



**Field evaluation of algae-derived inputs for sustainable crop
production in the medicinal plant fennel (*Foeniculum vulgare* Miller)**

Afsaneh Yousefpour Dokhanieh^{1*}, Elnaz Farajzadeh Memari Tabrizi²

¹ Department of Horticultural Sciences, Ta.C., Islamic Azad University, Tabriz, Iran, Email: a.yousefpour@iau.ac.ir

² Department of Agronomy, Male.C., Islamic Azad University, Malekan, Iran

Article type:

Research article

Abstract

Due to the medicinal properties of medicinal plants, the use of natural inputs is essential to enhance plant growth. Because chemical compounds can change the chemical composition of medicinal plant extracts and consequently their properties. Therefore, this study was conducted with the aim of investigating the effect of different seaweed inputs, whose positive effects have been proven in various studies. This experiment was conducted based on a randomized complete block design with three replications at the Malekan Branch of Islamic Azad University. The treatments included the application of polysaccharides from algae, humic acid from algae, an extract containing algae amino acids, and nutritional and vitamin compounds derived from brown algae (*Ecklonia maxima*). The results of this study showed that key traits of fennel, including leaf area, chlorophyll content, total dry weight, seed number, thousand seed weight, seed yield, and essential oil yield, were significantly affected by the different treatments. Leaf area increased by 32.6% and 35.1% in the first year with the application of nutrient composition + humic acid and polysaccharide + humic acid, respectively, and by 31.6% in the second year with the combined application of the three compositions. Chlorophyll content increased by 84.5% in the first year with the treatment of amino acid + polysaccharide + nutrient composition. Total dry weight increased by 29.6% and 47.7% in the first year with amino acid and amino acid + polysaccharide + nutrient composition, respectively, and by 43.8%, 30% and 34.2% in the second year with amino acid + nutrient composition, amino acid + polysaccharide and amino acid + polysaccharide + nutrient composition, respectively. Seed number increased by 11.5% with amino acid and by 41.3% with polysaccharide + nutrient composition. The 1000-seed weight with polysaccharide+nutritional composition was significantly reduced in both years (19.6% and 14.4%). Grain yield increased by 8.3% with amino acid and essential oil percentage. Essential oil increased by 25.4% and 29.1% with polysaccharide+nutritional composition and by 29.8% and 40.8% with nutritional composition. Essential oil yield improved by 22% with nutritional composition and 63% with humic acid+nutritional composition. The results show that environmental conditions and the compounds used can have different effects on yield and quality of the product. The use of nutritional composition and humic acid may be used in some environmental conditions as an effective method to increase the yield of fennel essential oil. These results show that different compounds and environmental conditions can have different effects on yield and quality of the product.

Article history

Received: 2025.05.03

Revised: 2025.06.01

Accepted: 2025.06.03

Keywords

Fennel

Algae

environmental conditions

essential oil yield

Cite this article as: Yousefpour Dokhanieh, A., Farajzadeh Memari Tabrizi, E. (2025). Field evaluation of algae-derived inputs for sustainable crop production in the medicinal plant fennel (*Foeniculum vulgare* Miller). *Eco-phytochemical Journal of Medicinal Plants*, 13(2): 21-34.



©The author(s)

Publisher: Islamic Azad University, Gorgan branch



<https://doi.org/10.71847/ejmp.2025.1209571>

ارزیابی میدانی نهاده‌های مشتق از جلبک برای تولید محصول پایدار

در گیاه دارویی رازیانه (*Foeniculum vulgare* Miller.)

افسانه یوسف‌پور دخانیه^{۱*}، الناز فرج‌زاده معماری تبریزی^۲

^۱ گروه علوم باغبانی، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران، رایانامه: a.yousefpour@iau.ac.ir

^۲ گروه زراعت، واحد ملکان، دانشگاه آزاد اسلامی، ملکان، ایران

نوع مقاله:

چکیده

مقاله پژوهشی

به دلیل خاصیت دارویی گیاهان دارویی، استفاده از نهاده‌های طبیعی جهت تقویت رشد گیاهان ضروری است. چرا که ترکیب‌های شیمیایی می‌توانند ترکیب شیمیایی عصاره گیاهان دارویی و در نتیجه خاصیت آن‌ها را تغییر دهند. لذا این مطالعه با هدف بررسی تاثیر نهاده‌های مختلف جلبک‌های دریایی که در تحقیقات مختلف اثرات مثبت آن‌ها به اثبات رسیده، انجام شد. این آزمایش بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه دانشگاه آزاد اسلامی واحد ملکان اجرا شد. تیمارها شامل کاربرد پلی‌ساکارید حاصل از جلبک، اسید هیومیک حاصل از جلبک، عصاره محتوی اسیدهای آمینه جلبک و ترکیبات غذایی و ترکیب ویتامینه مشتق از جلبک قهوه‌ای (*Ecklonia maxima*) بود. نتایج این پژوهش نشان داد که صفات کلیدی رازیانه از جمله سطح برگ، محتوای کلروفیل، وزن خشک کل، تعداد دانه، وزن هزار دانه، عملکرد دانه و عملکرد اسانس به طور معنی‌داری تحت تأثیر تیمارهای مختلف قرار گرفتند. سطح برگ در سال اول با کاربرد ترکیب غذایی+اسید هیومیک و پلی‌ساکارید+اسید هیومیک به ترتیب ۳۲/۶٪ و ۳۵/۱٪ و در سال دوم با کاربرد توأم سه ترکیب ۳۱/۶٪ افزایش یافت. محتوای کلروفیل در سال اول با تیمار اسید آمینه+پلی‌ساکارید+ترکیب غذایی ۸۴/۵٪ افزایش نشان داد. وزن خشک کل در سال اول با آمینواسید و آمینواسید+پلی‌ساکارید+ترکیب غذایی به ترتیب ۲۹/۶٪ و ۴۷/۷٪ و در سال دوم با آمینواسید+ترکیب غذایی، آمینواسید+پلی‌ساکارید و آمینواسید+پلی‌ساکارید+ترکیب غذایی به ترتیب ۴۳/۸٪، ۳۰٪ و ۳۴/۲٪ افزایش یافت. تعداد دانه در اثر آمینواسید ۱۱/۵٪ و با پلی‌ساکارید+ترکیب غذایی ۴۱/۳٪ افزایش یافت. وزن هزار دانه با پلی‌ساکارید+ترکیب غذایی در هر دو سال کاهش معنی‌داری داشت (۱۹/۶٪ و ۱۴/۴٪). عملکرد دانه با آمینواسید و درصد اسانس ۸/۳٪ بیشتر شد. اسانس با پلی‌ساکارید+ترکیب غذایی ۲۵/۴٪ و ۲۹/۱٪ و با ترکیب غذایی+اسید هیومیک ۲۹/۸٪ و ۴۰/۸٪ افزایش یافت. عملکرد اسانس با ترکیب غذایی ۲۲٪ و اسید هیومیک+ترکیب غذایی ۶۳٪ بهبود یافت. نتایج نشان می‌دهد که شرایط محیطی و ترکیبات مورد استفاده می‌توانند تأثیر متفاوتی بر عملکرد و کیفیت محصول داشته باشند. استفاده از ترکیب غذایی و اسید هیومیک ممکن است در برخی شرایط محیطی به عنوان یک روش مؤثر برای افزایش عملکرد اسانس رازیانه مورد استفاده قرار گیرد این نتایج نشان می‌دهد که ترکیبات مختلف و شرایط محیطی می‌توانند تأثیر متفاوتی بر عملکرد و کیفیت محصول داشته باشند.

