کشورهایی مانند رومانی، انگلستان، فرانسه، اسپانیا، ژاپن و چین به مقدار بسیار زیادی برای تولید محصولات زراعی و باغی مورداستفاده قرار می‌گیرد (Javanmardi and Azadi, 2012). سابقهٔ استفاده از جلبک‌ها به‌عنوان کود به قرن نوزدهم برمی‌گردد. حدود ۱۵ میلیون تن سالانه از جلبک‌های دریایی محصولات تهیه می‌شود (Yamamoto, 2006). تنوع جلبک‌ها به‌عنوان بخش مهمی از فلور سواحل جزر و مدی اقیانوس‌ها، دریاها و تولیدکنندگان اولیهٔ اکوسیستم‌های دریایی، تابع عوامل جغرافیایی و اقلیمی حاکم بر آن مناطق است. در مطالعه‌ای گزارش شده است میزان

تولیدات اولیه در بسترهای مرجانی و جلبکی می‌تواند از میزان تولیدات اولیه در جنگل‌های پرباران مناطق حاره‌ای بیشتر باشد (Rabei *et al*., 2005). وجود برخی از ترکیبات محرک رشد در برخی از گیاهان مانند جلبک‌ها باعث شده تا از عصارهٔ این گیاهان برای تولید کودهایی استفاده شود که سبب افزایش میزان رشد و تولید در گیاهان زراعی و باغی می‌گردد (Haqhparast *et al*., 2012). این منبع پرارزش بیولوژیکی دارای کاربردهای گوناگونی است (Rajasulochana *et al*., 2009). جلبک‌های دریایی حاوی مقادیر بالایی ویتامین، مواد معدنی، پروتئین، کاروتنوئید، فیبر و اسیدهای چرب ضروری هستند. جلبک‌ها علاوه بر غذا می‌توانند کاربرد صنعتی، آرایشی و پزشکی نیز داشته باشند (Kotnala *et al*., 2009). جلبک‌ها به واسطهٔ داشتن پلی‌ساکاریدهای ارزشمندی مانند (آگار، کاراژینان و آلژینات) دارای ارزش و اهمیت اقتصادی زیادی هستند (Taskin *et al*., 2007). آن‌ها کاربردهای فراوانی در صنایع کاغذسازی، نساجی، رنگ‌سازی، تهیهٔ فیلم‌های عکاسی، لوازم آرایشی و بهداشتی، علوم پزشکی، داروسازی و دندانپزشکی، تهیهٔ محیط‌های کشت میکروبی، تهیهٔ قرص‌ها، شربت‌های دارویی، قالب‌های اولیهٔ دندان و در تغذیه به‌طور مستقیم و غیرمستقیم دارند (Peymani *et al*., 2013).

ترکیبات شیمیایی جلبک دریایی

ترکیبات شیمیایی جلبک‌ها به عوامل مختلفی مانند گونهٔ جلبک، مدت‌زمان سکونت در اقیانوس، منطقهٔ جغرافیایی برداشت، در معرض امواج بودن، مرحلهٔ رشد، تغییرات فصل، تغییرات سالانه، عوامل فیزیولوژیکی و محیطی، دمای آب، شوری، اسیدیته و روش آنالیز نمونه بستگی دارد (Murugaiyan and Narasimman, 2012; Karthikai *et al*., 2009). به‌طورکلی جلبک‌ها به‌شدت تحت تأثیر محیط رشد خود می‌باشند به‌گونه‌ای که اگر یک گونهٔ جلبک در مناطق گوناگون رشد کند، ازنظر ترکیب شیمیایی با یکدیگر متفاوت خواهند بود (Kabiri-fard *et al*., 2015). عصارهٔ جلبک دریایی یکی از منابع تجدیدپذیر عمدهٔ دریاها در سطح جهان است که حاوی عناصر نیتروژن، فسفر، پتاسیم و برخی عناصر ریزمغذی (آهن، مس، روی، کبالت، مولیبدن، منگنز)، هورمون‌های رشد (اکسین و سیتوکنین)، ویتامین‌ها و اسیدآمینه‌ها بوده و سبب تحریک رشد و نمو و افزایش عملکرد گیاهان می‌گردد (Rathore *et al*., 2009; Shahbazi *et al*., 2015). در تحقیقات دیگر بیان شده‌است که جلبک‌ها دارای مقادیر زیادی مواد معدنی مختلف، کلسیم، منیزیم، پتاسیم، ید، آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی، پروتئین‌ها (تا ۴۸ درصد)، چربی (۱ تا ۵ درصد) و پلی‌ساکارید (۵۰ تا ۶۰ درصد) می‌باشند (Ismail and Hong, 2002; Mendis and Kim, 2011; Lahaye, 1991). برخی ترکیبات بیوشیمیایی موجود در برخی گونه‌های جلبک دریایی در جدول ۱ آورده شده است (Tamadoni *et al*., 2021).

