Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Journal of Utilization and Cultivation of Aquatics
Print ISSN: 2345-427X
Online ISSN: 2345-4288

انجمن علمی ماهیان زینتی ایران
Iranian Ornamental Fish Society (IOFS)

(OPEN ACCESS)

Investigation of liquid and solid biofertilizer from the algae *Chladophora glomerata* enriched with chitosan and its effect on lettuce (*Lactuca sativa* L.)

Seyedeh Maryam Daneshvar[1], Alireza Alishahi[*2], Moazameh Kordjazi[3], Seyed Mahdi Ojagh[4], Seyed Javad Mousavizadeh[5]

1. Dept. of Seafood Processing, Faculty of Fisheries and Environmental Sciences, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran. E-mail: maryam.daneshvar1372@gmail.com
2. Corresponding Author, Dept. of Seafood Processing, Faculty of Fisheries and Environmental Sciences, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran. E-mail: seafood1144@yahoo.com
3. Dept. of Seafood Processing, Faculty of Fisheries and Environmental Sciences, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran. E-mail: kordjazi.m@gmail.com
4. Dept. of Seafood Processing, Faculty of Fisheries and Environmental Sciences, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran and Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran. E-mail: mahdi_ojagh@yahoo.com
5. Dept. of Horticultural Sciences, Faculty of Plant Production, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran. E-mail: mousavizadeh@gau.ac.ir

Article Info

Article type:
Full Length Research Paper

Article history:
Received: 09.17.2025
Revised: 10.05.2025
Accepted: 10.08.2025

Keywords:
Chitosan,
Cladophora glomerata,
Lettuce

ABSTRACT

Background and Objectives: The aim of this study was to produce liquid and solid biofertilizer from the green seaweed *Chladophora glomerata* enriched with chitosan and to investigate its effect on lettuce in terms of morphological indicators, photosynthetic pigments, anthocyanin, nitrate content and sensory evaluation.

Materials and Methods: The green seaweed was dried and aqueous and alcoholic extracts were prepared from it. The aqueous extract showed higher levels of gibberellin by HPLC and was selected as the liquid algal fertilizer. The effects of five experimental groups (in three replicates) including the control group, the liquid fertilizer group (algae extract and algae extract + chitosan) and the solid fertilizer group (pure dry algae powder and wet algae powder remaining from extraction) were investigated in lettuce grown in a greenhouse.

Results: In this study, the indices of crown height, plant fresh weight, root fresh weight, root length, chlorophyll a, chlorophyll b, total chlorophyll, anthocyanin and sensory characteristics (appearance, color, mouthfeel (taste), aroma and overall flavor) did not differ significantly among the different treatments.

Conclusion: According to the results of the present study, the use of the aforementioned biofertilizers significantly reduced nitrate accumulation in

cultivated lettuces, so that the lowest amount of this accumulation was in the treatment of lettuce fertilized with algae extract + chitosan.

Cite this article: Daneshvar, Seyedeh Maryam, Alishahi, Alireza, Kordjazi, Moazameh, Ojagh, Seyed Mahdi, Mousavizadeh, Seyed Javad. 2026. Investigation of liquid and solid biofertilizer from the algae *Chladophora glomerata* enriched with chitosan and its effect on lettuce (*Lactuca sativa* L.). *Journal of Utilization and Cultivation of Aquatics*, 15 (1), 83-97.

© The Author(s).
Doi: 10.22069/japu.2025.24082.1980
Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

نشریه بهره‌برداری و پرورش آبزیان
شاپا چاپی: ۲۳۴۵-۴۲۷X
شاپا آنلاین: ۲۳۴۵-۴۲۸۸

بررسی کود زیستی مایع و جامد از جلبک کلادوفورا گلومراتا (*Chladophora glomerata*) غنی‌شده با کیتوزان و بررسی تأثیر آن بر کاهو (*Lactuca sativa* L.)

سیده مریم دانشور[۱]، علیرضا عالیشاهی*[۲]، معظمه کردجزی[۳]، سید مهدی اجاق[۴]، سید جواد موسوی‌زاده[۵]

۱. گروه فرآوری محصولات شیلاتی، دانشکده شیلات و محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران. رایانامه: maryam.daneshvar1372@gmail.com
۲. نویسنده مسئول، گروه فرآوری محصولات شیلاتی، دانشکده شیلات و محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران. رایانامه: seafood1144@yahoo.com
۳. گروه فرآوری محصولات شیلاتی، دانشکده شیلات و محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران. رایانامه: kordjazi.m@gmail.com
۴. گروه فرآوری محصولات شیلاتی، دانشکده شیلات و محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران و دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران. رایانامه: mahdi_ojagh@yahoo.com
۵. گروه علوم باغبانی، دانشکده تولید گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران. رایانامه: mousavizadeh@gau.ac.ir

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله کامل علمی- پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۶/۲۶
تاریخ ویرایش: ۱۴۰۴/۰۷/۱۳
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۷/۱۶

واژه‌های کلیدی:
کاهو،
کلادوفورا گلومراتا،
کیتوزان

چکیده

سابقه و هدف: هدف از انجام این پژوهش تولید کود زیستی مایع و جامد از جلبک سبز دریایی کلادوفورا گلومراتا (*Chladophora glomerata*) غنی‌شده با کیتوزان و بررسی تأثیر آن بر کاهو از نظر شاخص‌های مورفولوژیک، محتوای رنگیزه های فتوسنتزی، آنتوسیانین، نیترات و ارزیابی حسی بود.

مواد و روش‌ها: جلبک سبز خشک شده و عصاره‌گیری آبی- الکلی از آن تهیه گردید. عصاره آبی میزان ژیبرلین بیش‌تری توسط دستگاه HPLC نشان داد و به‌عنوان کود مایع جلبکی انتخاب گردید. اثرات پنج گروه آزمایشی (در سه تکرار) شامل گروه شاهد، گروه کودهای مایع (عصاره جلبک و عصاره جلبک + کیتوزان) و گروه کودهای جامد (پودر خشک خالص جلبک و پودر تر جلبک باقی‌مانده از عصاره گیری) در کاهوهای کاشته شده در محیط گلخانه مورد بررسی قرار گرفت.

یافته‌ها: در این مطالعه شاخص‌های ارتفاع طوقه، وزن تر گیاه، وزن تر ریشه، طول ریشه، کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل، آنتوسیانین و ویژگی‌های حسی (خواص ظاهری، رنگ، احساس دهانی (طعم)، عطر و طعم کلی) در تیمارهای مختلف اختلاف معنی‌داری نداشتند.