واژه‌های کلیدی:

رازیانه

جلبک

شرایط محیطی

عملکرد اسانس

استاد: یوسف‌پور دخانیه، افسانه؛ فرج‌زاده معماری تبریزی، الناز. (۱۴۰۴). ارزیابی میدانی نهاده‌های مشتق از جلبک برای تولید محصول پایدار

در گیاه دارویی رازیانه (*Foeniculum vulgare* Miller.). فصلنامه اکوفیتوشیمی گیاهان دارویی، ۱۳(۲)، ۳۴-۲۱.



<https://doi.org/10.71847/ejmp.2025.1209571>

ناشر: دانشگاه آزاد اسلامی، واحد گرگان

© نویسندگان.



مقدمه

رازیانه از گیاهان دارویی با ارزش و قدیمی است که در بسیاری از فرهنگ‌ها به عنوان یک منبع درمانی و غذایی مورد استفاده قرار می‌گیرد. این گیاه با نام علمی *Foeniculum vulgare* Miller شناخته می‌شود (Özel et al., 2023). دارای خواص ضد التهابی، ضد اسپاسمودیک، ضد میکروبی و آرام بخشی است که به‌طور گسترده در طب سنتی و طب مدرن به کار می‌رود (Singh, 2019). رازیانه در طول رویش به مواد غذایی نسبتاً زیادی نیاز دارد. کودهای حیوانی کاملاً نپوسیده تاثیر نامناسبی بر ریشه این گیاه دارند. از این رو دقت در افزودن کودهای حیوانی به زمینهای که در آنها رازیانه کشت می‌شود الزامی است. دقت در اضافه کردن کودهای ازته به این گیاه نیز ضرورت دارد. زیرا کودهای ازته به مقدار زیاد سبب تحریک رشد رویشی گیاه می‌شوند. رشد زایشی (گل دهی و تشکیل میوه) گیاه را مختل می‌کند و سبب کاهش شدید عملکرد می‌گردند. ضمناً افزایش نامناسب ازت خاک علاوه بر کاهش در عملکرد سبب کاهش مقاومت گیاه در مقابل سرمای زمستان نیز خواهد شد (Pannu and Parle, 2017). با توجه به این حقایق، یافتن روش‌های جایگزین و مناسب در کشت رازیانه ضروری است.

استفاده از جلبک و فرآورده‌های آن در کشاورزی یکی از روش‌های باستانی و موثر برای بهبود خصوصیات خاک و افزایش عملکرد محصولات زراعی است (SpilliasI et al., 2023; Salido et al., 2024). جلبک‌ها منابعی غنی از عناصر غذایی مانند نیتروژن، فسفر، پتاسیم و عناصر کمیاب مانند روی و مس هستند که برای رشد و توسعه گیاهان بسیار ضروری می‌باشند. استفاده از جلبک در کشاورزی به‌عنوان یک منبع طبیعی و پایدار برای بهبود عملکرد خاک و افزایش تولید محصولات بدون نیاز به مواد شیمیایی

مضر بسیار حائز اهمیت است (Sunny, 2017). اسید هیومیک یک ترکیب آلی است که در خاک‌ها و کودهای طبیعی وجود دارد و از فرآیندهای تجزیه و تخریب مواد آلی تولید می‌شود اما می‌تواند از منابع گیاهی مانند جلبک‌ها نیز به دست آید. این اسید یکی از مؤلفه‌های مهمی است که برای بهبود ساختار و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک استفاده می‌شود. اسید هیومیک می‌تواند جذب عناصر غذایی توسط گیاهان را افزایش دهد، بهبود تغذیه گیاهان را تسهیل کند و عملکرد محصولات را افزایش دهد (Kularathne et al., 2021). اسید هیومیک می‌تواند گیاهان را در مقابل استرس‌های زیستی مانند خشکی، شوری و عوامل آلودگی محافظت کند. به‌طور کلی استفاده از اسید هیومیک حاصل از جلبک به عنوان یک ماده آلی و پایدار می‌تواند به بهبود حاصلخیزی خاک و افزایش عملکرد محصولات کمک کند و همچنین به محیط زیست آسیب نرزد (Margal et al., 2023). اسیدهای آمینه جلبکی مجموعه‌ای از ترکیبات آلی هستند که در جلبک‌ها یافت می‌شوند و از نظر شیمیایی شبیه به اسیدهای آمینه موجود در سلول‌های گیاهی و حیوانی هستند. اسیدهای آمینه شامل اسیدهای آمینه اصلی مانند لوسین، والین، ترئونین، متیونین، فنیل آلانین، تریپتوفان، هیستیدین، ایزولوسین و سیستئین هستند (Verkleij et al., 2012). اسیدهای آمینه می‌توانند به گیاهان کمک کنند تا در برابر شرایط محیطی نامساعد مانند خشکی، شوری، و بیماری‌ها مقاومت بیشتری پیدا کنند. اسیدهای آمینه تولید فیتوهورمون‌هایی که برای رشد و توسعه گیاهان ضروری هستند را افزایش دهند. با توجه به این ویژگی‌ها استفاده از اسیدهای آمینه جلبکی به عنوان یک ماده آلی و طبیعی می‌تواند در بهبود عملکرد گیاهان و افزایش عملکرد محصولات کشاورزی موثر باشد (Jasmadi et al., 2022). پلی‌ساکاریدهای

