Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Journal of Plant Production

Print ISSN: 2322-2050
Online ISSN: 2322-2778

The effect of magnesium aminochelate and seaweed (*Sargassum angustifolium*) on improving growth and quality characteristics of cucumber in magnesium-deficient nutrient solution

Ali Karami[1], Edris Shabani[*2], Nasser Alemzadeh Ansari[3]

1. M.Sc. Student, Dept. of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran. E-mail: alikarami8568293@gmail.com
2. Corresponding Author, Assistant Prof., Dept. of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran. E-mail: edris.shabani@scu.ac.ir
3. Associate Prof., Dept. of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran. E-mail: ansari_n@scu.ac.ir

Article Info

Article type:
Full Length Research Paper

Article history:
Received: 05.26.2023
Revised: 06.18.2023
Accepted: 07.05.2023

Keywords:
Cucumber,
Growth,
Magnesium,
Seaweed,
Yield

ABSTRACT

Background and Objectives: Magnesium is an essential element for plant growth. Additionally, magnesium plays an important role in carbohydrate partitioning and dry matter production between the root and shoot. One of the main challenges facing vegetable producers in greenhouses in southern Iran is magnesium deficiency, especially in the middle of the growing season, due to various reasons such as poor water quality and excessive use and irrational consumption of potassium fertilizers in the reproductive phase. Therefore, finding practical solutions that help reduce the use of chemical fertilizers, production costs, environmental risks, increase efficiency, performance, and improve food security and sustainable agriculture is essential. The present study aims to propose a practical solution for improving the growth and quality of greenhouse cucumbers under conditions of reduced magnesium in the nutrient solution, while reducing fertilizer consumption, by using magnesium amino chelates and native seaweed extracts from the Persian Gulf.

Materials and Methods: This experiment was conducted in the autumn and winter of 2022-2023 in the educational-research greenhouse in Shahid Chamran University of Ahvaz, in a split-plot design as a basic block with complete randomization and three replicates. The experimental treatments included foliar application of different concentrations of magnesium aminochelate (0, 2.5, and 5 ml/L) and seaweed extract of *Sargassum angustifolium* (0, 1.5, and 3 g/L). The foliar application of magnesium aminochelate and seaweed extract started two weeks after transplanting and continued once a week until one week before harvest (a total of 8 weeks out of 11 weeks). During the growing season and after the treatment effects, growth and quantitative factors such as root, stem, and leaf fresh and dry weight, leaf number and area, fruit fresh weight, fruit length and diameter, and qualitative factors such as TSS, pH, and EC of fruit juice, titratable acidity, fruit firmness, and fruit dry matter percentage were measured in cucumber plants.

Results: The results of the interaction between different concentrations of magnesium aminochelate and seaweed extract showed that with increasing magnesium concentration up to 5 ml/L and seaweed extract up to 3 g/L, there was a significant increase in root, stem, and leaf fresh and dry weight,

leaf number and area, and fruit fresh weight. The $Mg_3 \times S_3$ treatment (5 ml/L of magnesium aminochelate and 3 g per liter of seaweed extract) and the control treatment ($Mg_1 \times S_1$) (zero ml/L of magnesium aminochlate and zero g/L of algal extract) had the highest and lowest values of growth indices, respectively. Increasing the levels of seaweed extract up to the 3 g/L and concentration of magnesium aminochlate up to the level of 5 ml/L led to a twofold increase in fruit fresh weight. The highest TSS of fruit juice was observed in the $Mg_3 \times S_3$ treatment (4.73%) and the lowest in the control treatment ($Mg_1 \times S_1$) (2.13%). The results of this study showed that in the reduced magnesium solution, simultaneous increase in seaweed extract and magnesium aminochelate led to an increase in cucumber fruit dry matter percentage. The lowest fruit dry matter percentage was observed in the $Mg_1 \times S_1$ treatment (2.27%), while the highest was observed in the $Mg_3 \times S_3$ treatment (4.78%).

Conclusion: The findings of this experiment showed that the use of magnesium aminochelate probably increases chlorophyll production and seaweed extract through biomass improvement and growth stimulation ameliorates the growth, yield, and quality characteristics of cucumber fruit. Based on the results of this study, the use of 5 ml/L of magnesium aminochelate and 3 g/L of seaweed extract is recommended to improve the growth, yield, and quality indices of greenhouse cucumber under magnesium deficiency conditions.

Cite this article: Karami, Ali, Shabani, Edris, Alemzadeh Ansari, Nasser. 2023. The effect of magnesium aminochelate and seaweed (*Sargassum angustifolium*) on improving growth and quality characteristics of cucumber in magnesium-deficient nutrient solution. *Journal of Plant Production*, 32 (4), 1-22.

© The Author(s).
DOI: 10.22069/JOPP.2023.21396.3044
Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

نشریه پژوهش‌های تولید گیاهی

شاپا چاپی: ۲۳۲۲-۲۰۵۰
شاپا آنلاین: ۲۳۲۲-۲۷۷۸

اثر آمینوکلات منیزیم و جلبک دریایی (*Sargassum angustifolium*) بر بهبود خصوصیات رشدی و کیفی خیار گلخانه‌ای در محلول غذایی کاهش یافته منیزیمی

علی کرمی[۱]، ادریس شعبانی*[۲]، ناصر عالم‌زاده انصاری[۳]

۱. دانشجوی کارشناسی‌ارشد گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران. رایانامه: alikarami8568293@gmail.com

۲. نویسنده مسئول، استادیار گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران. رایانامه: edris.shabani@scu.ac.ir

۳. دانشیار گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران. رایانامه: ansari_n@scu.ac.ir

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله کامل علمی- پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۳/۰۵
تاریخ ویرایش: ۱۴۰۲/۰۳/۲۸
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۴/۱۴

واژه‌های کلیدی:
جلبک دریایی،
خیار،
رشد،
عملکرد،
منیزیم

چکیده

سابقه و هدف: منیزیم از عناصر ضروری در رشد گیاهان است. هم‌چنین منیزیم دارای نقش مهمی در تقسیم‌بندی کربوهیدرات‌ها و ماده خشک تولیدی بین ریشه و شاخساره می‌باشد. یکی از چالش‌های اساسی تولیدکنندگان سبزی و صیفی در گلخانه‌های جنوب ایران، کمبود منیزیم به‌ویژه در اواسط فصل رشد به دلایل مختلفی هم‌چون پایین بودن کیفیت آب و افزایش بی‌رویه و مصرف غیرمنطقی کودهای پتاسیمی در فاز زایشی می‌باشد. بنابراین یافتن راهکارهای عملی که به کاهش مصرف کودهای شیمیایی، کاهش هزینه‌های تولید، کاهش خطرات زیست‌محیطی، افزایش بهره‌وری، عملکرد و بهبود امنیت غذایی و کشاورزی پایدار کمک نماید، امری کاملاً ضروری به نظر می‌رسد. پژوهش حاضر سعی دارد تا با استفاده از آمینوکلات‌های منیزیمی و عصاره جلبک‌های دریایی بومی خلیج فارس، علاوه بر کاهش مصرف کود راهکاری عملی به‌منظور بهبود رشد و کیفیت میوه خیار گلخانه‌ای در شرایط محلول غذایی کاهش یافته منیزیمی ارائه نماید.