نتیجه‌گیری: براساس نتایج بررسی حاضر استفاده از کودهای زیستی مذکور باعث کاهش معنی‌دار تجمع نیترات در کاهوهای کشت شده گردید به‌طوری‌که کم‌ترین میزان این تجمع در تیمار کاهوهای کوددهی شده با عصاره جلبک + کیتوزان بود.

استناد: دانشور، سیده مریم، عالیشاهی، علیرضا، کردجزی، معظمه، اجاق، سید مهدی، موسوی‌زاده، سید جواد (۱۴۰۵). بررسی کود زیستی مایع و جامد از جلبک کلادوفورا گلومراتا (*Chladophora glomerata*) غنی‌شده با کیتوزان و بررسی تأثیر آن بر کاهو (*Lactuca sativa* L.). *نشریه بهره‌برداری و پرورش آبزیان*، ۱۵ (۱)، ۹۷-۸۳.

Doi: 10.22069/japu.2025.24082.1980

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

© نویسندگان.

مقدمه

کشاورزی، پیوسته در زندگی بشر مهم‌ترین عامل در تأمین غذا بوده است. در عصر حاضر، توسعه پایدار کشاورزی یکی از ضروریات سرزمینی محسوب می‌شود (۱). افزایش تولید مواد غذایی در گرو گسترش تولیدات کشاورزی است. هم‌چنین تولید بیش‌تر مواد غذایی و گسترش کشاورزی نیاز به استفاده از تجهیزات و تکنولوژی‌های مدرن کشاورزی دارد. که یکی از این موارد استفاده از کود و سموم شیمیایی می‌باشد. متاسفانه استفاده از کودهای شیمیایی در طی سالیان سبب بروز اثرات منفی و مخرب بر منابع طبیعی بالاخص آب و خاک شده است (۲). مصرف بی‌رویه کودهای شیمیایی واثرات نامطلوب این کودها بر محیط زیست، سبب توجه به نقش کودهای آلی و محرک‌های زیستی در امنیت غذایی و کشاورزی پایدار شده است (۳). در سال‌های اخیر در مجامع علمی، افزایش بهره‌وری آب و کود به‌همراه افزایش تولید در واحد سطح به‌صورت مسأله‌ای جدی مورد توجه قرار گرفته است (۴). امروزه تمایل به استفاده از کودهای زیستی با توجه به عوارض استفاده از کودهای شیمیایی مثل آلودگی‌های زیست‌محیطی و ملاحظات احتمال انقراض گونه‌های زیستی افزایش یافته‌است (۵).

در این راستا برخی جلبک‌های دریایی می‌توانند جایگزین مناسبی برای کودهای شیمیایی از لحاظ کاهش آلودگی‌های زیست‌محیطی و مشکلات سلامتی ناشی از مصرف ترکیبات شیمیایی باشند. در گذشته در مناطق ساحلی، کشاورزان از جلبک‌های دریایی به‌صورت محدود و غیرفرآوری‌شده برای افزایش رشد گیاهان استفاده می‌کردند. امروزه با پیشرفت تکنولوژی، برخی از گونه‌های جلبک‌های دریایی، تولید و فراوری شده‌اند و به‌صورت جداگانه یا مخلوط با سایر ترکیبات کودی، مورداستفاده تولیدکنندگان بخش کشاورزی قرار می‌گیرند. کود عصاره جلبک دریایی، حاوی عناصر کمیاب و ضروری متعددی است که در بسیاری موارد می‌تواند به عنوان محرک رشد گیاهان در بهبود و تسریع رشد آن‌ها و رفع عوارض حاصل از تنش‌های محیطی به‌کار گرفته شود. در سال‌های اخیر افزایش عملکرد چشمگیری در تولید محصولات کشاورزی به سبب کودهای شیمیایی حاصل شد اما مشکلاتی مانند تجمع نیترات و مواد شیمیایی در محصولات کشاورزی و کاهش کیفیت آن‌ها به وقوع پیوست. این تجمع نیترات مخاطرات بهداشتی زیادی برای مصرف‌کنندگان به همراه داشته است و این امرسبب تغییر جایگاه کودهای شیمیایی به سمت کودهای با منشأ زیستی از جمله کودهای عصاره جلبک دریایی به خاطر تولید غذای سالم شد. جلبک کلادوفورا گلومراتا (*Chladophora glomerata*) یکی از فراوان‌ترین گونه جلبکی در دریای خزر می‌باشد که به لحاظ دردسترس بودن و ترکیبات معدنی و بیوشیمیایی ارزشمند پتانسیل قابل‌قبولی به لحاظ کاربرد کود زیستی برای آن قابل تصور است. امروزه در سطح جهان به صورت گسترده از عصاره جلبک‌های دریایی به‌عنوان یکی ازعوامل بهبود رشد گیاهان استفاده می‌کنند. هم‌چنین در ایران برای بهبود رشد گیاهان زراعی و باغی و نیز کاهش تأثیر تنش‌های محیطی استفاده می‌شوند (۱).

کاهو با نام علمی (*Lactuca sativa* L.) یکی از مهم‌ترین سبزی‌های برگی می‌باشد که بیش‌ترین مصرف آن برای سالاد و تازه‌خوری است (۴). کاهو یکی از معروف‌ترین و متداول‌ترین سبزی‌های برگی در کشور ما به‌شمار می‌رود که طی سال‌های اخیر روند افزایش سطح زیرکشت گلخانه‌ای آن بسیار چشمگیر بوده است (۶).

هدف از انجام این پژوهش، جایگزینی کودهای زیستی در مقابل کودهای شیمیایی با توجه به مضرات استفاده از آن‌ها می‌باشد. با توجه به این‌که تا به الان

مطالعات بسیار اندکی درباره جلبک‌های دریایی شمال کشور صورت گرفته است، جلبک کلادوفورا گلومراتا بنابه شرایط فصلی انتخاب گردید. بین سبزیجات برگی مورد مصرف در کشور، کاهو بنا به محبوب بودن بین مصرف‌کنندگان و به دلیل رشد این نوع کاهو در شرایط جوی شمال کشور مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

جلبک سبز کلادوفورا گلومراتا در فصل تابستان (تیرماه) از سواحل دو استان گیلان (شهر چوبر) و مازندران (شهرستان نور) جمع‌آوری شد. پس از شستشو در سایه تا حدودی خشک گردید تا بخش عمده رطوبت خود را از دست دهد. سپس در آزمایشگاه فرآوری آبزیان دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان به‌منظور به حداقل رساندن رطوبت نمونه‌ها در آون ۳۸ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴ روز قرار گرفت. بعد نمونه‌ها آسیاب گردیده و الک شدند. از پودر حاصل از هر دو پایگاه به روش (آبی- الکلی) عصاره‌گیری به عمل آمد.