مزایای کاربرد جلبک دریایی در کشاورزی

کاربرد جلبک‌های دریایی به‌عنوان منابع مواد آلی، فیبر و مواد مغذی کودی در سیستم‌های تهویهٔ خاک قرن‌ها به اثبات رسیده و استفاده می‌شود. جلبک دریایی به‌عنوان یک کود زیستی خاک کشاورزی در بسیاری از نقاط جهان بکار می‌رود (Thorsen, 2010; Blunden, 1991). مواد استخراج‌شده از جلبک‌های دریایی دارای اثرات مفیدی هستند و در محصولات کشاورزی و باغبانی برای افزایش عملکرد و کیفیت محصول استفاده می‌شوند. آن‌ها می‌توانند جایگزین مواد شیمیایی زراعی که اثرات نامطلوب بر جوامع میکروبی خاک و گیاهان کشت‌شده دارند شوند (Crouch and Van Staden, 1993). بااین‌حال عصاره‌های جلبک دریایی در بسیاری از برنامه‌ها نتایج مثبتی دریافت کرده و در صنعت باغبانی به‌طور گسترده‌ای پذیرفته‌شده‌اند. ترکیبات متابولیت‌های ثانویه یا اولیه متشکل از جلبک دریایی ممکن است به‌صورت بالقوه در صنعت داروسازی و نیز فعالیت کشاورزی مورداستفاده قرار گیرد (Febles *et al*., 1995). امروزه فرآورده‌های مختلف جلبک دریایی مانند کود مایع جلبک دریایی و یا استفادهٔ مستقیم از جلبک‌ها در محیط کشت خاک مورد آزمایش قرارگرفته

و در همهٔ آن‌ها گزارش‌شده که اثرات سودمند برای گیاهان دارند (Sekar *et al*., 1995). به‌این‌ترتیب استفاده از عصاره‌های زیستی مثل جلبک‌های دریایی یک راهکار مطمئن و ارزان‌قیمت جهت مقابله با تنش‌های محیطی به‌حساب می‌آید (Jahantigh, 2021). جلبک‌های دریایی به‌خصوص جلبک‌های قرمز و قهوه‌ای دارای یک ترکیب پلی‌ساکاریدی پیچیده هستند (Duarte *et al*., 2001).

جدول ۱: ترکیب بیوشیمیایی برخی ماکروجلبک‌ها (برگرفته از منبع: Tamadoni *et al*., 2021)

ترکیب شیمیایی	جلبک قهوه‌ای **a**	جلبک سبز **b**	جلبک قرمز **c**
رطوبت	۶۱۰-۹۴۰	۷۸۰-۹۲۰	۷۲۰-۹۱۰
پروتئین خام	۲۴-۱۶۸	۳۲-۳۵۲	۶۴-۳۷۶
چربی خام	۳-۹۶	۳-۲۸	۲-۱۲۹
پلی‌ساکارید	۳۸۰-۶۱۰	۱۵۰-۶۵۰	۳۶۰-۶۶۰
خاکستر	۱۵۰-۴۵۰	۱۱۰-۵۵۰	۱۲۰-۴۲۲

*مقادیر برحسب گرم بر کیلوگرم

a) مقادیر برای گونه‌های خاص جلبک قهوه‌ای است که شامل جنس‌های *Fucus, Laminaria, Saccharina, Ascophyllum, Alaria, Pelvetia and Undaria spp*

b) مقادیر برای گونه‌های خاص جلبک سبز است که شامل: *Ulva enteromorpha, Cladophora spp*

c) مقادیر برای گونه‌های خاص جلبک قرمز است که شامل جنس‌های: *Palmaria,Chondrus, Porphyra,Vertebrata*

معرفی جلبک‌های قهوه‌ای و قرمز

جلبک‌های دریایی قهوه‌ای

جلبک‌های قهوه‌ای از بزرگ‌ترین و پیچیده‌ترین نوع جلبک‌های دریایی هستند. نام آن‌ها از رنگ قهوه‌ای، زیتونی یا قهوه‌ای مایل به زرد آن‌ها گرفته‌شده که از رنگ‌دانه‌ای به نام فوکوگزانتین می‌آید (Nabipour and Morad-haseli, 2002). جلبک دریایی قهوه‌ای متشکل از ۲۰۰۰ گونه است و در سواحل صخره‌ای مناطق معتدل وجود دارند که بیشترین تودهٔ زنده را تشکیل می‌دهند و اغلب آن‌ها در کشاورزی استفاده می‌شوند و در میان آن‌ها بیشترین پژوهش‌ها بر روی Ascophylum nodosum انجام شده است. علاوه بر این، گونهٔ جلبک‌های قهوه‌ای دیگری نیز Fucus spp., Sargassum spp, Laminaria spp. و Turbinaria spp به‌عنوان کودهای بیولوژیک در کشاورزی استفاده می‌شوند (Blunden, 1991; Huang et al., 2000). به‌طورکلی جلبک‌های دریایی در شرایط سختی زندگی می‌کنند که باعث ایجاد عوامل اکسیدکننده و متابولیت‌های ثانویه می‌شوند و این نوع ترکیبات مسئولیت بیولوژیکی خاصی را دارند. انواع متابولیت‌های فعال شیمیایی در ساختار آن‌ها، به‌طور بالقوه به محافظت از خود در برابر موجودات دیگر کمک می‌کند (Ito and Hori, 1989). این متابولیت ثانویهٔ فعال به‌عنوان ترکیبات بیوژنیک نیز شناخته می‌شوند، مانند ترکیبات هالوژنه، الکل‌ها، آلدهیدها و ترپنوئیدها توسط گونه‌های مختلف جلبک‌های میکرو و ماکرو دریایی تولید می‌شوند و دارای خواص ضدباکتریایی و ضدقارچی هستند. جلبک‌های قهوه‌ای حاوی رنگ‌دانه فوکوگزانتین و تانن‌های مختلف فئوفیان هستند که مسئول رنگ قهوه-ای مایل به سبز هستند (Umezawa et al., 2007). این جلبک‌ها همچنین تعدادی از اجزای فعال ازجمله متابولیت‌های

ثانویهٔ منحصربه‌فرد مانند فلوروتانن را فراهم می‌کنند و بسیاری از آن‌ها دارای فعالیت‌های بیولوژیکی خاصی هستند که فرصت‌هایی را برای استفادهٔ اقتصادی فراهم می‌کنند (Rosell and Srivastava, 1987). برخی گونه‌های جلبک دریایی قهوه‌ای موجود در خلیج‌فارس در شکل ۱ آورده شده است (سهرابی‌پور و ربیعی، ۱۳۷۷).