مواد و روش‌ها: این آزمایش در پاییز و زمستان ۱۴۰۱ در گلخانه آموزشی-پژوهشی دانشگاه شهید چمران اهواز به صورت طرح اسپلیت‌پلات در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام گردید. تیمارهای آزمایشی شامل محلول‌پاشی غلظت‌های مختلف آمینوکلات منیزیم (۰، ۲/۵ و ۵ میلی لیتر در لیتر) و جلبک دریایی *Sargassum angustifolium* (۰، ۱/۵ و ۳ گرم در لیتر) بود. محلول‌پاشی آمینوکلات منیزیم و جلبک دریایی در دو هفته بعد از انتقال نشاء آغاز و تا یک هفته قبل از پایان برداشت (مجموعاً ۸ هفته از ۱۱ هفته) هر هفته یکبار ادامه داشت. در طول فصل رشد و پس از اثرگذاری تیمارها، فاکتورهای رشدی و کمی مانند وزن تر

و خشک ریشه، ساقه و برگ، تعداد و سطح برگ، وزن تر کل میوه، طول و قطر میوه و کیفی مانند TSS، pH و EC عصاره میوه، اسیدیته قابل تیتراسیون، سفتی میوه و درصد ماده خشک میوه در بوته‌های خیار اندازه‌گیری شد.

یافته‌ها: نتایج اثر متقابل غلظت‌های مختلف آمینوکلات منیزیم و محلول‌پاشی جلبک دریایی نشان داد که با افزایش غلظت منیزیم تا سطح ۵ میلی‌لیتر در لیتر و جلبک دریایی تا سطح ۳ گرم در لیتر وزن تر و خشک ریشه، ساقه و برگ، تعداد و سطح برگ و وزن تر میوه افزایش معنی‌داری را به نمایش گذاشت به گونه‌ای که تیمار $Mg_3 \times S_3$ (سطح ۵ میلی‌لیتر در لیتر آمینوکلات منیزیم و ۳ گرم در لیتر عصاره جلبکی) و تیمار شاهد ($Mg_1 \times S_1$) (سطح صفر میلی‌لیتر در لیتر آمینوکلات منیزیم و صفر گرم در لیتر عصاره جلبکی) به ترتیب بیش‌ترین و کم‌ترین مقادیر شاخص‌های رشدی را به خود اختصاص دادند. افزایش سطوح عصاره جلبکی تا سطح ۳ گرم بر لیتر و غلظت آمینوکلات منیزیمی تا سطح ۵ میلی‌لیتر در لیتر سبب افزایش دو برابری وزن تر میوه در هر بوته شد. نتایج این پژوهش نشان داد که بالاترین TSS عصاره میوه در تیمار $Mg_3 \times S_3$ (۴/۷۳ درصد) و کم‌ترین آن در تیمار شاهد ($Mg_1 \times S_1$) (۲/۱۳ درصد) مشاهده گردید. یافته‌های این آزمایش نشان داد که در محلول کاهش یافته منیزیمی، هم‌زمان با افزایش سطوح عصاره جلبکی و غلظت آمینوکلات منیزیمی درصد ماده خشک میوه‌های خیار نیز افزایش یافت به گونه‌ای که کم‌ترین درصد ماده خشک میوه در تیمار $Mg_1 \times S_1$ (۲/۲۷ درصد) و بیش‌ترین میزان درصد ماده خشک میوه در تیمار $Mg_3 \times S_3$ (۴/۷۸ درصد) مشاهده گردید.

نتیجه‌گیری: یافته‌های حاصل از این آزمایش نشان داد که استفاده از آمینوکلات منیزیم احتمالاً از طریق افزایش تولید کلروفیل و عصاره جلبک دریایی از طریق بهبود بیوماس و تحریک رشد می‌تواند رشد، وزن کل میوه و خصوصیات کیفی میوه خیار را افزایش دهد. با توجه به نتایج آزمایش حاضر استفاده از مقادیر ۵ میلی‌لیتر در لیتر آمینوکلات منیزیم و ۳ گرم در لیتر عصاره جلبکی برای بهبود شاخص‌های رشدی، عملکردی و کیفی خیار گلخانه ای در شرایط کاهش یافته منیزیمی، توصیه می‌گردد.

استناد: کرمی، علی، شعبانی، ادریس، عالم‌زاده انصاری، ناصر (۱۴۰۲). اثر آمینوکلات منیزیم و جلبک دریایی (*Sargassum angustifolium*) بر بهبود خصوصیات رشدی و کیفی خیار گلخانه‌ای در محلول غذایی کاهش یافته منیزیمی. *نشریه پژوهش‌های تولید گیاهی*، ۳۲ (۴)، ۲۲-۱.

DOI: 10.22069/JOPP.2023.21396.3044

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

© نویسندگان.

مقدمه

منیزیم از عناصر ضروری در رشد گیاهان است و به‌دلیل پیوندهای یونی محکمی که با گروه‌های فسفریل تشکیل می‌دهد وظایف مهمی را در گیاهان بر عهده دارد. تعدادی از آنزیم‌های گیاه توسط منیزیم فعال می‌شوند. اولین مرحله در ساخت کلروفیل، اتصال منیزیم به ساختمان پورفیرین توسط آنزیم کاتالاز-منیزیم است و این آنزیم‌ها برای فعال شدن به ATP و منیزیم نیاز دارند (۱). هم‌چنین منیزیم دارای نقش مهمی در تقسیم‌بندی کربوهیدرات‌ها و ماده خشک تولیدی بین ریشه و شاخساره می‌باشد (۲). علاوه بر این منیزیم در سنتز ریبونوکلئیک‌اسیدها و پروتئین‌ها نقش دارد (۳).