به این منظور پودر جلبک به نسبت ۱ به ۵ با الکل ۷۰ درصد مخلوط شده و به مدت ۲۴ ساعت روی دستگاه شیکر با (پینگ، دور ۱۰۸) قرار داده شد. محلول حاضر پس از ۲۴ ساعت به فالکون‌های ۵۰ سی‌سی منتقل شدند. فالکون‌ها سپس به مدت ۱۰ دقیقه در دمای ۲۶ درجه سانتی‌گراد با سرعت ۳۶۷۰ در سانتریفیوژ قرار گرفتند. محلول به دست آمده دو بار توسط دستگاه پمپ خلا با کاغذ صافی ۲/۵ میکرون سایز ۴۲ به مدت ۱۵ دقیقه صاف شد. در این مرحله فاز جامد و مایع کاملاً از هم‌دیگر جدا شدند. عصاره به‌دست آمده از جلبک کلادوفورا گلومراتا توسط دستگاه HPLC از جهت هورمون ژیبرلین سنجیده شدند. برای این امر، از استاندارد هورمون ژیبرلین استفاده شد. به این منظور عصاره‌های حاصل برای سنجش ژیبرلین توسط دستگاه HPLC در آزمایشگاه مرکزی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان بررسی شدند. فاز ثابت شامل Lichrospher بر روی ستون فولادی ضدزنگ بسته‌بندی‌شده با (250 * 4 mm) Rp-18 در روز انجام گرفت. کروماتوگرام‌ها در یک برنامه Hp Chemistation مبتنی بر NT ثبت شدند. استونیتریل و آب اسیدی (H_3PO_4 %0/01) در نسبت ۶۰:۴۰ به عنوان فاز متحرک با سرعت جریان ($ml\ min^{-1}$) ۰/۶ استفاده شد. فاز متحرک زیر هود شیمیایی آماده‌سازی و در حمام اولتراسونیک به مدت ۲۰ دقیقه در درجه ۲۰ گاززدایی شد. سپس با سیستم فیلتراسیون (فیلتر سر سرنگی ۰/۴۵ میکرون) دو بار فاز متحرک فیلتر شده و با بررسی نمودارهای مستخرج از دستگاه HPLC عصاره پودر جلبک سواحل گیلان بیش‌ترین میزان ژیبرلین را نشان داد و به‌عنوان عصاره بهینه (از نظر ژیبرلین) در تهیه کود زیستی مورد استفاده قرار گرفت.

کودهای استفاده شده برای کاهوها به دو دسته کودهای مایع و جامد تقسیم شدند. کودهای مایع شامل کود مایع تولید شده از عصاره خالص جلبک دریایی، و عصاره خالص جلبک دریایی + کیتوزان بود. کودهای جامد نیز شامل پودر خشک جلبک خالص و پودر جلبک تر باقی مانده از عصاره‌گیری بود.

کشت کاهو در نهم دی ماه سال ۱۴۰۲ در گلخانه دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان در گلدان‌های نایلونی انجام شد. گلخانه دارای فضای شیشه‌ای مات و لامپ و سیستم گرمایشی بود که جایگزین تابش آفتاب و جبران وضعیت برودتی هوا باشد. کاهوهای گلخانه به ۵ تیمار در سه تکرار (هر تیمار شامل سه گلدان کاهو، که هر گلدان حاوی یک گیاه کاهوبود) تقسیم شدند. تیمار اول (گروه شاهد)، تیمار دوم (کاهوهای کوددهی شده با عصاره خالص

جلبک)، تیمار سوم (کاهوهای کوددهی شده با عصاره جلبک + کیتوزان)، تیمار چهارم (کاهوهای کوددهی شده با پودر خشک خالص جلبک) و تیمار پنجم (کاهوهای کوددهی شده با پودر تر جلبک) بودند. در این مطالعه کودهای مایع و جامد در سه مرحله به فاصله سه روز به همراه آب به کاهوها داده شدند. در هر کوددهی ۱۵ میلی‌لیتر کود مایع، ۳ گرم پودر خشک، حدود ۶ گرم پودر تر و ۱۰ میلی‌لیتر آب به کاهوها داده می شد. پس از رشد و رسیدن کاهو به حد اقتصادی (به‌طور تقریبی دوماه)، عملیات برداشت انجام شد.

در پایان دوره پرورش شاخص‌های مورفولوژیک کاهو (سطح برگ، ارتفاع طوقه، وزن تر گیاه، وزن تر ریشه و طول ریشه)، محتوای رنگیزه‌های فتوسنتزی (کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل و کاروتنوئید)، محتوای آنتوسیانین، میزان تجمع نیترات و ارزیابی حسی (ظاهری، رنگ، احساس دهانی (طعم) و عطر و طعم کلی) هر پانزده کاهو مورد بررسی قرار گرفتند.

شاخص‌های مورفولوژیک مورد مطالعه شامل: سطح برگ (برگ‌های گیاه روی کاغذ شطرنجی گذاشته شده، شکل آن‌ها ترسیم شد و سپس تعداد خانه‌های پر شده محاسبه شد.)، ارتفاع طوقه (به این منظور ارتفاع طوقه با استفاده از خط‌کش مندرج بعد از برداشت گیاه اندازه‌گیری شد)، وزن تر گیاه (گیاه تر بر روی ترازو قرار گرفته و وزن آن اندازه‌گیری شد)، وزن تر ریشه (ریشه گیاه تر بر روی ترازو قرار گرفته و وزن آن اندازه‌گیری شد)، طول ریشه (طول ریشه با استفاده از خط‌کش مندرج اندازه‌گیری شد).