جلبکی به عنوان یک منبع آلی و طبیعی در کشاورزی کاربردهای متعددی دارند، این پلی ساکاریدها از جلبک‌ها به دست می‌آیند و می‌توانند به عنوان یک منبع آلی و طبیعی به بهبود عملکرد خاک و افزایش عملکرد محصولات کمک کند و همچنین محیط زیست را حفظ کند (Xie et al, 2023; Nakhate & Meer, 2021). ویتامین‌ها و مواد غذایی موجود در جلبک‌ها نقش مهمی در کشاورزی دارند و می‌توانند بهبود رشد و عملکرد گیاهان را تسهیل کنند. مواد غذایی موجود در جلبک‌ها می‌توانند به عنوان منابع غنی از عناصر غذایی برای گیاهان عمل کنند و بهبود کمیت و کیفیت محصولات را افزایش دهند. برخی از مواد غذایی موجود در جلبک‌ها مانند پلی ساکاریدها می‌توانند جذب عناصر غذایی توسط گیاهان را افزایش دهند (Margal et al., 2023). به طور کلی، ویتامین‌ها و مواد غذایی موجود در جلبک‌ها می‌توانند عملکرد گیاهان و کیفیت محصولات را افزایش داده و کشاورزان را در کاهش استفاده از مواد شیمیایی و حفظ محیط زیست یاری نمایند. در کل با استفاده از جلبک‌ها به عنوان کود طبیعی می‌توان از استفاده‌ی بیش از حد کودهای شیمیایی کاسته و به کشاورزی پایدارتر و دوستدار زیست محیطی کمک کرد (Nakhate & Meer, 2021). هدف از این مطالعه، بررسی نهاده‌های مشتق از جلبک برای تولید محصول پایدار در گیاه دارویی رازیانه بود.

مواد و روش‌ها

این مطالعه در دو سال زراعی ۱۴۰۰ و ۱۴۰۱ در مزرعه دانشگاه آزاد اسلامی واحد ملکان انجام شد. آزمایش به صورت فاکتوریل با استفاده از طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. در این آزمایش از بذر توده محلی آذرشهر استفاده شد. ابعاد کرت‌ها ۳×۳ متر، فاصله بین خطوط کشت ۵۰

سانتی‌متر و فاصله بین بوته‌ها بر روی یک خط ۳۰ سانتی‌متر بود.

کشت از طریق بذر و بصورت مستقیم در مزرعه در تاریخ ۸ اردیبهشت ماه انجام شد. بعد از کاشت بذر، با استفاده از ماسه بادی، بذرها پوشش داده شدند و بلافاصله بعد از آن، آبیاری کرتی انجام شد. آبیاری در ابتدای فصل رشد، سه روز یک بار و سپس هفته‌ای یک بار تکرار شد.

تیمارها شامل ۴ عامل بود و هر عامل شامل دو سطح بود. عوامل مورد بررسی شامل پلی ساکاریدها (عدم مصرف و مصرف پلی ساکاریدها ۱۰ درصد)، اسید هیومیک (عدم مصرف و مصرف اسید هیومیک ۱۰ درصد)، اسیدهای آمینه (عدم مصرف و مصرف اسیدهای آمینه ۵ درصد) و ترکیبات غذایی و ویتامین‌ها (عدم مصرف و مصرف ترکیبات غذایی و ویتامین‌ها ۲ درصد) مشتق از جلبک قهوه‌ای (*Ecklonia maxima*) بود. محلول آمینواسید عصاره جلبک قهوه‌ای (*Seaweedamino*)، متعلق به شرکت seawinner چین بود. این محلول از فروشگاه سموم شیمیایی بکایی تهیه شد. محلول Alganeo ساخت شرکت Dora چین نیز کود هیومیکی ساخته شده از جلبک قهوه‌ای بود. این کود از فروشگاه Dogalagro استانبول ترکیه تهیه شد. محلول پلی ساکاریدی جلبک دریایی طبق روش مورد استفاده توسط Righini و همکاران (۲۰۲۳) تهیه شد.

تیمارها پس از استقرار بوته‌ها به صورت خاک مصرف در خاک اطراف بوته‌ها به میزان ۲ میلی لیتر برای هر بوته اعمال شدند. در این تحقیق از بذرهای توده بومی آذرشهر استفاده شد.

۱) پلی ساکاریدها: فرمولاسیون پلی ساکاریدها شامل موادی مانند آلژینات سدیم، فوکوئیدان، کاراژنان و پلی ساکاریدهای دیگر بود. این ترکیبات می‌توانند

خاک را بهبود بخشیده و میزان رطوبت و تهویه خاک را نیز بهبود بخشند.

(۲) اسیدهای هیومیک: فرمولاسیون اسیدهای هیومیک شامل موادی مانند اسید هیومیک، اسید فولوویک و اسید هیوولیک بود.

(۳) اسیدهای آمینه: فرمولاسیون اسیدهای آمینه شامل اسیدهای آمینه اصلی مانند آرژنین، لیزین، و متیونین بود.

(۴) ترکیبات غذایی و ویتامین‌ها: فرمولاسیون این ترکیبات شامل مواد غذایی مانند نیتروژن، فسفر، پتاسیم و عناصر میکرو مانند روی، منگنز، ویتامین C و E بود. سطح برگ با استفاده از دستگاه سطح سنج برگ مدل cid202 اندازه‌گیری شد.