یکی از چالش‌های اساسی تولیدکنندگان سبزی و صیفی در گلخانه‌های جنوب ایران، کمبود منیزیم به‌ویژه در اواسط فصل رشد می باشد که سبب کاهش معنی‌دار عملکرد در واحدهای تولید خیار، گوجه‌فرنگی و فلفل دلمه‌ای می شود. دلایل مختلفی هم‌چون پایین بودن کیفیت آب به‌دلیل شوری و مقادیر بالای بیکربنات به‌ویژه در میانه فصل رشد به‌دلیل رقابت شدیدی که بین برگ و بخش زایشی برای عناصر غذایی وجود دارد، سبب کاهش جذب منیزیم می‌شود. از طرف دیگر با توجه به این‌که منیزیم نسبت به سایر کاتیون‌ها مانند کلسیم، پتاسیم و سدیم رقابت‌کننده خوبی به شمار نمی‌رود (۲)؛ کاهش جذب منیزیم در این گلخانه‌ها کاملاً محسوس است. علاوه بر این، بر اساس بازدیدهای میدانی افزایش بی‌رویه و مصرف غیرمنطقی کودهای پتاسیمی در اکثر واحدهای محصولات گلخانه‌ای در فاز زایشی به‌منظور افزایش گلدهی، افزایش تعداد میوه گوجه‌فرنگی، خیار و فلفل دلمه‌ای سبب کاهش معنی‌دار منیزیم به‌ویژه در برگ‌های پایینی و میانی این محصولات می‌شود که متعاقب آن کاهش عملکرد را در این واحدها به همراه داشته است. نهایتاً این‌که در برخی از استان‌های جنوبی برخورداری از نور بالا در طول دوره رشد سبب افزایش فتوسنتز و تولید کربوهیدرات می‌گردد که نیاز بوته‌ها به منیزیم را تشدید می‌نماید، کمبود منیزیم در این شرایط سبب تجمع کربوهیدرات و عدم انتقال آن، اختلال در تثبیت دی‌اکسیدکربن، کاهش در زنجیره انتقال الکترون، تولید گونه‌های فعال اکسیژنی و نهایتاً زردی برگ‌ها می‌شود (۲). بنابراین یافتن راهکارهای عملی که به کاهش مصرف کودهای شیمیایی، کاهش هزینه‌های تولید، کاهش خطرات زیست‌محیطی، افزایش بهره‌وری، عملکرد و بهبود امنیت غذایی و کشاورزی پایدار کمک نماید، امری کاملاً ضروری به‌نظر می‌رسد.

کودهای آمینوکلات از جمله جدیدترین نوآوری‌های تغذیه گیاه در واحدهای تولید کشاورزی می‌باشند (۴). این ترکیبات بخشی از فرمول‌های نوین کودهایی هستند که بر اساس اسیدهای آمینه مختلف، سنتز می‌شوند و در سال‌های اخیر، رشد سریعی در بازار داشته‌اند. در مقایسه با کودهای معمولی در کشاورزی، آمینوکلات‌ها شکل کارآمدتری از کود هستند و به عملکرد بهتر گیاه و کاهش خطرات زیست‌محیطی منجر می‌شوند. با توجه به این‌که آمینوکلات‌ها به سرعت در بازارهای کود در بسیاری از کشورها توسعه پیدا کردند، ولی اطلاعات علمی کافی در مورد پاسخ دقیق محصولات به این نوع کودها وجود ندارد (۵). اسیدهای آمینه هم‌چنین در کشاورزی به عنوان کلات یون‌های فلزی مورد استفاده قرار می‌گیرند. عناصر کلات شده با اسیدهای آمینه، مولکول‌های بسیار کوچک و خنثی الکتریکی را تشکیل می‌دهند که جذب و انتقال آن‌ها را در گیاه تسریع می‌کند (۶). آمینواسیدها به طور مستقیم یا غیرمستقیم در افزایش رشد و عملکرد گیاهان مؤثر هستند (۷). آمینواسیدها

پیش‌سازهای فیتوهورمون‌ها و دارای نقش‌های ساختاری، متابولیکی و انتقال در گیاهان هستند (۸). به‌طورکلی اسیدهای آمینه باعث بهبود متابولیسم گیاه جهت افزایش عملکرد، افزایش کیفیت محصول، افزایش تحمل گیاه به تنش‌های غیرزیستی، تسهیل و بهبود جذب، انتقال و استفاده از مواد مغذی و هم‌چنین افزایش ویژگی‌های کیفی محصول می‌شوند (۹). یافته‌های پژوهش‌گران نشان می‌دهد که کارایی محلول‌پاشی ۲۰-۸ مرتبه بیش‌تر است و جذب آمینوکلات‌هایی که حاوی منیزیم، روی و منگنز باشند به راحتی صورت می‌گیرد. در این ترکیبات معمولاً اسیدآمینه گلایسین از دو طرف (دو بازو) یون را احاطه می‌کند و با کاهش خاصیت اکسیداسیون سبب می شود تا یون به راحتی توسط گیاه جذب و آسیمیلاته شود (۱۰).

مطالعه آذرمی و همکاران (۲۰۱۸) در بررسی اثر غلظت‌های مختلف منیزیم (۰، ۱، ۲، ۳ و ۴ میلی‌مولار) بر عملکرد خیار گلخانه‌ای نشان داد که با افزایش میزان غلظت منیزیم در محلول غذایی، عملکرد محصول خیار افزایش یافت و بالاترین میزان عملکرد خیار با کاربرد ۳ میلی‌مولار منیزیم در محلول غذایی به‌دست آمد (۱۱). محلول‌پاشی غلظت‌های مختلف منیزیم (۰، ۳۰، ۴۰ و ۵۰ میلی‌مولار) و کلسیم (۰، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ میلی مولار) در گیاه خیار نشان داد که تعداد روزهای کم‌تر تا اولین گلدهی (۳۷)، تعداد روزها تا تشکیل میوه (۴۸)، حداکثر تعداد شاخه در بوته (۵/۸۷)، تعداد چیدن در کرت (۷/۸۳)، بهترین طول میوه (۱۵/۰۴ سانتی‌متر)، قطر میوه (۴/۴۳ سانتی‌متر)، تعداد میوه در بوته (۹/۰۴) و عملکرد (۱۰/۷۹ تن در هکتار) با محلول‌پاشی ۳۰ میلی‌مولار منیزیم مشاهده شد (۱۲). هم‌چنین مطالعات دیگری درباره نقش مثبت منیزیم در رشد، عملکرد و خصوصیات فتوسنتزی و کیفی خیار، گوجه‌فرنگی، سیر، موز و اسفناج گزارش شده است (۱۳).