محتوای رنگیزه‌های فتو سنتزی (برای اندازه‌گیری محتوای رنگیزه‌های فتوسنتزی از روش بارنز و همکاران (۱۹۹۲) با کمی تغییرات استفاده شد. دراین روش ابتدا ۰/۲۵ گرم برگ تازه خرد گردید و داخل لوله آزمایش قرار گرفت، به تعقیب آن ۳ سی‌سی دی متیل سولفوکسید اسید (DMSO) خالص به هر یک از لوله‌ها اضافه شد و در مرحله بعد لوله‌های آزمایش به مدت ۳ ساعت در آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت تا این‌که کاملاً رنگیزه‌ها استخراج گردید و بافت گیاهی بی‌رنگ شد. سپس یک میلی‌لیتر از آن را برداشته و چهار میلی‌لیتر (DMSO) به آن اضافه نموده و عدد جذب آن توسط دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۶۶۳ و ۶۴۵ نانومتر قرائت شد، برای اندازه‌گیری کارتنوئید عدد جذب در طول موج ۴۸۰ و ۵۱۰ نانومتر قرائت گردید و در مرحله آخر رنگیزه‌های فتوسنتزی براساس (میلی‌گرم در گرم وزن تر گیاه) با استفاده از فرمول‌های ذیل محاسبه شد (۷).

$$\text{کلروفیل a (میلی‌گرم بر گرم وزن تر)} = \frac{\text{میزان رقیق سازی}*\text{حجم}*(12.7*O.D663)-(2.69*OD645)}{\text{نمونه وزن}*1000}$$

$$\text{کلروفیل b (میلی‌گرم بر گرم وزن تر)} = \frac{\text{میزان رقیق سازی}*\text{حجم}*(22.7*O.D645)-(2.69*OD663)}{\text{نمونه وزن}*1000}$$

$$\text{کلروفیل کل (میلی‌گرم بر گرم وزن تر)} = \frac{\text{میزان رقیق سازی}*\text{حجم}*(20.2*O.D645)+(2.69*OD663)}{\text{نمونه وزن}*1000}$$

$$\text{کارتنوئید (میلی‌گرم بر گرم وزن تر)} = \frac{\text{میزان رقیق سازی}*\text{حجم}*(7.6*O.D480)-(2.69*OD510)}{\text{نمونه وزن}*1000}$$

محتوای آنتوسیانین: اندازه‌گیری محتوای آنتوسیانین با استفاده از روش واگنر و همکاران (۱۹۷۹) با اندکی تغییرات صورت گرفت، در این روش ابتدا مقدار ۰/۲۵ گرم نمونه تر گیاهی با ۵ میلی‌لیتر متانول اسیدی (۹۹ درصد متانول ۱ درصد اسید هیدروکلریک) در هاون چینی ساییده‌شد و بعد داخل لوله آزمایش به‌مدت ۲۴ ساعت در یخچال با دمای ۴ درجه سانتی‌گراد نگهداری‌شد. عدد جذب آن توسط اسپکتروفتومتر با طول‌موج ۵۲۰ نانومتر قرائت‌شد و بعد با استفاده از رابطه A=£bc مقدار آنتوسیانین محاسبه گردید.

که، £ یا ضریب خاموشی معادل $mMcm^{-1}$ ۳۳۰۰، A مقدار جذب، b عرض کووت اندازه‌گیری برابر ۱ سانتی‌متر و c مقدار آنتوسیانین بر حسب مول بر گرم وزن تر گیاهی می‌باشد که در نهایت مقدار آنتوسیانین بر اساس میکرومول برگرم وزن تر به‌دست خواهد آمد (۸).

برای اندازه‌گیری نیترات از روش کاتالدو و همکاران (۱۹۷۵) استفاده شد. در این روش ۱۰۰ میلی‌گرم از پودر خشک شده برگ‌ها در ارلن‌مایر ۱۲۵ لیتری ریخته شد و ۲۵ میلی‌لیتر آب گرم تقریباً ۹۰ درجه سانتی‌گراد اضافه شد. نمونه‌ها به‌مدت ۳۰ دقیقه در شیکر تکان داده شده و با کاغذ صافی شماره ۴۲ صاف شدند. نیترات در محلول صاف شده با مخلوط ۰/۲ میلی‌لیتر نمونه و ۰/۸ میلی‌لیتر مخلوطی از اسید سالسلیک و ۱۹ میلی‌لیتر سود ۲ نرمال در طول موج ۴۱۰ نانومتر اسپکتروفتومتر تعیین گردید (۹).

ارزیابی ویژگی‌های حسی کاهوهای برداشت شده شامل خواص ظاهری، رنگ، احساس دهانی (طعم) و عطر و طعم کلی توسط پنج نفر ارزیاب (پانلیست) از دانشجویان دکتری در خوابگاه حضرت زینب به روش هدونیک پنج نقطه‌ای ارزیابی شد (۱۰).

تجزیه و تحلیل آماری: نتایج در قالب طرح کاملاً تصادفی با استفاده از تجزیه واریانس یک‌طرفه و جهت مقایسه میانگین از آزمون دانکن در سطح معنی‌داری ($P\leq$۰/۰۵) استفاده گردید. اطلاعات و نتایج جمع‌آوری شده از آزمایش‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS18 مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از بررسی صفات مورفولوژیکی کاهو در جدول ۱ آورده شده است. بر اساس نتایج حاصله بالاترین میزان سطح برگ مربوط به کاهوهای تیمار ۲ (کوددهی شده با عصاره جلبک) و کم‌ترین میزان مربوط به تیمار ۳ (کوددهی شده با عصاره جلبک + کیتوزان) بوده است اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای ۴ و تیمار ۵ و گروه شاهد مشاهده نگردید ($P\leq$۰/۰۵). هم‌چنین در این مطالعه برای شاخص‌های ارتفاع طوقه، وزن تر گیاه، وزن تر ریشه و طول ریشه در همه تیمارها اختلاف معنی‌دار ثبت نگردید ($P<$۰/۰۵). منابع محدودی برای بررسی اثرات عصاره جلبک کلادوفورا گلومراتا در کاهو گلخانه‌ای در دسترس است اما در مطالعات مشابه اثرات ترکیبات و عصاره‌های مختلف بر شاخص‌های مورفومتریک کاهوی وجود دارد به‌عنوان مثال در یک مطالعه اثر غلظت‌های مختلف کروم بر گیاه کاهو نشان داد که با افزایش سطح غلظت کروم، سطح برگ، ساقه گیاه، وزن تر ریشه و طول ریشه کاهش یافت (۱۱). به‌عبارت دیگر برخی از فلزات سنگین از جمله کروم می‌توانند سبب اختلال در فرایندهای فیزیولوژیک گیاه شود، اهمیت این موضوع آلودگی محیط‌های دریایی به فلزات سنگین و احتمال آلوده کردن جلبک‌ها و در نهایت تأثیر منفی آن بر روی عملکرد کودهای زیستی ناشی از آن می‌تواند باشد که باید مدنظر قرار گیرد. در