نمونه برداری از چهار خط میانی انجام شد و یک خط از هر سمت به عنوان اثر حاشیه در نظر گرفته شد. اندازه‌گیری شاخص‌ها و صفات در مرحله گلدهی کامل انجام شد. در مرحله آغاز گلدهی، سطح برگ توسط سطح برگ سنج Am350 ساخت انگلستان انجام شد. تعداد دانه در بوته در ۵ بوته تصادفی در هر کرت شمارش شده، میانگین آن‌ها مد نظر قرار گرفت. اعداد بدست آمده از ۳ برداشت باهم جمع شدند تا تعداد دانه در کل بوته در پایان فصل زراعی بدست آید. برای اندازه‌گیری وزن هزار دانه، ۵ نمونه حاوی ۱۰۰ بذر از ۵ بوته منتخب شمارش و پس از توزین، میانگین آن‌ها به عنوان وزن صد دانه برحسب گرم منظور گردید. سپس ۵ نمونه حاوی ۱۰۰ بذر از ۵ بوته در هوای آزاد خشک گردیدند و توزین

گردیدند. میانگین آن‌ها به عنوان وزن صد دانه خشک در محاسبات استفاده شد. برای اندازه‌گیری وزن خشک اندام هوایی، تعداد ۵ بوته از هر کرت برداشت شده بعد از خوردن جداگانه در پاکت‌های کاغذی قرار داده شد. پاکت‌ها در آون الکتریکی با دمای ۷۵ درجه سلسیوس به مدت ۴۸ ساعت قرار داده شدند. سپس با ترازوی ۰/۰۱ گرم توزین و میانگین آن‌ها مدنظر قرار گرفت. برای اندازه‌گیری شاخص محتوای کلروفیل از دستگاه کلروفیل سنج SPAD 502 plus استفاده شد. برای این منظور ۵ بوته به طور تصادفی از هر کرت در مرحله پر شدن دانه انتخاب و با استفاده از دستگاه کلروفیل سنج شاخص محتوای کلروفیل ۱۰ نمونه برگ به طور تصادفی اندازه‌گیری و بعد از گرفتن میانگین، این صفت برای هر کرت به طور جداگانه یادداشت شد.

درصد اسانس از دانه با استفاده از دستگاه کلونجر استخراج و محاسبه شد (Tursun, 2022). پس از تست نرمال بودن داده‌ها، تجزیه واریانس به صورت مرکب و با استفاده از نرم افزار SPSS انجام شد. از آزمون دانکن در سطح ۵ درصد برای مقایسه میانگین داده‌ها استفاده شد.

نتایج

بر اساس نتایج تجزیه واریانس سطح برگ تک بوته به طور معنی دار تحت تاثیر برهم کنش سال× پلی ساکارید× ترکیب غذایی× اسید هیومیک قرار گرفت (جدول ۱).

جدول ۱: تجزیه واریانس صفات مورد بررسی در رازیانه

منابع تغییر	درجه آزادی	سطح برگ	شاخص کلروفیل	وزن خشک کل	تعداد دانه	وزن هزار دانه	عملکرد دانه	درصد اسانس دانه	عملکرد اسانس
سال A	1	22.33	0.023	27.52	3841.8	0.07	0.003	0	22.815
خطا (A)	4	59.45	12.01	8.66	6666.47	0.1	0.02	0.08	81.04
پلی ساکارید (C)	1	43.34	419.58**	605.01*	26297.94**	0.08	0.06*	0.33*	1528.01**
AC	1	0.82	0.04	16.5	1540	0.05	0.02	0.01	36.5
هیومیک (D)	1	1173.9**	126.73	92.43	34137.3**	0.34*	0.03	0.88**	1204.16**
AD	1	38.13	0.82	5.7	5458.6	0.003	0.01	0.14	149.5
CD	1	146.76	70.89	25.01	17.76	0.005	0.001	0.16	107.52
ACD	1	131.83	147.75*	27.52	1236.2	0.046	0.0001	0.003	5.9
آمینو اسید (E)	1	19.89	292.25*	306.02**	31100.39**	1.330**	0.0001	0.51*	1173.2**
AE	1	15.76	21.75	7.15	7955.2	0.04	0.01	0.04	67.67
CE	1	334.13	12.54	3.76	102.3	0.02	0	0.23	79.2
ACE	1	49.16	39.65	17.51	4949.32	0.08	0.001	0	3.3
DE	1	20.44	15.76	3.01	187.88	0.04	0	0.07	56.12
ADE	1	181.77	31.17	27.094	21789.41*	0.25*	0.01	0.34*	100.04
CDE	1	70.55	11.83	30.6	66.5	0.03	0.005	0.01	93.22
ACDE	1	152.76	183.98*	188.72*	2112.18	0.04	0.002	0.091	42.13
ویتامین-مواد غذایی (F)	1	913.28**	156.31*	79.21	12887.62	0.75**	0.003	1.3**	1577.8**
AF	1	55.05	177.39*	6.61	13284.57	0.05	0.06*	0.002	16.17
CF	1	115.5	69.53	20.9	544.83	0.01	0.005	0.07	199.52
ACF	1	29.37	8.7	34.56	4.905	0	0	0.131	216.6
DF	1	19.8	17.25	4.33	3806.46	0	0.02	0.15	98.82
ADF	1	831.31**	16.91	8.4	3212.06	0.1	0	0.89**	805.04*
CDF	1	8.58	5.85	7.26	556.32	0	0.002	0.031	11.62
ACDF	1	156.82	2.97	0.04	456.31	0.05	0.01	0.09	113.53
EF	1	38.38	5.55	0.027	6008.75	0.08	0.04	0.04	53.7
AEF	1	11.97	21	20.53	19.89	0.076	0.002	0.05	18.3
CEF	1	141.86	1.78	20.9	2300.06	0.018	0.02	0.001	27.09
ACEF	1	22.91	48.59	58.9	7627.31	0.018	0.02	0.11	168.54
DEF	1	127.65	57.19	3.23	4286.69	0.001	0.03	0.01	6.41
ADEF	1	442.47*	0.11	19.44	9670.13	0.04	0.05	0.01	0.57
CDEF	1	236.56	13.72	34.08	8.7	0.16	0.03	0.01	40.56
ACDEF	1	378.8	0.16	70.72	2.25	0.01	0	0.32	16.17
خطای فرعی	60	112.39	37.88	36.65	3597.45	0.05	0.02	0.08	118.27
ضریب تغییرات (%)		18.3	30.8	17.36	19.78	11.82	22.89	21.01	30.8

** و * به ترتیب نشان دهنده معنی داری در سطح احتمال یک و پنج درصد

مقایسه میانگین‌های سطح برگ تحت تاثیر سال × اسید هیومیک و پلی ساکارید × اسید هیومیک افزایش
پلی ساکارید × ترکیب غذایی در اسید هیومیک نشان
داد که در سال اول دو تیمار ترکیب غذایی ×
معنی‌دار ۳۲/۶ و ۳۵/۱ درصدی را در سطح برگ
باعث شد در سال دوم هیچ کدام از ترکیب‌های

تیماری کاربرد انفرادی و ترکیبی تأثیری بر سطح برگ نداشت و تنها کاربرد توأم هر سه ترکیب پلی ساکارید × ترکیب غذایی در اسید هیومیک افزایش معنی دار ۳۱/۶ درصدی را در سطح برگ باعث گردید (جدول ۲). با توجه به نتایج مطالعه در سال اول، ترکیب غذایی + اسید هیومیک + پلی ساکارید و تنها اسید هیومیک باعث افزایش معنی داری در سطح برگ های رازیانه شدند در سال دوم تأثیر معنی دار تیمارها بر سطح برگ ها مشاهده نشد ممکن است این نتایج به عوامل محیطی مرتبط با دوره رشد گیاهان و شرایط محیطی وابسته باشد که در طول زمان متغیر می باشند.