جلبک‌های دریایی بخشی جدایی‌ناپذیر از اکوسیستم‌های ساحلی هستند که شامل جلبک‌های دریایی ماکروسکوپی و چند سلولی هستند که معمولاً در مناطق ساحلی اقیانوس‌های جهان زندگی می‌کنند (۱۴). عصاره جلبک دریایی غیرسمی، غیر آلاینده و بی‌خطر برای انسان، حیوانات و محیط‌زیست می‌باشد (۱۵). یکی از مهم‌ترین انواع جلبک‌های دریایی جلبک دریایی قهوه‌ای سارگاسوم می‌باشد. این جلبک به دلیل دارا بودن تنظیم‌کننده‌های رشد مانند اکسین، سیتوکنین و جیبرلین، ویتامین‌ها و عناصر پر مصرف مانند نیتروژن، فسفر، منیزیم، پتاسیم، کلسیم و عناصر کم‌مصرف باعث بهبود رشد و عملکرد گیاهان می‌گردد و هم‌چنین در جوانه‌زنی بذور و رشد گیاهچه اثر مثبت دارد (۱۶). استفاده از عصاره جلبک دریایی در خاک یا محلول‌پاشی آن سبب افزایش کلروفیل، بهبود کارایی فتوسنتز و جذب مواد مغذی توسط گیاهان، حفظ آب و به‌طورکلی سبب افزایش مقاومت گیاهان به تنش‌های زنده و غیر زنده می‌شود (۱۷). با توجه به موارد مطرح شده، پژوهش حاضر سعی دارد تا با استفاده از آمینوکلات‌های منیزیمی و عصاره جلبک‌های دریایی بومی خلیج‌فارس، علاوه بر کاهش مصرف کود راهکاری عملی به منظور بهبود رشد و کیفیت میوه خیار گلخانه‌ای در شرایط محلول‌های غذایی کاهش یافته منیزیمی ارائه نماید.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در پاییز و زمستان ۱۴۰۱ در گلخانه آموزشی-پژوهشی دانشگاه شهید چمران اهواز (با موقعیت جغرافیایی ´۲۰ °۳۱ عرض شمالی و ´۴۱ °۴۸ طول شرقی و با حدود ۲۰ متر ارتفاع از سطح آب‌های آزاد) به صورت طرح اسپلیت‌پلات در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار (دو بوته مشاهده در هر تکرار) انجام گردید. جوانه‌زنی بذور

خیار رقم Strongsun محصول شرکت رکزوان هلند (var. Strongsun, Rijk Zwaan©, Netherland) در شرایط اتاق و در داخل پتری‌دیش انجام پذیرفت. در مرحله بعد بذرهای جوانه زده در لیوان‌های یکبار مصرف حاوی کوکوپیت-پرلیت (۷۵:۲۵) به منظور تولید نشاء قرار گرفتند. تولید نشاء در این مرحله در یک اتاق با متوسط دمای ۲±۲۵ ^{o}C روز و ۲±۱۸ ^{o}C شب، رطوبت نسبی ۵±۴۵ و لامپ LED با ترکیب ۴۸ لامپ سفید (دو شاخه ۲۴ تایی)، ۲۴ لامپ قرمز و ۶ لامپ آبی (دو شاخه و هر شاخه با نسبت ۴:۱ قرمز به آبی) با فاصله ۳۰ سانتی‌متری از سطح نشاء (شدت نور ۲۰±۲۵۰ µmol/m^{2}s) انجام پذیرفت. نشاها در مرحله ۴-۳ برگ حقیقی به گلخانه و به گلدان‌های پلاستیکی ۷ لیتری با نسبت ۷۵:۲۵ کوکوپیت به پرلیت انتقال یافتند. شستشوی بسترهای کشت توسط آب تصفیه و ضدعفونی گلدان‌ها و بسترها توسط محلول پرسیدین ۱ درصد انجام پذیرفت. گلدان‌ها به ترتیب با فاصله بوته و ردیف ۴۰ و ۷۰ سانتی متر و با تراکم حدود ۳/۵ بوته در مترمربع در فضای گلخانه قرار گرفتند. جهت تغذیه بوته‌ها از محلول غذایی رش مخصوص خیار (Resh, 2013) با تقلیل ۵۰ درصدی منیزیم و از مقادیر غلظتی (N: 140، P: 50، K: 350، Ca: 200، Mg: 25، S: 150، Fe: 3، Mn: 0.8، B: 0.3، Zn: 0.1، Cu: 0.07 و Mo: 0.03 ppm) استفاده گردید. خصوصیات آب تصفیه مورد استفاده شامل EC=۰/۲ dS/m، pH=۷/۱ و Mg=۵، K=۱/۹۵ mg/L، فسفر و نیتروژن مقادیر ناچیزی بود که صفر در نظر گرفته شد. مقادیر ذکر شده در محاسبات تغذیه گیاه لحاظ گردید. تغذیه با مقادیر ۳۰۰ میلی‌لیتر از محلول غذایی در ابتدای فصل رشد آغاز گردید و تا سطوح ۵۰۰، ۷۰۰ و نهایتاً ۱۰۰۰ میلی‌لیتر به ازای هر بوته با توجه با مرحله رشدی افزایش یافت. درصد زهکش نیز ۲۰ درصد در نظر گرفته شد. هم‌چنین pH محلول غذایی توسط اسید سولفوریک ۹۸ درصد در محدود ۶ تنظیم گردید و EC محلول غذایی نیز در حدود ۲ dS/m بوده است. تغذیه بوته‌های خیار از ساعت ۸ صبح تا ۱۸ عصر به‌طور روزانه و هر دو ساعت یکبار با دریپرهای با دبی ۲ لیتر بر ساعت انجام گردید. متوسط شدت نور در گلخانه ذکر شده در محدوده µ mol/m^{2}s ۲۰±۸۲۰ بوده است. تیمارهای آزمایشی شامل محلول‌پاشی غلظت‌های مختلف آمینوکلات منیزیم (۰، ۲/۵ و ۵ میلی لیتر در لیتر) و جلبک دریایی *Sargassum angustifolium* (۰، ۱/۵ و ۳ گرم در لیتر) بود.