مطالعه مجنونی و همکاران (۲۰۲۲) کاهوی برگ قرمز در سه سطح کروم و چهار سطح قارچ‌های هم‌زیست بررسی شدند، نتایج بیانگر آن بود که افزایش غلظت کروم باعث شد وزن ریشه و طول ریشه به‌طور معنی‌داری کاهش یافت (۱۲). در مطالعه نیازی و همکاران (۲۰۲۱) تأثیر مدت زمان تابش نور بر کاهو کشت شده در گلخانه مورد بررسی قرار گرفت که نشان داد افزایش مدت تابش نور منجر به افزایش معنی‌دار وزن بوته گردید (۱۳). یکی از مهم‌ترین عوامل فتوسنتز گیاهان، نور می‌باشد که کاهش شدت و مدت تابش نور در فصول پاییز و زمستان از عوامل اصلی کاهش عملکرد گیاه می‌باشد که در گلخانه‌ها با استفاده از لامپ‌های مصنوعی تامین می‌شود بنابراین عدم رعایت این امر می‌تواند بر روی نتایج کوددهی حتی تأثیرگذار باشد (۱۴). به عنوان مثال کانگ و همکاران (۲۰۱۳) در مطالعه جداگانه‌ای نشان دادند که افزایش طول روز سبب افزایش وزن تر کاهو می‌گردد (۱۵). در مطالعه روسوس و همکاران (۲۰۰۳) توت‌فرنگی تیمار دارای نور بیش‌تر سبب افزایش سطح برگ شد (۱۶). امینی و نامداری (۲۰۱۳) در بررسی اثرات آللوپاتیک عصاره آبی تاج خروس ریشه قرمز بر عملکرد لوبیا، گزارش دادند که کاربرد عصاره آبی تاج خروس باعث کاهش ارتفاع بوته شد (۱۷). آلام و همکاران (۲۰۰۱) بیان داشتند که عصاره سلمه تره سبب کاهش رشد و ارتفاع بوته ذرت و سویا شد (۱۸).

جدول ۱- شاخص‌های مورفولوژیک کاهوی گلخانه‌ای کوددهی شده با جلبک کلادوفورا گلومراتا (*Chladophora glomerata*).

Table 1. Morphological indices of greenhouse lettuce fertilized with the algae *Chladophora glomerata*.

شاخص‌های مورفولوژیک/ تیمارها Morphological indices/ treatments	اول First	دوم Second	سوم Third	چهارم Fourth	پنجم Fifth
سطح برگ Leaf surface	552.5±109^{b}	770 ±21^{a}	463.33±60.61^{c}	677.33 ±24.11^{ab}	707±48.75^{ab}
ارتفاع طوقه Height of the collar	21.16 ±2.36^{a}	17.33 ±4.61^{a}	23 ±3^{a}	22.33 ±2.51^{a}	19.33 ±2.51^{a}
وزن تر گیاه Plant fresh weight	10.10±3.64^{a}	11.36±3.91^{a}	17.69±7.42^{a}	10.91 ±2.83^{a}	11.68 ±3.01^{a}
وزن تر ریشه Root fresh weight	3.39 ±0.91^{a}	3.79 ±0.36^{a}	5.03 ±0.86^{a}	4.22 ±0.40^{a}	6.47 ±3.68^{a}
طول ریشه Root length	9.16 ±1.60^{a}	8.16 ±0.76^{a}	11.5 ±1.32^{a}	14.16 ±2.56^{a}	14.66 ±6.52^{a}

*حروف متفات در هر ردیف نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد (P≤۰/۰۵) می‌باشد

*Different letters in each row indicate a significant difference at the 95% confidence level (P≤0.05)

نتایج حاصل از بررسی رنگیزه‌های فتوسنتزی کاهو (کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل و کاروتنوئید) و محتوای آنتوسیانین در جدول ۲ آورده شده است. نتایج نشان داد که کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل و محتوای آنتوسیانین در تمامی تیمارها اختلاف معنی‌دار ندارند (P<۰/۰۵). اما میزان کاروتنوئید در برخی تیمارها دارای اختلاف معنی‌دار بود به این صورت که در تیمار کاهوهای کوددهی شده با پودر خشک (تیمار ۴) نسبت به سایر تیمارها میزان کاروتنوئید کم‌تری اندازه‌گیری گردید اگرچه با گروه شاهد اختلاف معنی‌داری نداشت (P≤۰/۰۵). به‌عبارت دیگر به‌کارگیری پودر خشک در شاخص کاروتنوئید گیاه اگرچه با گروه تیمار تفاوت نداشت اما عملکرد کم‌تری نسبت به سایر تیمارها داشت. در بررسی‌های مشابه عوامل متعددی بر روی مقادیر این شاخص‌ها تأثیرگذار بوده‌اند به عنوان مثال افزایش مدت تابش نور محتوای کلروفیل و آنتوسیانین را به‌طور معنی‌داری افزایش می‌دهد (۱۳). در بررسی مجنونی و همکاران (۲۰۲۲) افزایش غلظت کروم سبب کاهش معنی‌دار میزان کلروفیل کل و افزایش میزان آنتوسیانین شد (۱۲). بهرامی و همکاران (۲۰۲۱) در بررسی اثر منابع مختلف آهن بر کاهو، افزایش ۹۱ درصدی میزان کلروفیل را گزارش دادند (۱۹). مالکی و همکاران (۲۰۱۱) در مطالعه‌ای که به بررسی اثر غلظت‌های مختلف کروم (Cr^{+3}) بر گیاه کاهو پرداخته بودند، در این بررسی کاهش معنی‌داری در میزان کلروفیل‌های a، b و کلروفیل کل با افزایش غلظت کروم مشاهده گردید (۱۱). رنگ‌دانه‌های آنتوسیانین، کاروتنوئید و کلروفیل‌ها جزو ترکیبات ارزشمندی محسوب می‌شوند که خواص آنتی‌اکسیدانی متعدد برای آن‌ها ذکر شده است این ترکیبات نقش حفاظتی در مقابل اثرات مخرب UV-B و غیرفعال نمودن رادیکال‌های آزاد، رادیکال‌های فعال اکسیژنی و حتی کنترل اثرات مخرب فلزات سنگین در بدن برای آن‌ها ذکر شده است به همین دلیل در بررسی کیفیت محصولات گلخانه‌ای به‌خصوص سبزیجات و کاهو این شاخص‌ها بسیار پر اهمیت بوده و در بررسی‌های کیفی مورد ارزیابی قرار می‌گیرند. عوامل متعدد می‌تواند بر روی این شاخص‌ها تأثیرگذار باشد.