جدول ۲: مقایسه میانگین های سطح برگ تحت تأثیر سال × پلی ساکارید × ترکیب غذایی × اسید هیومیک

تیمار	سطح برگ (cm ²)	شاخص کلروفیل	وزن خشک کل (gr)
Y1P0V0H0	503 d	15.50 cd	28.70 de
Y1P0V0H1	569 a-d	22.07 a-d	36.50 a-e
Y1P0V1H0	480 d	13.90 d	33.35 b-e
Y1P0V1H1	667 a-c	20.23 b-d	34.70 a-e
Y1P0V0H0	581 a-d	19.52 b-d	37.23 a-c
Y1P0V1H1	680 ab	17.93 b-d	36.25 a-e
Y1P0V1H0	617 a-d	22.18 a-d	34.12 b-e
Y1P0V1H1	572 a-d	28.63 a	42.42 a
Y2P0V0H0	524 cd	17.00 b-d	28.38 e
Y2P0V0H1	542 b-d	15.83 cd	29.90 c-e
Y2P0V1H0	563 a-d	16.73 b-d	32.67 b-e
Y2P0V1H1	502 d	21.85 a-d	34.70 a-e
Y2P0V0H0	540 b-d	17.95 b-d	33.40 b-e
Y2P0V1H1	650 a-c	24.85 ab	40.77 ab
Y2P0V1H0	576 a-d	23.10 a-c	36.85 a-d
Y2P0V1H1	690 a	22.40 a-c	38.03 a-c

آمینو اسید: A؛ ویتامین ها و مواد غذایی: V؛ هیومیک: H؛ پلی ساکارید: P؛ سال: Y

حروف مشترک نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی دار در سطح احتمال پنج درصد

بر اساس نتایج حاصل از تجزیه واریانس صفات، وزن خشک کل به طور معنی داری تحت تأثیر برهم کنش سال × اسیدهای آمینه × پلی ساکاریدها × ترکیب غذایی قرار گرفت (جدول ۱). در این بررسی در سال اول تیمار کاربرد انفرادی آمینو اسید و تیمار کاربرد توأم آمینو اسید + پلی ساکارید + ترکیب غذایی بر وزن خشک کل افزود و این صفت را در مقایسه با شاهد به ترتیب به میزان ۲۹/۶ و ۴۷/۷ درصد افزایش داد. در سال دوم نیز سه تیمار کاربرد آمینو اسید + ترکیب غذایی و تیمار آمینو اسید + پلی ساکارید و تیمار آمینو اسید + پلی

در این بررسی محتوای کلروفیل به طور معنی داری تحت تأثیر برهم کنش سال × اسیدهای آمینه × پلی ساکارید × ترکیب غذایی و برهم کنش سال × اسید هیومیک غنی شده قرار گرفت (جدول ۱). در این بررسی در سال دوم هیچ یک از ترکیب های تیماری تأثیر معنی داری بر شاخص محتوای کلروفیل نداشت، ولی در سال اول کاربرد توأم اسید آمینه + پلی ساکارید + ترکیب غذایی افزایش معنی دار ۸۴/۵ درصدی را در شاخص محتوای کلروفیل در رازیانه باعث شد (جدول ۲).

ساکارید + ترکیب غذایی افزایشی به ترتیب ۳/۸، ۴۳، ۳۰ و ۳۴/۲ درصدی را در وزن خشک بوته‌های رازیانه باعث گردید (جدول ۲). علاوه بر آن در این مطالعه تعداد دانه رازیانه به‌طور معنی داری تحت تاثیر اثر ساده ساکارید و برهم کنش سال + پلی ساکارید × ترکیب غذایی قرار گرفت (جدول ۱). بر اساس نتایج تیمار آمینواسید افزایش معنی دار ۱۱/۵ درصدی را در تعداد دانه رازیانه باعث گردید (جدول ۳).

جدول ۳: مقایسه میانگین‌های صفات تحت تاثیر اسیدهای آمینه

عملکرد اسانس (kg/ha)	درصد اسانس	عملکرد دانه (kg/ha)	تعداد دانه	آمینواسید
0.41265	1.31	31.5	286	A0
0.58646	1.42	41.3	319	A1

آمینواسید: A، ویتامین‌ها و مواد غذایی: V، هیومیک: H، پلی ساکارید: P، سال: Y؛ حروف مشترک نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی دار در سطح احتمال پنج درصد

در این مطالعه در سال دوم تعداد دانه تحت تاثیر تیمارها قرار نگرفت. در سال اول نیز کاربرد انفرادی پلی ساکارید و ترکیب غذایی تاثیری بر تعداد دانه نداشت، ولی کاربرد توام این دو ترکیب بر تعداد دانه به میزان ۴۱/۳ درصد افزود (جدول ۶). نتایج نشان می‌دهند که عوامل محیطی می‌توانند بر میزان اثربخشی تیمارها بر عملکرد گیاهان تأثیرگذار باشند. این امر ممکن است به علت تغییرات در شرایط محیطی مانند میزان بارش، دما و عوامل دیگر در دو سال باشد. اما استفاده از ترکیبات توام به ویژه ترکیب پلی ساکارید و ترکیب غذایی منجر به افزایش معنی داری در تعداد دانه‌ها شد که این مسئله به دلیل تعامل‌های مثبت بین تیمارها در سطح عملکرد گیاهان

است. در کل استفاده توام از ترکیبات می‌تواند به عنوان ابزاری موثر در بهبود سیستم‌های کشاورزی و افزایش بهره‌وری بدل شود (Gencsoylu, 2016). در این بررسی وزن هزار دانه رازیانه به طور معنی داری تحت تاثیر برهم کنش سال × پلی ساکارید × ترکیب غذایی قرار گرفت (جدول ۱). بر اساس نتایج در هر دو سال اعمال تیمارها کاهش معنی داری را در وزن هزار دانه باعث گردید که بیشترین کاهش مربوط به کاربرد توام پلی ساکارید و ترکیب غذایی بود اعمال توام این دو تیمار در سال اول و دوم کاهشی به ترتیب ۱۹/۶ و ۱۴/۴ درصدی را در وزن هزار دانه باعث شد (جدول ۴).