محلول‌پاشی آمینوکلات منیزیم و جلبک دریایی در دو هفته بعد از انتقال نشاء آغاز و تا یک هفته قبل از پایان برداشت (مجموعاً ۸ هفته از ۱۱ هفته) هر هفته یکبار ادامه داشت. برای پژوهش حاضر آمینو کلات منیزیم توسط شرکت دانش بنیان زیست فناوران نوین رادمهر© با نام زیفان® طراحی گردید. آمینوکلات مورد استفاده دارای ۴ درصد منیزیم و حدود ۱۰ نوع اسید آمینه ضروری است که به صورت دو بازو با یکدیگر پیوند خورده بودند. به منظور محلول‌پاشی آمینوکلات منیزیم و جلبک دریایی به‌ازای هر تیمار ۱۵۰ میلی لیتر از هر محلول روی بوته‌های مختص هر تیمار اسپری گردید. برای تهیه عصاره جلبک‌دریایی ابتدا جلبک *S. angustifolium* از سطح آب‌های خلیج‌فارس-شهرستان بوشهر جمع‌آوری و پس از تأیید توسط مرکز تحقیقات زیست‌فناوری دریایی خلیج فارس به آزمایشگاه منتقل گردید. به منظور حذف ناخالصی‌ها، عملیات شستشو چندین بار با آب مقطر انجام پذیرفت. نمونه‌های جلبک دریایی در شرایط آزمایشگاهی هوا خشک و توسط آسیاب برقی پودر گردیدند. ۳۰ گرم پودر جلبک دریایی با ۳۰۰ میلی‌لیتر اتانول ۷۰ درصد

مخلوط و به مدت ۲۴ ساعت در دمای اتاق روی شیکر قرار گرفت. پس از عبور عصاره از کاغذ صافی، نمونه‌ها برای حذف اتانول در دستگاه روتاری قرار داده شدند. مایع رویی حاوی عصاره جلبک دریایی در آون با دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد خشک گردید و غلظت‌های مورد نظر از جلبک دریایی با استفاده از آن تهیه گردید (۱۸).

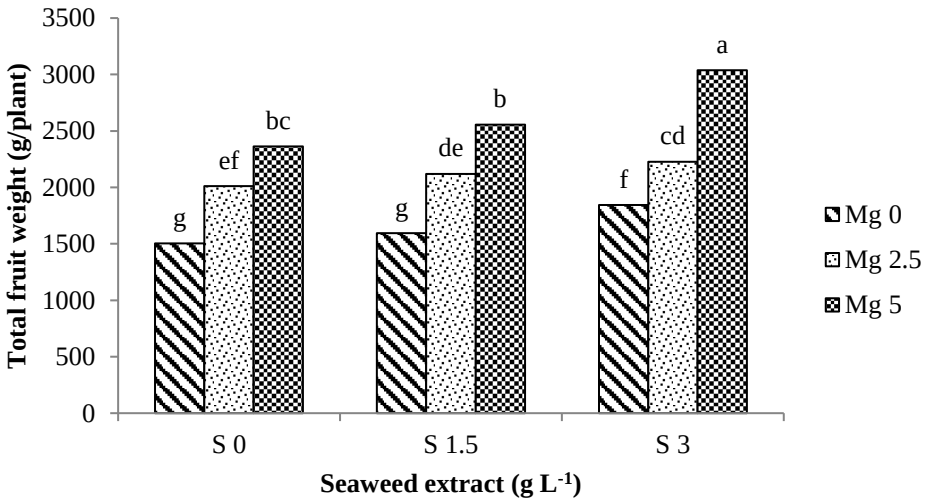
در طول فصل رشد و پس از اثرگذاری تیمارها، فاکتورهای رشدی و کیفی در بوته‌های خیار اندازه‌گیری شد. نهایتاً در انتهای فصل رشد (۱۱ هفته پس از کاشت نشاء)، نمونه‌برداری از گیاهان جهت اندازه‌گیری سایر پارامترهای کمی و کیفی انجام گردید. در این راستا پس از اتمام آزمایش، بوته‌ها از گلدان خارج و ریشه، ساقه و برگ از یکدیگر جدا گردید. وزن تر و خشک ریشه، ساقه، برگ و تعداد برگ به‌صورت جداگانه به ازای هر تیمار یادداشت گردید. به‌منظور خشک‌کردن اندام‌های مختلف گیاهی، نمونه‌ها در پاکت کاغذی و در آون ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۷۲ ساعت قرار گرفتند و بلافاصله نمونه‌های خشک‌شده با ترازوی دیجیتالی دو رقم اعشار توزین و ثبت گردیدند. سطح برگ در بوته‌های هر تیمار توسط دستگاه سطح‌برگ سنج (Delta-T Divises LTD, UK) اندازه‌گیری گردید. وزن کل میوه هر بوته از تجمیع وزن میوه‌های برداشت شده در طول دوره رشد به‌دست آمد. طول و قطر میوه توسط کولیس دیجیتالی و مواد جامد محلول میوه (TSS) توسط دستگاه رفرکتومتر دیجیتالی (Atago, A-PAL-1, Japan) به ازای ۱۰ میوه از هر بوته اندازه‌گیری و میانگین آن‌ها ثبت گردید. اسیدیته کل میوه به روش تیتراسیون با استفاده از محلول هیدروکسید سدیم اندازه‌گیری شد (۱۰). بدین منظور جهت انجام تیتراسیون حدود ۱۰ گرم از گوشت له‌شده آبدار میوه را برداشته و به ارلن مایر منتقل شد. در ادامه ۹۰ میلی‌لیتر آب مقطر به آن اضافه شد تا حجم آن به ۱۰۰ میلی‌لیتر برسد. این محلول کاملاً بهم زده شد و چند قطره فنل فتالئین به آن اضافه شد. مقدار ۵۰ میلی‌لیتر از آن را برداشته و به ارلن انتقال یافت. سپس محلول هیدروکسید ۰/۱ نرمال را به بورت اضافه کرده و ارلن مایر را زیر بورت قرار داده و به تدریج شیر آن باز گردید. زمانی که رنگ صورتی ظاهر و چند ثانیه دوام آورد، تیتراسیون پایان یافته و حجم سود مصرفی ثبت گردید. با استفاده از وزن نمونه، حجم سود مصرفی، حجم اولیه و نهایی استفاده شده برای تیتراسیون میزان اسیدیته بر حسب میلی‌گرم اسید مالیک در ۱۰۰ گرم وزن تر میوه گزارش گردید (۱۰). اندازه‌گیری pH و EC عصاره میوه به ترتیب با استفاده از دستگاه pHمتر و ECمتر دیجیتالی انجام گردید. به منظور اندازه‌گیری EC و pH عصاره میوه حدود ۱۰ گرم از گوشت میوه در هاون کوبیده و با آب مقطر به حجم ۱۰۰ میلی‌لیتر رسانده خواهد شد و پس از صاف کردن مقادیر آن ها توسط دستگاه EC متر و pH متر قرائت و گزارش خواهد شد (۱۰). سفتی بافت میوه توسط دستگاه سفتی‌سنج (Santam, STM-1, Iran) اندازه‌گیری و با پروپ ۱۱ میلی‌متری و با سرعت ۰/۵ میلی‌متر در ثانیه اندازه‌گیری شد. به منظور محاسبه درصد ماده خشک میوه مقدار ۱۰۰ گرم از بافت تر میوه تا زمان تثبیت وزن خشک (۴۸ ساعت) در آون با دمای ^{o}C ۷۰ قرار گرفت و از تقسیم وزن خشک بر وزن تر ضربدر ۱۰۰ مقدار ماده خشک میوه بر حسب درصد محاسبه و ثبت گردید (۱۰). در پایان آزمایش داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و مقایسه میانگین تیمارها در سطح احتمال ۵ درصد با آزمون چنددامنه‌ای دانکن انجام گردید. نمودار نیز به کمک نرم‌افزار Excell رسم گردید.