جلبک‌های دریایی قرمز

جلبک‌های قرمز اگر در معرض تابش اشعهٔ مستقیم خورشید قرار گیرند، رنگ قرمز خود را ازدست‌داده و به رنگ سبز تغییر رنگ خواهندداد (Ghahraman, 2012). رنگدانهٔ غالب به‌نام آر- فیکواریترین (R-phycoerythrin) موجب رنگ قرمز آن‌ها می‌گردد اما رنگ‌دانه‌های کلروفیل d و a کاروتن، لوتین (lutein)، زیاکسانتین (zeaxanthin) و آرفیکوسیانین (R-phycocyanin) نیز حضور دارند. برخی اوقات در مناطق جزر و مدی کم‌عمق ساحلی به رنگ سبز تیره تا روشن یا حتی قهوه‌ای تیره یا سیاه دیده می‌شوند. (Yee, 1999). برخی جنس‌های گونهٔ جلبک دریایی قرمز موجود در خلیج‌فارس در شکل ۲ آورده شده است (سهرابی‌پور و ربیعی، ۱۳۷۷).

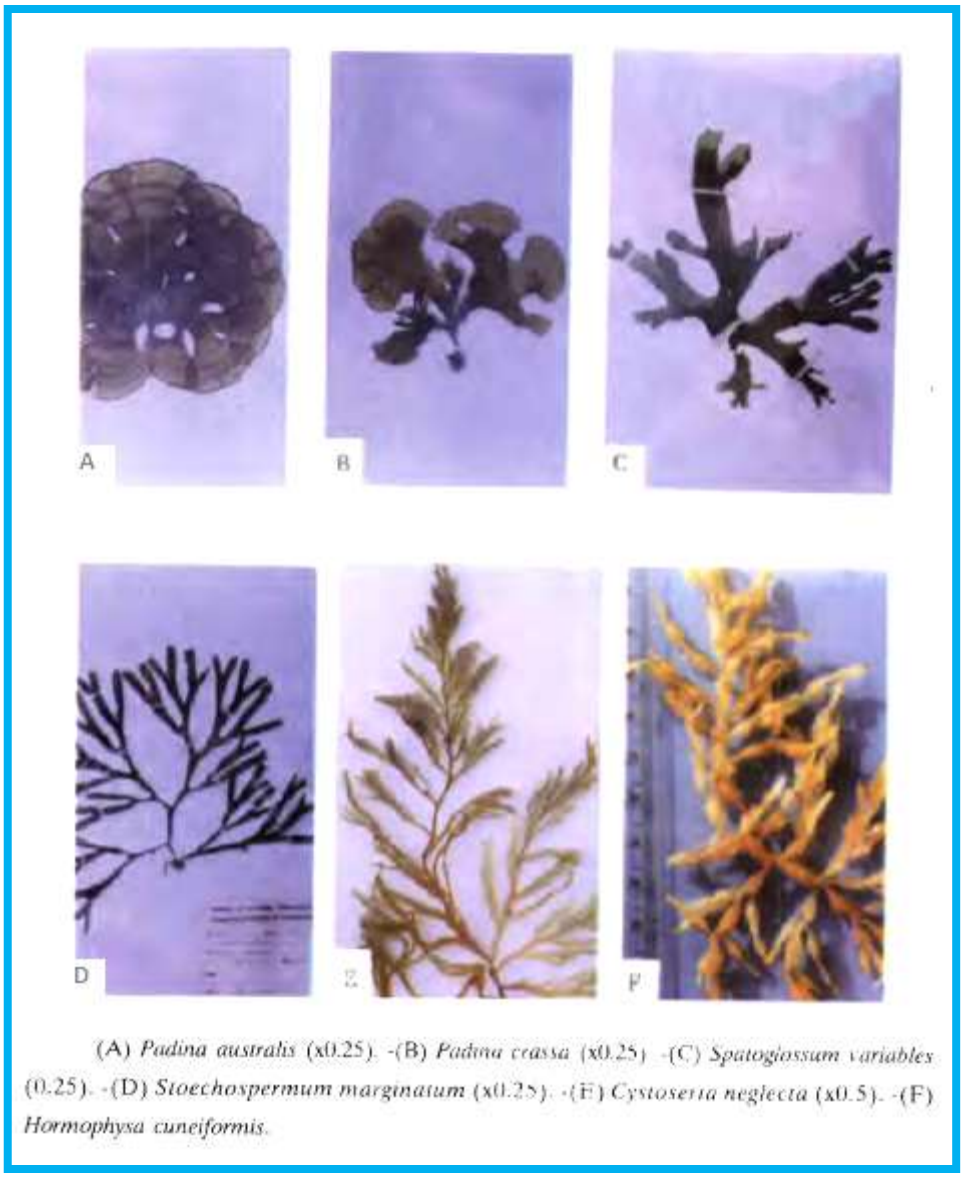
کاربرد جلبک دریایی در مدیریت آفات و بیماری‌ها