خاوری‌نژاد و همکاران (۲۰۰۴) گزارش کردند که در گیاه دارویی مینای چمنی (*Bellis perennis* L. Cyanidin) با افزودن سالیسیلیک اسید (SA) با غلظت‌های مختلف، مقدار آنتوسیانین افزایش چشمگیری داشت (۲۰). نتایج حاصل از پژوهش رنجبر و همکاران (۲۰۱۷) نشان داد که در مقایسه با گروه شاهد رنگدانه‌های فتوسنتزکننده (کلروفیل‌های a و b) کاهو با قرار گرفتن در معرض کادمیوم و اشعه ماورابنفش به‌صورت معناداری کاهش در مقایسه با گروه شاهد پیدا کرد. براساس نتایج این بررسی افزایش سطح اشعه ماورابنفش به (UV-B، ۲۸۰–۳۱۵ نانومتر) قادر است تولید محصول را با تحت‌تأثیر قرار دادن رنگدانه‌ها و تنظیم‌کننده‌های رشد، کاهش دهد. کادمیوم نیز یک عنصر سنگین بالقوه سمی می‌باشد که با دخالت در فرایندهای فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گیاه، می‌تواند تولید آن را دچار اختلال کند (۲۱). مولایی لرد و همکاران (۲۰۲۰) در مطالعه‌ای که به بررسی تأثیر بور بر ویژگی‌های رویشی و بیوشیمیایی کاهو رقم سیاهو پرداخته بودند، بیان داشتند که با افزایش غلظت بور محتوای کلروفیل a و b، کل و کاروتنوئید کاهش یافت (۲۲). در بررسی جداگانه‌ای استفاده از کودهای زیستی در گیاه کلم قرمز تأثیر معنی‌داری بر میزان آنتوسیانین نداشت (۲۳).

جدول ۲- سطوح رنگدانه‌های فتوسنتزی و محتوای آنتوسیانین کاهوی گلخانه‌ای کوددهی شده با جلبک کلادوفورا گلومراتا (*Chladophora glomerata*).

Table 2. Photosynthetic pigment levels and anthocyanin content of greenhouse lettuce fertilized with the algae *Chladophora glomerata*.

رنگدانه‌های فتوسنتزی و محتوای آنتوسیانین/تیمارها Photosynthetic pigments and anthocyanin content/treatments	اول First	دوم Second	سوم Third	چهارم Fourth	پنجم Fifth
کلروفیل a Chlorophyll a	0.05±0.02[a]	0.06 ±0.02[a]	0.66 ±0.01[a]	0.33 ±0.01[a]	0.05±0.00[a]
کلروفیل b Chlorophyll b	0.05 ±0.03[a]	0.04±0.02[a]	0.53 ±0.02[a]	1.02 ±1.68[a]	0.05 ±0.11[a]
کلروفیل کل Total chlorophyll	0.38 ±0.16[a]	0.37±0.03[a]	0.40 ±0.49[a]	0.27±0.11[a]	0.43 ±0.02[a]
کاروتنوئید Carotenoid	0.03 ±0.01[ab]	0.04±0.01[a]	0.04 ±0.00[a]	0.02 ±0.01[b]	0.04 ±0.01[a]
محتوای آنتوسیانین Anthocyanin content	0.23 ±0.16[a]	0.24 ±0.13[a]	0.17 ±0.12[a]	0.14±0.05[a]	0.15 ±0.13[a]

*حروف متفات در هر ردیف نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد (P≤۰/۰۵) می‌باشد

*Different letters in each row indicate a significant difference at the 95% confidence level (P≤0.05)

نتایج حاصل از بررسی میزان تجمع نیترات در جدول ۳ آورده شده است. میزان نیترات در همه تیمارها با هم اختلاف معنی‌داری دارند (P≤۰/۰۵). در تیمار شاهد بیش‌ترین میزان تجمع نیترات مشاهده شد. تمامی کودهای مایع و جامد استفاده شده در این پژوهش به‌طور معنی‌داری سبب کاهش میزان تجمع نیترات در کاهو شده‌اند در این بررسی کم‌ترین میزان تجمع نیترات مربوط به کاهوهای کوددهی شده با عصاره جلبک + کیتوزان ثبت گردید.

جدول ۳- تجمع نیترات در کاهوی گلخانه‌ای کوددهی شده با جلبک کلادوفورا گلومراتا (*Chladophora glomerata*).

Table 3. Nitrate accumulation in greenhouse lettuce fertilized with the algae *Chladophora glomerata*.

نیترات/تیمارها Nitrate/Treatments	اول First	دوم Second	سوم Third	چهارم Fourth	پنجم Fifth
میزان تجمع نیترات Nitrate accumulation rate	1370.66±46.70[a]	1227.33±23.69[b]	896.66±15.27[d]	1125.33±22.74[c]	1117.66±9.29[c]

*حروف متفات در هر ردیف نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد (P≤۰/۰۵) می‌باشد

*Different letters in each row indicate a significant difference at the 95% confidence level (P≤0.05)