نتایج و بحث

یافته‌های این پژوهش نشان داد که تمام صفات رشدی و رویشی خیار (به غیر از وزن تر ریشه در اثرات متقابل) تحت‌تأثیر اثرات اصلی و متقابل غلظت‌های مختلف آمینوکلات منیزیم و عصاره جلبک دریایی در سطح یک درصد معنی‌دار بودند (جدول ۱). نتایج اثرات اصلی آمینوکلات منیزیم نشان داد که با افزایش غلظت منیزیم وزن تر و خشک ریشه، ساقه و برگ، تعداد و سطح برگ افزایش معنی‌داری را نشان داد؛ به گونه‌ای که تیمار شاهد منیزیمی (تیمار صفر) کم‌ترین و تیمار ۵ میلی‌لیتر در لیتر بیش‌ترین مقادیر رشدی و رویشی را به خود اختصاص دادند (جدول ۲). هم‌چنین نتایج این آزمایش نشان داد که با افزایش سطوح محلول‌پاشی عصاره جلبک دریایی تا سطح ۳ گرم در لیتر مقادیر وزن تر و خشک ریشه، ساقه و برگ و هم‌چنین تعداد و سطح برگ افزایش قابل‌توجهی را در قیاس با تیمار شاهد نشان داد (جدول ۲).

نتایج اثر متقابل غلظت‌های مختلف آمینوکلات منیزیم و محلول‌پاشی جلبک دریایی نشان داد که با افزایش غلظت منیزیم تا سطح ۵ میلی‌لیتر در لیتر و جلبک دریایی تا سطح ۳ گرم در لیتر وزن خشک ریشه، وزن تر و خشک ساقه و برگ افزایش معنی‌داری را به نمایش گذاشت به گونه‌ای که به‌ترتیب تیمار $Mg_3 \times S_3$ (سطح ۵ میلی‌لیتر در لیتر آمینوکلات منیزیم و ۳ گرم در لیتر عصاره جلبکی) و تیمار شاهد ($Mg_1 \times S_1$) بیش‌ترین (به ترتیب ۸/۹۶، ۱۱۸/۵۳، ۸/۱۷، ۵۴۷/۶۰ و ۶۱/۹۷ گرم) و کم‌ترین (۲/۶۸، ۷۱/۲۴، ۴/۷۳، ۱۸۱/۲۰ و ۱۵/۷۳ گرم) مقادیر شاخص‌های رشدی را به خود اختصاص دادند (جدول ۲). بررسی تعداد برگ‌های خیار تحت‌تأثیر غلظت‌های مختلف آمینوکلات منیزیم و محلول‌پاشی جلبک دریایی نشان داد که تیمار $Mg_3 \times S_3$ در قیاس با تیمار شاهد سبب افزایش دو برابری این شاخصه گردید (جدول ۲). علاوه بر این، در قیاس با تیمار شاهد ($Mg_1 \times S_1$)، افزایش ۱۱۴/۷۸ درصدی در مقدار سطح برگ بوته‌های خیار با استفاده از تیمار $Mg_3 \times S_3$ مشاهده گردید (جدول ۲). نتایج اثر متقابل غلظت‌های مختلف آمینوکلات منیزیم و محلول‌پاشی جلبک دریایی نشان داد که در هر یک از سطوح مجزای آمینوکلات منیزیم، استفاده از عصاره جلبکی سبب بهبود خصوصیات رویشی خیار گردید به‌گونه‌ای که تنها در تیمار ۵ میلی‌لیتر در لیتر آمینوکلات منیزیمی افزایش غلظت عصاره جلبک دریایی از صفر به ۳ گرم در لیتر به‌ترتیب سبب افزایش ۱۶/۳۸، ۴۳/۸۲، ۱۳/۵۸، ۲۲/۳۰، ۱۳/۰۵، ۳۹/۱۳، ۶۱/۵۵ و ۴۰/۵۲ درصد وزن تر و خشک ریشه، وزن تر و خشک ساقه، وزن تر و خشک برگ، تعداد و سطح برگ گردید (جدول ۲). هم‌چنین نتایج نشان داد که بهبود شاخص‌های رشدی و رویشی خیار در تیمارهای آمینوکلات منیزیمی به ترتیب الویت در تیمارهای ترکیبی $Mg_3S > Mg_2S > Mg_1S$ مشاهده گردید (جدول ۲). یافته‌های این پژوهش نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین پایین ترین سطح آمینوکلات منیزیم و بالاترین سطح عصاره جلبکی ($Mg_1 \times S_3$) با تیمارهای میانه آمینوکلات منیزیم و سطح صفر عصاره جلبکی ($Mg_2 \times S_1$) در صفاتی مانند وزن تر و خشک ریشه، وزن تر ساقه، وزن تر و خشک برگ وجود ندارد که می‌تواند از نتایج قابل‌توجه این آزمایش باشد (جدول ۲). هم‌چنین بررسی صفاتی مانند وزن تر ساقه و وزن خشک برگ نتایج مشابهی را در تیمارهایی مانند $Mg_2 \times S_3$ و $Mg_3 \times S_1$ نشان داد (جدول ۲). عدم اختلاف معنی‌دار تعداد و سطح برگ بوته‌های خیار در غلظت ۵ میلی‌لیتر در لیتر آمینوکلات منیزیم و محلول‌پاشی ۱/۵ و ۳ گرم در لیتر عصاره جلبکی یکی دیگر از نتایج دارای اهمیت این پژوهش است (جدول ۲).