تاکنون از جلبک‌ها ترکیبات بسیاری با خواص زیستی مختلف جداسازی و شناسایی شده که عمدتاً در گروه ترکیبات پلی‌ساکاریدهای سولفاته، کارتنوئیدها، ترکیبات فنولی، فلاونوئیدها و ترپنوئیدها جای دارند. جلبک‌ها به دلیل توانایی سنتز ترکیبات فنولی با تعداد حلقه‌های بیشتر، دارای ترکیباتی هستند که در گیاهان خشکی یافت نمی‌شوند (Mathew and Abraham, 2006). پلی‌فنول‌ها در بیشتر گیاهان به‌ویژه جلبک‌ها یافت می‌شوند (Raj, 2016) که این ترکیبات جهت حفاظت در برابر شرایط محیطی، مانند استرس‌ها و گیاه‌خواران تولید می‌شوند (Li and Kim, 2011). عصاره‌های جلبکی دارای میزان قابل‌توجهی از ترکیبات فنولی هستند، اما مقدار آن‌ها در عصاره‌ها، به روش استخراج و گونهٔ جلبکی بستگی دارد (Craige, 2011). جلبک‌های دریایی منبع غنی از متابولیت‌های جدید و زیستی فعال هستند. تحقیقاتی در خصوص بررسی برخی از ترکیبات مشتق‌شده از جلبک‌های دریایی در یک طیف گسترده‌ای از فعالیت‌های زیستی مانند ضدباکتری، ضدویروسی، آنتی‌اکسیدانی، ضدالتهاب، ضدقارچی و حشره‌کشی انجام پذیرفته که می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

صباغی در سال (۱۳۹۹) به ارزیابی تأثیر مکمل‌های تغذیه‌ای گیاهی بر انبوهی جمعیت کنه (*Rhizoglyphus robini*(Acaridae)) در شرایط شبه‌مزرعه‌ای پرداخت. ایشان کاربرد مکمل‌های تغذیه‌ای را جهت به‌کارگیری در برنامهٔ مدیریت تلفیقی و کاهش تراکم کنه زعفران توصیه کرد. علیزاده در سال (۱۳۹۹) به بررسی تأثیر عصاره‌های جلبک دریایی قهوه‌ای (*Ascophyllum nodosum*) و تلخ‌بیان (*Sophora alopecuroides*) روی نماتد ریشهٔ گرهی گوجه‌فرنگی پرداخت و نتایج آن نشان داد که بیشترین درصد مرگ‌ومیر لارو و تفریخ تخم نماتد، مربوط به عصارهٔ جلبک دریایی با غلظت چهار در هزار و عصارهٔ تلخ‌بیان با غلظت یک و نیم در هزار بود. خود در سال (۱۳۹۸) به بررسی تأثیر عصارهٔ چند گونه جلبک دریایی روی ویروس وای سیب‌زمینی پرداخت. نتایج نشان داد که عصارهٔ اتانولی نسبت به عصارهٔ آبی عملکرد بهتری داشته و بیشترین کاهش را در رابطه با غلظت ویروس و شدت علائم بیماری نشان داد. طی بررسی‌های انجام‌شده بهترین مرحلهٔ مصرف عصاره در رابطه با صفات موردبررسی قبل از تلقیح ویروس است. همچنین تأثیر غلظت‌های مختلف جلبک دریایی و قارچ (*Trichoderma harzianum*) در کنترل نماتد گرهٔ ریشه روی گیاه گوجه‌فرنگی توسط باقری در سال (۱۳۹۶) موردبررسی قرار گرفت. نتایج تحقیق نشان داد که کاربرد غلظت 10^6 اسپور در میلی‌لیتر به