جدول ۴: مقایسه میانگین‌های صفات تحت تاثیر سال × پلی ساکارید × ترکیب غذایی

تعداد دانه	درصد اسانس	وزن هزار دانه (gr)	تیمار
259.9 c	1.187 c	2.092 a	Y1P0V0
281.2 bc	1.437 a-c	1.875 bc	Y1P0V1
279.8 bc	1.362 bc	2.025 ab	Y1P1V0
366.9 a	1.488 ab	1.683 c	Y1P1V1
275.7 bc	1.273 bc	2.083 a	Y2P0V0
320.8 ab	1.200 c	1.750 c	Y2P0V1
325.7 ab	1.367 bc	1.833 bc	Y2P1V0
316.1 ab	1.646 a	1.783 c	Y2P1V1

آمینواسید: A، ویتامین‌ها و مواد غذایی: V، هیومیک: H، پلی ساکارید: P، سال: Y؛ حروف مشترک نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی دار در سطح احتمال پنج درصد

بر اساس تجزیه واریانس صفات (جدول ۱)، عملکرد دانه به طور معنی داری تحت تاثیر اثر ساده آمینواسید قرار گرفت. در این مطالعه عملکرد دانه تحت تاثیر کاربرد اسیدهای آمینه افزایش یافت. کاربرد اسید آمینه نیز درصد اسانس رازیانه را به میزان ۸/۳ درصد افزایش داد (جدول ۳). در این مطالعه در دو سال درصد اسانس به طور متفاوتی تحت تاثیر برهم

کنش پلی ساکارید و ترکیب غذایی قرار گرفت در سال اول تنها کاربرد توام تیمارهای پلی ساکاریدی و ترکیب غذایی افزایش معنی دار ۲۵/۴ درصدی را در اسانس باعث شد در سال دوم نیز نتایج مشابهی به دست آمد در سال دوم کاربرد توام پلی ساکارید و ترکیب غذایی به میزان ۲۹/۱ درصدی را در درصد اسانس باعث شد (جدول ۵).

جدول ۵: مقایسه میانگین‌های صفات تحت تاثیر سال × پلی ساکارید × اسید هیومیک

عملکرد اسانس (kg/ha)	درصد اسانس	تیمار
0.368 d	1.143 c	Y1P0H0
0.514 a-c	1.480 b	Y1P0H1
d-0.478 b	1.369 bc	Y1P1H0
0.525 ab	1.482 b	Y1P1H1
0.387 cd	1.253 bc	Y2P0H0
d-0.402 b	1.219 c	Y2P0H1
d-0.411 b	1.248 bc	Y2P1H0
0.631 a	1.764 a	Y2P1H1

A: ویتامین‌ها و مواد غذایی، V: هیومیک، H: پلی ساکارید، P: سال، Y:

حروف مشترک نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی دار در سطح احتمال پنج درصد

جدول ۶: مقایسه میانگین‌های صفات تحت تاثیر تیمار غذایی

عملکرد اسانس (kg/ha)	مواد غذایی
0.419	V0
0.511	V1

Y: سال، P: پلی ساکارید، H: هیومیک، V: ویتامین‌ها و مواد غذایی، A: آمینواسید

حروف مشترک نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی دار در سطح احتمال پنج درصد

در این مطالعه کاربرد اسیدهای آمینه افزایش معنی دار ۲۵/۲ درصدی را در عملکرد اسانس باعث شد (جدول ۳). در این مطالعه در سال اول تیمار کاربرد انفرادی اسید هیومیک و کاربرد توام ترکیب غذایی و اسید هیومیک بر عملکرد اسانس به ترتیب به میزان ۳۹/۷ و ۴۲/۶ درصد افزود در سال دوم تنها کاربرد توام ترکیب غذایی و اسید هیومیک بر عملکرد اسانس

بر اساس نتایج، در سال اول تیمارهای کاربرد انفرادی اسید هیومیک و کاربرد توام ترکیب غذایی + اسید هیومیک افزایش به ترتیب ۲۹/۸ و ۲۹/۸ درصدی را در درصد اسانس باعث گردید در حالی که در سال دوم تنها تیمار کاربرد توام ترکیبات غذایی و اسید هیومیک افزایش ۴۰/۸ درصدی را در درصد اسانس باعث شد (جدول ۶). در این مطالعه عملکرد اسانس به طور معنی داری تحت تاثیر اثر ساده اسید آمینه و ترکیب غذایی و برهم کنش سال × پلی ساکارید × اسید هیومیک قرار گرفت (جدول ۱). نتایج این بررسی نشان داد که کاربرد ترکیب غذایی به میزان ۲۲ درصد بر عملکرد دانه افزود (جدول ۶).

بر عملکرد اسانس به میزان ۶۳ درصد افزود (جدول ۵).