اثرات اصلی آمینوکلات منیزیم و عصاره جلبک دریایی *S. angustifolium* بر وزن میوه‌های بوته خیار نشان داد که هم اثر آمینوکلات منیزیم و هم جلبک دریایی در سطح احتمال ۱ درصد بر وزن تر کل میوه‌ها معنی‌دار بود (جدول ۱). هم‌چنین نتایج اثر متقابل آمینوکلات منیزیم و عصاره جلبک دریایی *S. angustifolium* بر وزن میوه‌های بوته خیار در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). نتایج این پژوهش نشان داد که همزمان با افزایش سطوح عصاره جلبکی و غلظت آمینوکلات منیزیمی وزن تر میوه بوته‌های خیار نیز افزایش یافت به گونه‌ای که کم‌ترین میزان وزن تر میوه در تیمار $Mg_1 \times S_1$ و بیش‌ترین میزان وزن تر میوه در تیمار $Mg_3 \times S_3$ مشاهده گردید که در مقایسه با تیمار شاهد سبب افزایش دو برابری وزن تر میوه شد (شکل ۱). بعد از تیمار $Mg_3 \times S_3$، بیش‌ترین میزان وزن کل میوه در غلظت ۵ میلی لیتر بر لیتر آمینوکلات منیزیم و غلظت‌های ۱/۵ و صفر گرم بر لیتر عصاره جلبکی مشاهده گردید که نشان از تأثیر مثبت آمینوکلات منیزیم در تیمارهای با سطوح مختلف عصاره جلبکی دارد (شکل ۱).



شکل ۱- اثر محلول‌پاشی همزمان غلظت‌های مختلف آمینوکلات (Mg) منیزیم و عصاره جلبک دریایی *Sargassum angustifolium* (S) بر وزن تر کل میوه‌ها در هر بوته خیار در تیمارهای کاهش یافته منیزیمی.

Fig. 1. The effect of simultaneous foliar spraying of different concentrations of Mg-aminochlate (Mg) and seaweed extract of *Sargassum angustifolium* (S) on total fruit weight in each cucumber plant in Mg-deficient solutions.

جدول ۱- تجزیه واریانس اثر آمینوکلات منیزیم و عصاره جلبک دریایی (*Sargassum angustifolium*) بر خصوصیات رشدی و رویشی خیار در محلول غذایی کاهش یافته منیزیمی.

Table 1. Variance analysis of the effect of Mg- aminochlate and seaweed extract (*Sargassum angustifolium*) on growth and vegetative characteristics of cucumber in reduced magnesium nutrient solution.

وزن تر کل میوه Total fruit weight	سطح برگ Leaf area	تعداد برگ Number of leaf	وزن خشک برگ Leaf dry weight	وزن تر برگ Leaf fresh weight	وزن خشک ساقه Stem dry weight	وزن تر ساقه Stem fresh weight	وزن خشک ریشه Root dry weight	وزن تر ریشه Root fresh weight	درجه آزادی df	منابع تغییر S.O.V
11214.69^{ns}	38794.6^{ns}	2.25 ^{ns}	0.33^{ns}	13.37 ^{ns}	0.006^{ns}	1.16^{ns}	0.017 ^{ns}	0.015 ^{ns}	2	Block
393811.84**	33441166.8**	903.37**	505.62**	31002.69**	4.50**	559.53**	12.84**	280.62**	2	Seaweed extract (S)
7136.87	24840.5	2.48	0.516	56.03	0.008	1.73	0.013	1.70	4	Error a
22277639.81**	79753452.8**	2762.92**	1981.94**	127822.27**	10.36**	2476.82**	38.64**	1730.59**	2	Mg-aminochlate (Mg)
47940.55**	2708829.0**	163.81**	54.46**	3643.42**	0.22**	12.42**	0.25**	4.21 ^{ns}	4	Mg×S
12221.01	200193.9	11.18	0.31	24.63	0.005	1.04	0.034	1.46	12	Error b
5.16	3.87	7.53	1.42	1.32	1.08	1.05	3.20	2.24	-	CV (%)

^{ns}، * و ** به‌ترتیب عدم معنی‌داری و معنی‌داری در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

^{ns}, * and ** respectively non-significant and significant at the 5% and 1% probability level

جدول ۲- اثرات اصلی و متقابل آمینوکلات منیزیم و عصاره جلبک دریایی (*Sargassum angustifolium*) بر خصوصیات رشدی و رویشی خیار در محلول غذایی کاهش یافته منیزیمی.

Table 2. The main and interaction effects of Mg-aminochlate and seaweed extract *(Sargassum angustifolium*) on the growth and vegetative characteristics of cucumber in reduced magnesium nutrient solution.

سطح برگ Leaf area (cm^2)	تعداد برگ Number of leaf	وزن خشک برگ Leaf dry weight (g $plant^{-1}$)	وزن تر برگ Leaf fresh weight (g $plant^{-1}$)	وزن خشک ساقه Stem dry weight (g $plant^{-1}$)	وزن تر ساقه Stem fresh weight (g $plant^{-1}$)	وزن خشک ریشه Root dry weight (g $plant^{-1}$)	وزن تر ریشه Root fresh weight (g $plant^{-1}$)	تیمار Treatment
								Mg aminochlate (ml L^{-1})
8257.2 c	25.77 c	24.63 c	253.24 c	5.43 c	79.43 c	3.61 c	40.38 c	0 (Mg_1)
12346.1 b	46.88 b	40.07 b	379.09 b	6.84 b	98.92 b	5.94 b	52.76 b	2.5 (Mg_2)
14049.3 a	60.55 a	54.30 a	491.46 a	7.53 a	112.36 a	7.74 a	68.07 a	5 (Mg_3)
								Seaweed extract (g L^{-1})
9338.2 c	33.00 c	32.39 c	317.90 c	5.82 c	88.69 c	4.51 c	48.04 c	0 (S_1)
12447.2 b	48.44 b	39.25 b	370.96 b	6.77 b	97.61 b	5.88 b	53.98 b	1.5 (S_2)
12867.0a	51.77 a	47.36 a	435.10 a	7.21 a	104.41 a	6.89 a	59.20 a	3 (S_3)
								Mg×S
7260.2 g	23.33 f	15.73 g	181.20 h	4.73 h	71.24 g	2.68 g	33.47	$Mg_1 \times S_1$
8684.6 f	27.66 ef	21.69 f	227.29 g	5.29 g	77.78 f	3.41 f	40.86	$Mg_1 \times S_2$
8826.7 f	26.33 ef	36.48 e	351.23 f	6.26 e	89.26 e	4.73 e	46.83	$Mg_1 \times S_3$
9567.3 e	32.33 e	36.90 e	353.38 f	6.06 f	90.48 e	4.63 e	47.43	$Mg_2 \times S_1$
13200.7 c	49.33 c	39.68 d	377.43 e	7.26 c	100.84 d	6.21 d	53.67	$Mg_2 \times S_2$
14180.3 b	59.00 b	43.64 c	404.46 d	7.19 c	105.44 c	6.99 c	57.20	$Mg_2 \times S_3$
11097.3 d	43.33 d	44.54 c	419.12 c	6.68 d	104.35 c	6.23 d	63.21	$Mg_3 \times S_1$
15456.4 a	68.33 a	56.39 b	507.66 b	7.75 b	114.21 b	8.03 b	67.43	$Mg_3 \times S_2$
15594.1 a	70.00 a	61.97 a	547.60 a	8.17 a	118.53 a	8.96 a	73.57	$Mg_3 \times S_3$