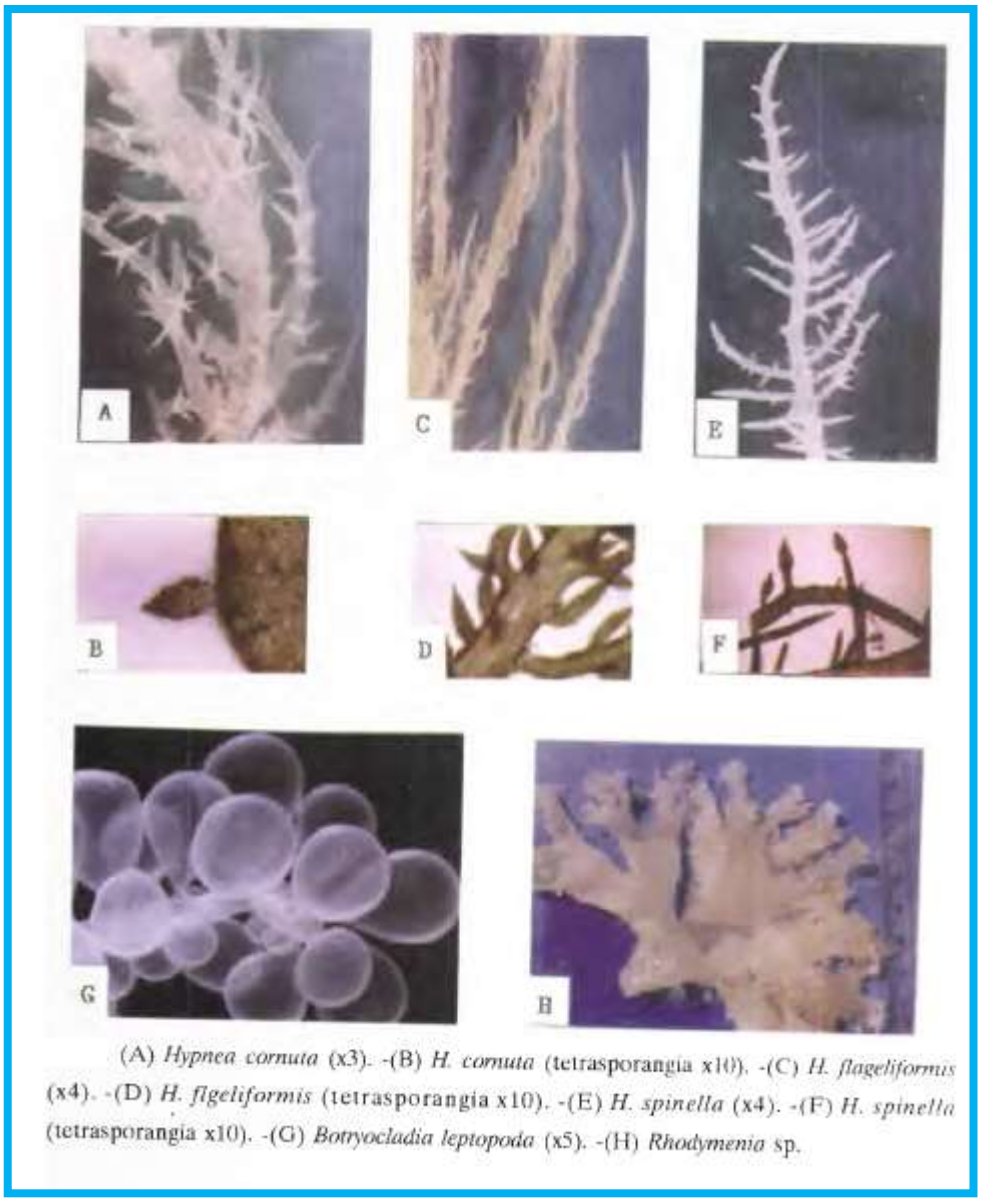
همراه غلظت توصیهٔ کارخانهٔ جلبک دریایی (۳ در هزار) می‌تواند سبب بهبود خصوصیات رویشی گیاه گوجه‌فرنگی و کنترل بهتر نماتد مولد گرهٔ ریشه گردد.

Thawfeeq Ahamed و همکاران (۲۰۲۳) به بررسی اثرات چندوجهی چهار گونه جلبک قهوه‌ای و قرمز بر روی شتهٔ (craccivora Aphis) لوبیا چشم‌بلبلی پرداختند. نتایج آن‌ها نشان داد که در آزمایش بیولوژیکی غوطه‌وری برگ، عصارهٔ متانولی *Padina pavonica* و عصارهٔ کلروفرمی *Portieria hornemannii* (PHCE) بالاترین تلفات را در شتهٔ لوبیا در غلظت ۱/۶ درصد داشت. آن‌ها بیان کردند که دو جلبک دریایی انتخاب‌شده اثر هم‌افزایی خوبی با روغن زنجبیل و ریحان علیه شتهٔ لوبیا چشم‌بلبلی در شرایط آزمایشگاهی از خود نشان دادند. ازاین‌رو بیان کردند که این عصارهٔ جلبک دریایی می‌تواند به یک آفت‌کش گیاهی جایگزین در توسعهٔ مدیریت تلفیقی برای شتهٔ لوبیا چشم‌بلبلی باشد. Sahayaraj و همکاران در سال (۲۰۲۱) به بررسی سه عصارهٔ جلبک دریایی سبز جهت مدیریت سازگار با محیط‌زیست کرم برگ‌خوار پنبه (Spodoptera litura) پرداختند. آن‌ها گونهٔ *Caulerpa scalpelliformis* را به‌عنوان آفت‌کش زیستی معرفی کرده و بالاترین میزان مرگ‌ومیر را در غلظت ۱ پی‌پی‌ام و کمترین آن را در غلظت ۰/۱۲ پی‌پی‌ام معرفی نمودند. Mahyoub در سال (۲۰۱۸) به بررسی فعالیت لاروکشی عصارهٔ جلبک دریایی علیه پشهٔ آنوفل (*Anopheles d'thali*) با اشاره به عوارض جانبی آن بر موجودات غیرهدف آبزی پرداخت. Yu و همکاران در سال (۲۰۱۵) به بررسی فعالیت لاروکشی، اثر بازدارندگی بر رشد، تغییرات هیستوپاتولوژیک و مورفولوژیکی انحراف ناشی از عصارهٔ جلبک دریایی در *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) پرداختند. نتایج آن‌ها نشان داد که عصارهٔ کلروفرومی جلبک *Bryopsis pennata* قوی‌ترین لاروکشی را نشان داد و عصارهٔ متانولی *Sargassum binderi* طولانی‌ترین دورهٔ لاروی (۱/۵ برابر بیشتر از شاهد) و همچنین قوی‌ترین اثر بازدارندگی در رسیدن به مرحلهٔ بالغ (۹۸/۶۷ درصد) را نشان داد. مطالعهٔ هیستوپاتولوژیک نشان داد که لاروهای تیمارشده با عصارهٔ جلبک دریایی دارای تغییرات سیتوپاتولوژیک اپیتلیوم رودهٔ میانی بودند. Sahayaraj and Jeeva در سال (۲۰۱۲) به بررسی اثر پوره‌کشی و تخم‌کشی جلبک دریایی قهوه‌ای *Sargassum tenerrimum* بر روی یکی از آفات مهم پنبهٔ سن بذرخوار پنبه ((Pyrrhocoridae) *Dysdercus cingulatus* (Fab.)) پرداختند و نتایج آن‌ها بیانگر این بود که عصارهٔ این جلبک باعث کاهش دورهٔ تخم‌گذاری، پیش‌تخم‌گذاری و پس از تخم‌گذاری و همچنین باروری سن بذرخوار پنبه شد. اگرچه بسیاری از ترکیبات شیمیایی در عصارهٔ جلبک دریایی وجود دارد ولی همچنان مکانیسم عمل بسیاری از آن‌ها ناشناخته و نیازمند تحقیقات بیشتری است (Vernieri *et al*., 2005). طبق گزارش Thawfeeq Ahamed و همکاران محتمل‌ترین ترکیبات فعال که به‌عنوان ترکیبات حشره‌کش بالقوه در جلبک‌های قهوه‌ای گونهٔ *Padina pavonica* و *Portieria hornemannii* وجود دارد، متیل استر اسید هگزادسنوئیک (Hexadecenoic acid methyl ester)، فیتول (Phytol) و ان- هگزادکانوئیک اسید (n-hexadecanoic acid) می‌باشند. همچنین اثرات حشره‌کشی ترکیباتی چون اسید ان- هگزادکانوئیک و بنزن ۱،۴- بیس (ترمتیل‌سلیل)(Bis(trimethylsilyl) benzene) موجود در جلبک‌های سبز *Caulerpa scalpelliformis* و *Caulerpa vervalensis* به اثبات رسیده است (Sahayaraj *et al*., 2021)