بحث

با توجه به نتایج مطالعه در سال اول ترکیب غذایی با اسید هیومیک و پلی ساکارید و تنها اسید هیومیک به ترتیب باعث افزایش معنی داری در سطح برگ‌های رازیانه شدند. احتمالاً اسید هیومیک با تنظیم تنظیم کننده های رشد گیاهی مرتبط با رشد منجر به افزایش فرآیندهای فیزیولوژیکی مانند فتوسنتز و تولید کلروفیل در برگ‌ها می‌شود. این افزایش ساختارهای فیزیولوژیکی در نهایت می‌تواند منجر به افزایش سطح برگ‌ها و افزایش مساحت فعال جذب نور و کارایی فتوسنتزی گیاه می‌شود (Al-Juthery *et al.*, 2020). افزایش سطح برگ باعث تقویت فرآیندهای فتوسنتزی گیاه و افزایش فعالیت کلروفیل در فرآیند فتوسنتز می‌شود که در نهایت منجر به بهبود عملکرد و رشد گیاه می‌شود (Tahar *et al.*, 2022). این نتایج نشان می‌دهند که تأثیرات اسید هیومیک بر محتوای کلروفیل ممکن است به شرایط و فاکتورهای زمینه‌ای گیاه، مانند فصل رشد و شرایط محیطی، وابسته باشد. در این مطالعه استفاده از کاربرد نهاده‌های حاصل از جلبک‌ها به‌ویژه ترکیب‌هایی که شامل آمینواسیدها و پلی ساکاریدها هستند، می‌تواند بهبود معنی داری در وزن خشک بوته‌های رازیانه باعث شوند. آمینواسیدها از مواد مغذی مهم برای گیاهان هستند و در فرآیندهای متعددی از جمله سنتز پروتئین‌ها و سایر ترکیبات زیستی شرکت دارند (Jasmadi *et al.*, 2022). به علاوه ترکیباتی همچون پلی ساکاریدها و ترکیبات غذایی نیز می‌توانند به عنوان منابع انرژی و مواد مغذی برای گیاهان عمل کنند. کاربرد توام نهاده‌های حاصل از جلبک می‌تواند اثرات مثبت بیشتری روی فعالیت‌های فیزیولوژیکی و متابولیکی

گیاهان داشته باشند که در نهایت منجر به افزایش بیشتر عملکرد وزن خشک بوته‌های رازیانه می‌شود (Al-Juthery *et al.*, 2020).

بر اساس نتایج بررسی حاضر، تیمار آمینواسید افزایش معنی داری را در تعداد دانه رازیانه باعث گردید. آمینواسیدها نقش مهمی در فرآیندهای فیزیولوژیکی و متابولیکی گیاهان از جمله سنتز و رشد دانه‌ها دارند. این ترکیبات می‌توانند به عنوان سوماتوتروپین‌ها عمل کرده و رشد و توسعه گیاه را تحریک کنند. همچنین آمینواسیدها می‌توانند به عنوان مواد سازنده پروتئین‌ها و دیگر ترکیبات ضروری در دانه‌ها عمل کنند که ممکن است منجر به افزایش تعداد و کیفیت دانه‌ها شود (Verkleij, 2012). بر اساس نتایج در هر دو سال اعمال تیمارها کاهش معنی داری را در وزن هزار دانه باعث گردید. این نتیجه ممکن است نشان دهنده یک نوع تناسب معکوس بین دو عامل تعداد دانه و وزن هر دانه باشد. تیمارهای مورد مطالعه می‌توانند با تغییر فعالیت‌های متابولیکی و ترکیب مواد مغذی گیاهان بر تعداد دانه تولیدی و در نتیجه وزن دانه‌ها موثر باشند (Deshmukh & Phonde, 2013). Nayak و همکاران (۲۰۲۰) در برنج نشان دادند که عصاره جلبک دریایی افزایش معنی داری را در تعداد دانه‌های برنج می‌شود.

عملکرد دانه تحت تأثیر کاربرد اسیدهای آمینه افزایش یافت. این نتیجه به دلیل تأثیر مستقیم یا غیرمستقیم اسیدهای آمینه بر فعالیت‌های فیزیولوژیکی گیاهان و رشد و توسعه آن‌ها است. اسیدهای آمینه به عنوان سرمایه‌های مورد نیاز برای ساختن پروتئین‌ها و دیگر ترکیبات مهم گیاهان عمل کنند که این امر بهبود رشد و عملکرد گیاهان را باعث می‌شود. همچنین اسیدهای آمینه در فرآیندهای متابولیکی و جذب مواد مغذی گیاهان نقش دارد که این نیز منجر به افزایش عملکرد دانه‌ها می‌شود. از این رو استفاده از اسیدهای

Zare-Bhavani و Ardashiri. (Nassar *et al.*, 2020) (۲۰۲۵) گزارش نمودند که کاربرد عصاره جلبک دریایی را در گیاه شاهی به طور معنی داری افزایش می دهد.

نتیجه گیری کلی

نتایج نشان داد که استفاده از ترکیباتی از اسیدهای آمینه، پلی ساکارید، و ترکیب غذایی، به همراه یا بدون اسیدهیومیک، می تواند تأثیرات متفاوتی بر روی عملکرد و کیفیت اسانس رازیانه داشته باشد در برخی شرایط محیطی استفاده از ترکیب غذایی و اسیدهیومیک می تواند به عنوان یک روش مؤثر برای افزایش عملکرد اسانس مورد استفاده قرار گیرد این یافته ها نشان می دهند که برای بهبود عملکرد گیاهان در کشاورزی و شرایط محیطی باید به دقت مورد بررسی و ارزیابی قرار گیرند تا بهترین عملکرد و کیفیت محصول به دست آید.

آمینه ممکن است یک روش مؤثر برای بهبود عملکرد گیاهان باشد (Zafar *et al.*, 2022). Nayak و همکاران (۲۰۲۰) در برنج نشان دادند که عصاره جلبک دریایی افزایش معنی داری را در عملکرد دانه های برنج می شود. این محققین وجود ترکیب های مختلف از جمله اسیدهای آمینه را دلیل این تاثیر گزارش نمودند.

در این مطالعه فراورده پلی ساکاریدی و ترکیبات غذایی توانایی افزایش درصد اسانس رازیانه را در سال های متوالی نشان داده اند. این اثر مثبت به دلیل تأثیر هماهنگ و تقویت کننده این ترکیبات بر روی فعالیت های فیزیولوژیکی گیاه رازیانه است. ترکیبات غذایی و پلی ساکاریدها فرایندهای متابولیکی گیاه را تقویت کرده و بر کیفیت و میزان تولید اسانس تأثیر می گذارند. چرا که جذب عناصر غذایی، انرژی و مواد اولیه مورد نیاز برای تولید اسانس را بهبود می بخشد (Ali *et al.*, 2020). اسیدهای آمینه تولید اسانس را در بررسی حاضر بهبود بخشید. اسیدهای آمینه در سنتز مواد ثانویه مهم گیاهی مؤثر هستند