نیترات یکی از ترکیباتی است که در صورت افزایش بیش از حد مجاز در غذا (در طولانی‌مدت) می‌تواند مخاطرات بهداشتی جدی برای مصرف‌کنندگان به همراه داشته باشد به همین دلیل بررسی این پارامتر در ترکیبات غذایی از جمله میوه‌ها، سیفی‌جات و سبزیجات بسیار مورد توجه قرار گرفته است. بیش‌تر از ۸۰ درصد نیترات دریافتی از غذا در انسان، توسط سبزیجات است. در بین سبزیجات برگی، کاهو بیش‌ترین میزان سرانه مصرف را به خود اختصاص می‌دهد. پورمقیم و همکاران (۲۰۱۰) مطالعه‌ای در مورد میزان نیترات سبزیجات به‌خصوص کاهو در شهر تهران انجام داده‌اند. بر اساس این بررسی از کاهوی عرضه شده در میدان مادر میوه و تره‌بار شهر تهران در دو فصل تابستان و زمستان نمونه‌گیری صورت گرفت که بر اساس نتایج اگرچه میانگین میزان نیترات در کاهوها در هر دو فصل تابستان و زمستان در محدوده مجاز بین‌المللی بود اما مقادیر نیترات در کاهوهای فصل تابستان بالاتر از کاهوهای عرضه شده در فصل زمستان بود. بنابراین می‌توان به اثرگذاری فصل برداشت بر میزان تجمع نیترات سبزیجات اشاره کرد. عواملی که بر میزان تجمع نیترات در سبزیجات گوناگون مؤثرند، عبارت هستند از: نوع، واریته و سن گیاه، میزان نیترات و پی اچ خاک، نوع کود، دفعات و میزان کوددهی، تنش رطوبتی، نحوه کشت (سنتی و گلخانه‌ای)، زمان برداشت محصول (صبح یا عصر)، فصل برداشت، نحوه نگه‌داری محصول پس از برداشت و شرایط آب و هوایی (از جمله درجه حرارت و شدت نور) اشاره نمود (۲۴). نیترات موجود در سبزیجات به نیتریت و نیتروز اسیدها تبدیل شده و اگر این ترکیبات با آمین‌های نوع اول و دوم ترکیب شوند، نیتروز آمین به وجود می‌آید که مخاطرات بهداشتی آن اثبات گردیده است (۲۵). ساسین و همکاران (۲۰۰۶) در سال‌های ۲۰۰۲-۱۹۹۶ در مزارع اسلوونی، میزان نیترات در ۱۴ نوع سبزی و میوه کشت شده را بررسی کردند. این بررسی‌ها نشان داد که کاهو در بین سبزیجات مورد بررسی بیش‌ترین مقدار نیترات را داشت. در این مقاله میانگین کل نیترات در کاهوهای برداشت شده در تابستان بیش‌تر از زمستان بود که در مجموع در محدوده تعیین شده از اتحادیه اروپا و WHO قرار گرفت (۲۵۰۰ ppm برای فصل تابستان و ۴۵۰۰ ppm برای فصل زمستان). در پژوهش‌های مختلف انجام شده برای تعیین میزان نیترات و اثر فصل بر روی میزان آن، نتایج متفاوتی به‌دست آمده است (۲۶). در پژوهش جداگانه‌ای پاولو و همکاران (۲۰۰۷) گزارش نمودند که فصل برداشت بر میزان تجمع نیترات تأثیری نداشته است (۲۷). در مطالعه محمدپور و همکاران (۲۰۱۵) استفاده از ازن در کاهو سبب بروز ویژگی‌های کیفی بهتری شد (۱۰).

نتایج حاصل از بررسی ارزیابی حسی (ظاهری، رنگ، احساس دهانی (طعم) و عطر و طعم کلی) در جدول ۴ آورده شده است. پارامترهای ارزیابی حسی در همه تیمارها باهم اختلاف معنی‌داری ندارند. ($P<۰/۰۵$).

جدول ۴- شاخص‌های حسی کاهوی گلخانه‌ای کوددهی شده با جلبک کلادوفورا گلومراتا (*Chladophora glomerata*).

Table 4. Sensory indices of greenhouse lettuce fertilized with the algae *Chladophora glomerata*.

پنجم Fifth	چهارم Fourth	سوم Third	دوم Second	اول First	شاخص‌های حسی/تیمارها Sensory indicators/treatments
3.33±0.57[a]	4.33 ±0.57[a]	3.66 ±0.57[a]	4.33 ±4[a]	4.33±1.15[a]	ظاهری Appearance
5 ±0	5 ±0	5 ±0	5 ±0	5 ±0	رنگ Color
2.33 ±0.57[a]	2.33 ±0.57[a]	3 ±0.57[a]	2.33 ±0.57[a]	2.66±0.57[a]	احساس دهانی (طعم) Mouthfeel (taste)
3.33 ±0.57[a]	3.33 ±0.57[a]	3.33 ±0.57[a]	3.33 ±0.57[a]	3.33 ±0.57[a]	عطر و طعم کلی Overall flavor

*حروف متفات در هر ردیف نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد (P≤۰/۰۵) می‌باشد

*Different letters in each row indicate a significant difference at the 95% confidence level (P≤0.05)

این بررسی نشان داد به‌کار بردن جلبک کلادوفورا گلومراتا به عنوان کود زیستی تأثیر منفی به لحاظ طعم و مزه و ظاهر در کاهوی گلخانه‌ای ایجاد نکرد.در مجموع بر اساس نتایج این بررسی استفاده از عصاره جلبک کلادوفورا گلومراتا به‌عنوان کود زیستی می‌تواند منجر به کاهش تجمع نیترات در کاهوی گلخانه‌ای شود. بنابراین با توجه به دسترس بودن این جلبک در سواحل کشور و هم‌چنین تأثیر مثبت آن، به‌عنوان یک کود زیستی در گیاه کاهو پیشنهاد می‌گردد.

نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج این بررسی عصاره جلبک کلادوفورا گلومراتا به‌عنوان یک کود زیستی قادر است تجمع نیترات در کاهوی گلخانه‌ای را به‌طور معنی‌داری کاهش دهد درعین‌حال ترکیب این عصاره با کیتوزان تأثیر بیش‌تری در کاهش تجمع نیترات در کاهوی گلخانه‌ای به‌همراه دارد. از نقطه‌نظر شاخص‌های مورفولوژیک و رنگدانه‌های فتوسنتزی و محتوای آنتوسیانین کودهای مایع و جامد تهیه شده از جلبک اثر معنی‌داری نسبت به گروه شاهد نداشتند. در مجموع به‌کارگیری عصاره این جلبک به عنوان کود زیستی تأثیر منفی بر کیفیت و بازارپسندی کاهوی گلخانه‌ای به همراه ندارد.

بنابراین می‌توان پیشنهاد کرد که استفاده از کود جلبک سبز کلادوفورا گلومراتا به‌عنوان یک کود زیستی برای جلوگیری از افزایش میزان تجمع نیترات که یکی از نگرانی‌های مهم در مصرف سبزیجات است، مورد استفاده کشاورزان و باغداران قرار گیرد.