(A) *Padina australis* (x0.25). -(B) *Padina crassa* (x0.25) -(C) *Spatoglossum variables* (0.25). -(D) *Stoechospermum marginatum* (x0.25). -(E) *Cystoseria neglecta* (x0.5). -(F) *Hormophysa cuneiformis*.

شکل ۱. برخی گونه‌های جلبک دریایی قهوه‌ای موجود در خلیج‌فارس و دریای عمان (برگرفته از منبع: سهرابی‌پور و ربیعی، ۱۳۷۷).



(A) *Hypnea cornuta* (x3). -(B) *H. cornuta* (tetrasporangia x10). -(C) *H. flageliformis* (x4). -(D) *H. flgeliformis* (tetrasporangia x10). -(E) *H. spinella* (x4). -(F) *H. spinella* (tetrasporangia x10). -(G) *Botryocladia leptopoda* (x5). -(H) *Rhodymenia* sp.

شکل ۲. برخی گونه‌های جلبک دریایی قرمز موجود در خلیج‌فارس و دریای عمان (برگرفته از منبع: سهرابی‌پور و ربیعی، ۱۳۷۷)

توصیه ترویجی

ماکروجلبک‌های دریایی منبع غنی از متابولیت‌های جدید و زیستی فعال هستند. بسیاری از ترکیبات مشتق‌شده از جلبک در یک طیف گسترده‌ای از فعالیت‌های زیستی مانند ضدباکتری، ضدویروسی، آنتی‌اکسیدانی، ضدقارچی و حشره‌کشی به‌دست‌آمده است. با توجه به خواص مفید این منبع غنی، کاربرد آن در گیاه‌پزشکی و به‌خصوص کنترل آفات در کشورمان موردتوجه قرار نگرفته است. همچنین اگرچه بسیاری از ترکیبات شیمیایی در عصارهٔ جلبک دریایی وجود دارد ولی همچنان مکانیسم عمل بسیاری از آن‌ها ناشناخته و نیازمند تحقیقات بیشتری است. لذا با توجه به عدم اثرات مخرب زیست‌محیطی جلبک‌های دریایی پیشنهاد می‌گردد اثرات آفت‌کشی و همچنین مبارزه با بیماری‌های گیاهی گونه‌های مختلف این منابع غنی موردتوجه محققین کشورمان قرار گیرد.

منابع

۱. باقری، م.، ۱۳۹۶. تأثیر غلظت‌های مختلف جلبک دریایی و قارچ (*Trichoderma harzianum*) در کنترل نماتد گرهٔ ریشه روی گیاه گوجه‌فرنگی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد واحد مرودشت، ۹۹ صفحه.

۲. خود، م.، ۱۳۹۸. تأثیر عصارهٔ چند گونه جلبک دریایی روی ویروس وای سیب‌زمینی. پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ۶۷ صفحه.

۳. سهرابی‌پور، ج. و ربیعی، ر.، ۱۳۷۷. لیستی از جلبک‌های دریایی سواحل خلیج‌فارس و دریای عمان (استان هرمزگان). گیاه‌شناسی ایران، ۸ (۱)؛ صفحات ۱۶۲-۱۳۱.

۴. صباغی، م.، ۱۳۹۹. ارزیابی تأثیر مکمل‌های تغذیه‌ای گیاهی بر انبوهی جمعیت کنه *Rhizoglyphus robini* (Acaridae) در شرایط شبه‌مزرعه‌ای. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه فردوسی مشهد، ۹۲ صفحه.

۵. علیزاده، پ.، ۱۳۹۹. تأثیر عصاره‌های جلبک دریایی *Ascophyllum nodosum* و تلخ‌بیان *Sophora alopecuroides* روی نماتد ریشهٔ گرهی گوجه‌فرنگی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه گیلان، ۹۲ صفحه.