References

- Abd Tahar, S. Z., Eng How, S., Sam Lum, M. and Surugau, N. (2022). Seaweed Extracts as Bio-stimulants for Rice Plant (*Oryza sativa*) – a Review. *Agriculture*. 9: 59-67.
- Abdullahi, U. A. and Moneruzzaman Khandaker, M. (2021). Seaweed effects on plant growth and environmental remediation: A review. *Journal of Phytology*. 13: 122-129.
- Ali, V. A., Hussien, A. and Al-Bakkar, A.Q. (2021). Effect of compost and seaweed extract (acadian) on oil production for rosemary plant *Rosmarinus Officinalis* L. *Nat. Volatiles & Essent. Oils*. 8(6): 376-383.
- Al-Juthery, H. W.A., Abbas Drebee, H., Al-Khafaji, B. M.K. and Hadi, R. F. (2020). Plant Biostimulants, Seaweeds Extract as a Model. 1st Scintific International Virtual Agricultural Conference.
- Ardashiri, A., Zare-Bavani, M. (2025). Effects of two types of seaweed extract on garden cress microgreen characteristics and essential oil compounds. *International Journal of Horticultural Science and Technology*. 12: 267-280
- Deolu-Ajayi, A. O., van der Meer, I. M., van der Werf, A. and Karlova, R. (2022). The power of seaweeds as plant biostimulants to boost crop production under abiotic stress. *Plant Cell Environ*. 45:2537–2553.
- Deshmukh, P.S. and Phonde, D.B. (2013). Effect of seaweed extract on growth, yield and quality of sugarcane. *International Journal of Agricultural Sciences*. 9: 750-753.

- Gencsoylu, I. (2016). Effect of seaweeds and organic foliar fertilizers on the cotton pests, predators, yield and fiber quality in cotton. *Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*. 13(2) : 33 – 38.
- Xie, C., Jia Lee, Z., Ye, S., Barrow, C. J., Dunshea, F. R. and Suleria, H. A. R. (2023). A Review on seaweeds and seaweed-derived polysaccharides: nutrition, chemistry, bioactivities, and applications. *Food Reviews International*. 8: 34-51.
- Jalali, P., Reza Roosta, H., Khodadadi, M., Mohammadi Torkashvand, A. and Ghanbari Jahromi, M. (2022). Effects of brown seaweed extract, silicon, and selenium on fruit quality and yield of tomato under different substrates. *PLoS ONE*. 17(12): 112-124.
- Kresnawaty, I., Santoso, D. and Hudiyono, S. (2022). Effects of plant growth regulator from seaweed extracts on expression of genes regulating the oil and related metabolites productions in oil palm. *Biodiversitas*, 23: 793-800.
- Kularathne M. A. M. N., Srikrishnah, S. and Sutharsan, S. (2021). Effect of seaweed extracts on ornamental plants: article review. *Kenya. Current Agriculture Research Journal*. 6: 89-97.
- Margal, P. B., Thakare, R. S., Kamble, B. M., Patil, V. S., Patil, K. B. and Titirmare, N. S. (2023). Effect of seaweed extracts on crop growth and soil: a review. *Journal of Experimental Agriculture International*. 45(9): 9–19.
- Marhoon, I. A. and Kadhim Abbas, M. (2015). Effect of foliar application of seaweed extract and amino acids on some vegetative and anatomical characters of two sweet pepper (*Capsicum Annuum* L.) Cultivars. *International Journal of Research Studies in Agricultural Sciences (IJRSAS)*. 1: 35-44.
- Nakhate, P. and Meer, Y. (2021). A Systematic review on seaweed functionality: a sustainable bio-based material" *Sustainability* 13, no. 11: 6174. <https://doi.org/10.3390/su13116174>
- Nassar, M. A., EL-kobisy, O.S., Shaaban, S. A. and Abdelwahab, H. M. (2020). Seaweed extract enhancing growth, fresh herb and essential oil of sweet marjoram (*Origanum majorana* L.). *Plant Archives*. 20: 3094 – 3101.
- Nayak, P., Biswas, S. and Dutta, D. (2020). Effect of seaweed extracts on growth, yield and economics of kharif rice (*Oryza sativa* L.). *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*. 9: 247-253.
- Özel, O. T., Cımagıl, R., Ertürk-Gürkan, S., Coskun, I., Türe, M. and Kutlu, İ. (2023). The effects of fennel (*foeniculum vulgare*) essential oils on growth performance and digestive physiological traits in black sea salmon (*Salmo labrax* PALLAS 1814) Juveniles. *Journal of Agricultural Sciences*. 29 (1) : 362 – 370.
- Pannu, A. and Parle, M. (2017). Fennel. A brief review. *European Journal of Pharmaceutical and Medical Research*. 4: 668-675.
- Righini, H., Cetrullo, C., Bissoli, I., Zuffi, V., Martel Quintana, A., Flamigni, F. and Francioso, O., Roberti, R. (2023). Evaluating Ecklonia maxima water-soluble polysaccharides as a growth promoter of tomato seedlings and resistance inducer to Fusarium wilt. *Scientia Horticulturae*. 9: 317-328.
- Salido, M., Soto, M. and Seoane, S. (2024). Seaweed: Nutritional and gastronomic perspective. A review, *Algal Research*. 77: 83-94.
- Singh, P. M., Maity, D., Saha, S. and Kumar Dhal, N. (2022). Seaweed utilization and its economy in Indian agriculture. *Materials Today: Proceedings*. 5: 69-81.
- Singh, S. P. (2019). A Comprehensive Review on Pharmacological Activity of Foeniculum vulgare. *Glob J Pharmaceu Sci*. 7(1): 1-13.
- Spillias, S., Kelly, R., Cottrell, R. S., O'Brien, K. R., Im, R., Yoon Kim, J., Lei, C., Leung, R. W. S., Matsuba, M., Albano Reis, J., Sato, Y., Sempert, K. and McDonald-Madden, E. (2023). The empirical evidence for the socialecological impacts of seaweed farming. *PLOS Sustain Transform*. 2(2): 69-73.

- Sunny, A. R. (2017). A review on effect of global climate change on seaweed and seagrass. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*. 4: 56-67.
- Tursun, A. O. (2022). Effect of foliar application of seaweed (organic fertilizer) on yield, essential oil and chemical composition of coriander. *PLoS ONE* 17(6): 112-129.
- Verkleij, F. N. (2012). Seaweed extracts in agriculture and horticulture: a review. *Biological Agriculture & Horticulture*. 9: 67-79.
- Zafar, A., Ali, I. and Rahayu, F. (2022). Marine seaweeds (biofertilizer) significance in sustainable agricultural activities: A review. *The 2nd International Conference on Sustainable Plantation*.