منابع

1. Yaghoobi, S. R. (2020). Seaweed extract: Innovation for organic agriculture. *Quarterly Research Journal of Technical and Vocational University*, 17(2), 23-31.
2. Afrakhteh, H., Hajipour, M., Gourzin, M., & Nejati, B. (2013). The Situation of sustainable agricultural development in Iran development plans case: Five-year plans after the revolution. *Quarterly Journal of Strategic and Macro Policies*, 1(1), 43-62.
3. Torab Ahmadi, S., Abedy, B., & Saber Ali, S. F. (2019). Evaluation of some quantitative and qualitative characteristics of Pistachio plant in response to Amino acid compounds and seaweed extract. *Journal of Agricultural Knowledge and Sustainable Development*, 29(4), 189-204.
4. Jafari, M. S., Noory, H., Liaghat, A. M., & Ebrahimian, H. (2021). Effect of different levels of irrigation and fertilizer on water and nitrogen productivity in Lettuce. *Journal of Water Research in Agriculture*, 35(1), 19-35.
5. Jahani, H., Tadayon, M. S., & Moafipour, G. R. (2016). Evaluation of bio-fertilizers application of seaweed and Azolla on Ornamental plant of Iranian Petunia (*Petunia hybrida*). *Journal of Plant Ecophysiology*, 10(34), 218-226.
6. Aghabeigi, M., Imani, M., Hajianfar, R., Khodadadi, M, Rafezi, R., & Mousavi, H. (2017). Technical publication on iceberg lettuce production technology and introduction of its commercial varieties. *Ministry of Agricultural Jihad of Iran.*
7. Daneshvar, S. M., Alishahi, A. R., Ojagh, S. M., & Mirsadeghi, S. H. (2019). The Effect of Chitosan, cooking methods and storage time on Sensory factors, Colorimetric and weight changes of Huso fillet (*Huso huso*) under freezing conditions. *Journal of Fisheries Science and Technology*, 8(4), 193-198.
8. Mohammady, W. A., Zarei, H., & Mousavizadeh, S. J. (2020). Morphological and biochemical responses of Basil plant under Ultraviolet Radiation-B and deficit irrigation under greenhouse conditions. *Journal of Greenhouse Crop Science and Technology*, 11(1), 85-110.
9. Cataldo, D. A., Haroon, M., Schrader, L. E., & Youngs, V. L. (1975). Rapid colorimetric determination of Nitrate in plant tissues by Nitration of Salicylic acid. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 6, 71-80.
10. Bakmohammadpour, M., Peighambardoost, S. H., Hesari, J., & Alirezalou, K. (2015). Comparing disinfecting effects of ozone versus chlorine treatment on nutritional, microbial and sensory properties of lettuce. *Quarterly Scientific Journal of New Technologies in the Food Industry*, 2(3), 75-84.
11. Maleki, F., Lahouti, M., & Mahmoodzadeh, H. (2011). The effect of Cr^{3+} Stress on the chlorophyll content, Biomass and guiacol peroxidase activity in (*Lactuca sativa* L.). *Journal on Plant Science Researches*, 22(6), 59-66.
12. Majnooni, H. Z., Azarmi, R., Shokhouhian, A. A., Esmailpour, B., & Shahi Gharalar, A. (2022). The effect of Serendipita and Rhizophagus irregularis fungi on the growth and nutritional status of lettuce under Chromium in stress in soilless culture. *Journal of Soil and Plant Interactions*, 13(3), 77-90.
13. Niazi, H., Barzegar, T., Ghahremani, Z., & Nadirkhanlou, L. (2021). Effect of light duration and Calcium on growth, yield and quality of lettuce (*Lactuca sativa cv. New Red Fire*). *Journal of Vegetables Sciences*, 4(8), 111-131.
14. Li, H., Tang, C., Xu, Z., Liu, X., & Han, X. (2012). Effects of different light sources on the growth of non-heading Chinese cabbage (*Brassica campestris* L.). *Journal of Agricultural Science*, 4(4), 262.
15. Kang, J. H., Krishna Kumar, S., Atulba, S. L. S., Jeong, B. R., & Hwang, S. J. (2013). Light intensity and photoperiod influence the growth and development

of hydroponically grown leaf lettuce in a closed-type plant factory system. *Horticulture, Environment, and Biotechnology*, 54(6), 501-509.

16. Roussos, P. A., Denaxa, N., & Damvakaris, T. (2009). Strawberry fruit quality attributes after application of plant growth stimulating compounds. *Scientia Horticulturae*, 119(2), 138-146.
17. Amini, R., & Namdarei, T. (2013). Allelopathic effects of Redroot Pigweed (*Amaranthus retroflexus* L.) Aqueous extract on common bean yield and yield components. *Agricultural Knowledge and Sustainable Production Journa*l, 23(1), 130-140.
18. Alam, S. M., Ala, S. A., Azmi, A. R., Khan, M. A., & Ansari, R. (2001). Allelopathy and its role in agriculture. *Journal of Biological Sciences*, 1(5), 308-315.
19. Bahrami, N., Jalali, M., & Zare, A. A. (2021). The effect of various sources of Iron on the Nitrate accumulation in Lettuce (*Lactuca sativa* L.). *Iranian soil and water research*, 51 (11), 2953-2963.
20. Khavarinezhad, R. A., Mehrabian, S., & Asadi, A. (2004). The effect of Salicylic acid on the concentration of Anthocyanins in infected daisy (*Bellis Perennis* L.) *Plants by Some of the Fungi Lines. Kharazmi University Science Journal*, 4(3), 427.
21. Ranjbar, A., & Mousavi, S. A. (2017). The effects of enhanced Ultraviolet-B Radiation and heavy metal Cadmium on some physiological parameters of lettuce (*Lactuca sativa*). *Journal of Plant Research (Iranian Journal of Biology)*, 30(4), 853-861.
22. Molaei Lourd, E., Azarmi, R., & Esmaeilpour, B. (2020). Influence of Boron and Salicylic acid on some vegetative and biochemical traits of lettuce (*Lactuca sativa* L.) in Hydroponic system. *Journal of Vegetables Sciences*, 4(7), 13-24.
23. Sarkar, D., & Rakshit, A. (2021). Bio-priming in combination with mineral fertilizer improves nutritional quality and yield of red cabbage under middle gangetic plains. *India Scientia Horticulturae*, 283, 110075.
24. Pourmoghim, M., Khoshtinat, KH., Sadeghi Makki, A., Komeilifonood, R., Golestan, B., & Pirali, M. (2010). Determination of nitrate content in lettuce, tomatoes and potatoes supplied in Tehran vegetable market by HPLC method. *Iranian Journal of Nutritional Sciences and Food Industries*, 5(1), 63-70.
25. Thorup-Krisensen, K. (2001). Root growth and Soil nitrogen depletion by onion, lettuce, early cabbage and carrot. *Acta Horticalturae*, 563, 201-6.
26. Susin, J., Kmecl, V., & Gregoric, A. (2006). A survey of nitrite content of fruit and vegetables grown in Slovenia during 1996-2002. *Food Additives and Contamination*, 23(4), 385-90.
27. Pavlou, G. C., & Ehaliotis, C. (2007). Effect of organic and inorganic fertilizers applied during successive crop season on growth and nitrite accumulation in lettuce. *Scientia Horticulturae*, 111(4), 319-325.