6. Blunden, G., 1991. Agricultural uses of seaweeds and seaweeds product. *European seaweed resources use and potential* (Giury MD and Blunden G. eds.). pp. 65-81.
7. Crouch, I.J. and Van Staden, J. 1993. Evidence for the presence of plant growth regulators in commercial seaweed products. *Plant growth regulation*, 13(1), pp. 21-29.
8. Chouliaras, V., Gerascapoulos, D. and Lionakis, S., 1995. Effects of seaweed extract on fruit growth, weight and maturation of' Hayward'kiwifruit. In *III International Symposium on Kiwifruit* 444; pp. 485-492.
9. Cox, S., Abu-Ghannam, N. and Gupta, S., 2010. An assessment of the antioxidant and antimicrobial activity of six species of edible Irish seaweeds. *International Food Research Journal*, 17: pp. 205-220.
10. Craige, J.S., 2011. Seaweed extract stimuli in plant science and agriculture. *Journal of applied phycology*. 23; pp. 371-393.
11. Duarte, M.E.R., Cardoso, M.A., Noseda, M.D. and Cerezo, A.S., 2001. Structural studies on fucoidan from brown seaweed Sagassum stenophyllum. *Carbohydrate Research*. 333 (4); pp. 281-293.
12. El Gamal, A.A., 2010. Biological importance of marine algae. *Saudi pharmaceutical journal*. 18 (1); pp. 1-25.
13. Febles, C.I., Arias, A., Gil-Rodriguez, M.C., Hardisson, A. and Sierra Lopez, A., 1995. In vitro study of antimicrobial activity in algae (Chlorophyta, Phaeophyta and

Rhodophyta) collected from the coast of Tenerife. *Anuario del Instituto de Estudios Canarios*, 34(2), pp. 181-192.
14. Ghahraman, A., 2012. Basic Botany (Volume 1). *Tehran University Publications*. 314 p.
15. Haqhparast, M., Maleki Farahani, S., Masoud Sinki, J. and Zarei, Q., 2012. Reducing the negative effects of drought stress in chickpeas by using humic acid and seaweed extract. *Journal of Crop Production in Environmental Stress*, 4(1), pp. 59-71.
16. Huang, J., Hivji, R., Adam, L., Rozowadowski, K.L., Hammelind, J.K., Keller, W.A. and Selvaraj, G., 2000. Genetic engineering of glycine betaine production toward enhancing stress tolerance in plant: Metabolic limitations. *Plant Physiology*, 122: pp. 747-756.
17. Ismail, A. and Hong, T.S., 2002. Antioxidant activity of selected commercial seaweeds. *Malaysian Journal of Nutrition*. 8 (2); pp. 167– 177.
18. Ito, K. and Hori, K., 1989. Seaweed: chemical composition and potential food uses. *Food reviews international*. 5(1); pp. 101-144.
19. Craigie, J.S., 2011. Seaweed extract stimuli in plant science and agriculture. *Journal of applied phycology*. 23; pp. 371-393.
20. Javanmardi, J. 2010. Organic cultivation of vegetables. *Publications University of Mashhad*. 349p.
21. Javanmardi, J. and Azadi, H., 2012. Effect of foliar application with seaweed extract on growth, yield and quality characteristics of cherry tomato (*Lycopersicon esculentum* var. Cerasiforme). *Journal of Horticultural Sciences and Techniques of Iran*. 13 (3): pp. 290-283.
22. Jahantigh, S., 2021. Effect of Sargassum seaweed extract on growth and physiological characteristics of fennel plant under salt stress. Master's thesis, *University of Sistan and Baluchistan*.
23. Karthikai Devi, G., Thirvmaran, G., manivannan, K. and Anantharaman, P., 2009. Element composition of certain seaweeds for gulf Mannar. *World Journal of Dairy and Food Sciences*, 4(1): pp. 46-55.
24. Kabiri-Fard, A.M., Dashti-Zadeh, M. and Kamali, A.A., 2015. Determining the nutritional value of two seaweeds (*Sargassum angustifolium* and *Gracilaria corticata*) of Bushehr province for feeding ruminants. *Quarterly Journal of Applied Research in Animal Sciences*. 14: pp. 3-16.
25. Kotnala, S., Garg, A. and Chatterji, A., 2009. Screening for the presence of antimicrobial activity in few Indian seaweeds. *Pertanika Journal of Tropical Agricultural Science*, 32(1): pp. 69-75.
26. Lahaye, M., 1991. Marine algae as a source of fibres determination of soluble and insoluble dietary fibre contents in some sea vegetables. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 54(4); pp. 587– 594.
27. Li, Y.X. and Kim, S.K., 2011. Utilization of seaweed derived ingredients as potential antioxidants and functional ingredients in the food industry: An Overview. *Food Science and Biotechnology*. 20(6); pp. 1461-1466.
28. Mahyoub, J.A., 2018. Mosquito Larvicidal activity of seaweed extracts against *Anopheles d'thali* with reference to its side effects on aquatic non target organisms. *International Journal of Mosquito Research*. 5(6); pp. 34-38.
29. Mathew, S. and Abraham, T.E., 2006. In vitro antioxidant activity and scavenging effects of Cinnamomum verum leaf extract assayed by different methodologies. *Food and chemical toxicology*. 44(2); pp. 198-206.

30. Mendis, E. and Kim, S.K., 2011. Present and future prospects of seaweeds in developing functional foods. *Advances in Food and Nutrition Research*. 64; pp. 1– 15.
31. Murugaiyan, K. and Narasimman, S., 2012. Element composition of Sargassum longifolium and Turbinaria conidess from Pamban coast, Tamilnadu. *International Journal of Research in Biological Sciences*, 2(4): pp. 137-140.
32. Peymani, J., Qaraei, A., Ghafari, M. and Taheri, 2013. Investigating the antibacterial activity of aqueous and ethanolic extracts of brown algae (*Sargassum glaucescens*), *Iranian Journal of Fisheries Science*. 22 (4): pp. 13-21.
33. Pereira, N. and Verlecar, X. N. 2005. Role of marine algae in organic farming. *Indian Academy of Sciences*.
34. Rabei, R., Assadi, M., Nejad Sattari, T., Majd, A.T. and Sohrabipour, J., 2005. The study of speciesdiversity in association of *Gracilaria salicorniain* northeast of Qeshm Island. *Pajouhesh Sazandegi*. 17(1):pp. 85-92.
35. Raj, E.D.S., 2016. UV–VIS and HPLC studies on Amphiroa anceps (Lamarck) Decaisne. *Arabian Journal of Chemistry*, 9, pp. S907-S913.
36. Rajasulochana, P., Dhamotharan, R., Krishnamoorthy, P. and Murugasan, S., 2009. Antibacterial activity of the extracts of marine red and brown algae. *Marsland Press J Am Sci* 5(3): pp. 20-25.
37. Rathore, S.S., Chaudhary, D.R., Boricha, G.N., Ghosh, A., Bhatt, B.P., Zodape, S.T. and Patolia, J.S., 2009. Effect of seaweed extract on the growth, yield and nutrient uptake of soybean (Glycine max) under rainfed conditions. *South African Journal of Botany*. 75: pp. 351-355.
38. Rosell, K. and Srivastava, L.M., 1987., Fatty acids as antimicrobial substances in brown algae. welfth International Seaweed Symposium: Proceedings of the Twelfth International Seaweed Symposium held in Sao Paulo, *Springer Netherlands*. 1; pp. 471-475.
39. Sahayaraj, K., Ravindran, C. and Thusnavis, M.M., 2021. Three green seaweed extracts and their fractions for ecofriendly management of pestiferous insect *Spodoptera litura*. *International Journal of Environmental Science and Technology*. 19(8); pp. 7969-7980.
40. Sahayaraj, K. and Jeeva, Y.M., 2012., Nymphicidal and ovipositional efficacy of seaweed *Sargassum tenerrimum* (J. Agardh) against *Dysdercus cingulatus* (Fab.) (Pyrrhocoridae). *Chilean journal of agricultural research*. 72(1); pp. 152-156.
41. Sahoo, D. and Nivedita, D., 2001. Seaweeds of Indian coast. *APH publishing corporation*, New Delhi. 283 p.
42. Sekar, K., Kuri, G., Satyam, P.V., Sundaravel, B., Mahapatra, D.P. and Dev, B.N., 1995. Shape transition in the epitaxial growth of gold silicide in Au thin films on Si (111). *Physical Review* B, 51(20), p. 14330.
43. Shahbazi, F. Seyyed nejad, M. Salimi, A. and Gilani, A., 2015. Effect of seaweed extracts on the growth and biochemical constituents of wheat. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*. 8 (3): pp. 283-287.
44. Taskin, E., Ozturk, M. and Kurt O., 2007. Antibacterial activities of some marine algae from the Aegean Sea (Turkey). *African Journal of Biotechnology*; 6 (24): pp. 2746-2751.
45. Tamadoni, R., Morshedi, V. and Sarraf, M., 2021. Review of the importance of macroalgae in the aquaculture industry (with emphasis on fish). *Iranian Journal of Biology* (Scientific). 5 (10): pp. 117-124.

46. Thawfeeq Ahamed, J. Srinivasan, G., Shanthi, M. and Mini, M.L., 2023. Multifaceted effects of seaweed extracts against cowpea aphid, Aphis craccivora Koch, by evaluating four macroalgae. *Journal of Applied Phycology*. 17; pp. 1-10.
47. Thorsen, D.E., 2010. The Neoliberal Challenge-What is Neoliberalism. Contemp. *Readings L. and Soc. Just*., 2, 188 p.
48. Umezawa, Y., Miyajima, T., Tanaka, Y., Koike, I. and Hayashibara, T., 2007. variation in interal δ15N and δ13C distributions and their bulk values in the brown amcroalgae *Padina ustralis* growing in subtropical oligotropic waters. *Journal of Phycology*. 43(3); pp. 437-448.
49. Vernieri, P., Borghesi, E., Ferrante, A. and Magnani, G., 2005. Application of biostimulants in floating system for improving rocket quality. *Journal of Food, Agriculture and Environment*, 3; pp. 86–88.
50. Yamamoto, T., 2006. Current Status of Fishery Statistics Released Through FAO Yearbook of Fishery Statistics.
51. Yee, G.S., 1999. Molecular taxonomic studies of *Gracilaria changii* from various locations using the random amplified polymorphic DNA (RAPD) technique. PhD Thesis, *University of Malaya*. 185 P.
52. Yu, K.X., Wong, C.L., Ahmad, R. and Jantan, I., 2015. Larvicidal activity, inhibition effect on development, histopathological alteration and morphological aberration induced by seaweed extracts in *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae). *Asian Pacific journal of tropical medicine*. 8(12); pp. 1006-1012.