در هر ستون میانگین‌های با حروف مشابه اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد ندارند

In each column, the averages with the same letters do not have a significant difference at the 5% probability level

نتایج هولادار و همکاران (۲۰۱۴) در محلول‌پاشی غلظت‌های مختلف منیزیم و استفاده از باکتری‌های حل‌کننده فسفات نشان داد که منیزیم و باکتری‌های حل‌کننده فسفات به‌طور قابل‌توجهی سبب افزایش طول بوته ساقه، تعداد شاخه، سطح کل برگ، وزن خشک کانوپی در هر بوته، محتوای رنگدانه‌های برگ، قندهای محلول، پرولین آزاد، عناصری مانند N، P، K، Mg و Ca در نخودفرنگی گردید (۱۹). هم‌چنین نشان داده شد که باکتری‌های حل‌کننده فسفات و منیزیم اثرات خوبی بر محصول نخودفرنگی کشت شده در خاک آهکی شنی دارند و می‌توانند عملکرد غلاف سبز و دانه را افزایش دهند. یافته‌های لاسا و همکاران (۲۰۰۰) در آفتابگردان نشان داد که غلظت صفر میلی‌مولار منیزیم ۴۰ تا ۵۰ درصد از زیست‌توده اندام هوایی را در مقایسه با تیمار دارای منیزیم کافی، کاهش داد که با یافته‌های این پژوهش مطابقت دارد. در این پژوهش، بهبود خصوصیات رشدی گیاه مانند وزن تر و خشک اندام‌های رویشی تحت افزایش

غلظت منیزیم نسبت به تیمار صفر منیزیم مشاهده گردید (۲۰). در حالی‌که، افزایش ماده خشک برگ در تیمار صفر منیزیم و عدم معنی‌داری درصد ماده خشک ساقه خیار در غلظت‌های مختلف منیزیم محلول غذایی توسط آذرمی و همکاران (۲۰۱۸) گزارش گردید که با یافته‌های مطالعه حاضر همخوانی ندارد (۱۱). تیمارهای با غلظت پایین منیزیم و جلبک دریایی نه تنها نسبت به سایر تیمارها از تعداد و سطح برگ کم‌تری برخوردار بودند، بلکه درجات مختلفی از کلروز و نکروز شدن بافت‌های برگی را در قسمت‌های میانی بوته خیار به نمایش گذاشتند. کاهش قابل‌توجه در غلظت کلروفیل برگ‌های با کمبود منیزیم به طور گسترده گزارش شده است (۲۱، ۲۲). یک دلیل برای محتوای کلروفیل بالاتر تحت عرضه کافی منیزیم می‌تواند افزایش تولید کلروفیل و پروتئین‌های مرتبط با کلروفیل باشد. یافته‌های علمی نشان می‌دهد که که ظهور علائم کلروز و نکروز در برگ‌های کمبود منیزیم با تخریب کلروفیل به دلیل اکسیداسیون نوری و تجمع قند و نشاسته محلول در برگ‌های منبع همراه است. هم‌چنین این امر با کاهش بیش از حد زنجیره انتقال الکترون فتوسنتزی سبب تشکیل گونه‌های فعال اکسیژنی می شود (۲۳). نکروز برگ در تیمار صفر منیزیم را می توان به افزایش تولید گونه‌های فعال اکسیژنی نسبت داد (۲۴). علاوه بر این، لیانگ و همکاران (۲۰۰۰) نشان دادند که حداکثر بازده فتوشیمیایی تحت تنش کمبود منیزیم در نهال‌های کاج تا حد زیادی کاهش می‌یابد (۲۵).

یافته‌های سیلسپور (۲۰۲۱) در خیار گلخانه‌ای رقم سوپرسلطان نشان داد که استفاده از آمینوکلات‌ها سبب افزایش تعداد میوه در بوته، عملکرد و شاخص کلروفیل برگ می شود (۲۶). در مطالعات دیگر نیز تأثیر مثبت آمینوکلات‌ها در بهبود شاخص‌های رشدی و نموی گیاه (۷) افزایش عملکرد و اجزای عملکرد سیر (۲۷) گزارش شده است. یافته‌های شهاتا و همکاران (۲۰۱۶) در خیار گلخانه‌ای نشان داد که استفاده از غلظت دو گرم بر لیتر آمینواسید سبب افزایش وزن متوسط آن از ۷۲ به ۸۶ گرم و عملکرد بوته از ۸/۹ به ۱۴/۱ کیلوگرم در مترمربع گردید (۲۸). استفاده از اسیدهای آمینه به عنوان محرک رشد سبب افزایش شدت رشد گیاه و جذب عناصر غذایی و افزایش تحمل به تنش می‌شود و از این طریق سبب افزایش عملکرد گیاهان می‌شود (۲۶، ۲۹). آمینواسیدها به‌عنوان جزیی از ساختار پروتئین‌ها سهم به‌سزایی در ساخت کلروفیل و بافت‌های گیاهی ایفا می‌کند و از این طریق موجبات افزایش عملکرد را فراهم می‌سازند (۳۰). افزایش سنتز پروتئین و آنزیم، افزایش جذب نیتروژن و افزایش کلروفیل متأثر از استفاده آمینواسیدها سبب بهبود رشد و عملکرد گیاهان می‌گردد (۳۱). افزایش جذب عناصر پرمصرف مانند نیتروژن، فسفر و پتاسیم و عناصر کم‌مصرف مانند آهن و روی سبب بهبود عملکرد گیاه خیار تحت‌تأثیر استفاده از آمینوکلات‌ها شده است (۲۶). مطابق نتایج هوکینگ و ماسون (۱۹۹۳) مصرف منیزیم و پتاسیم در گیاه سویا، تعداد دانه در غلاف را افزایش داد و از طریق ایجاد مخزنی بزرگ‌تر برای جذب مواد فتوسنتزی عملکرد را بالا برد (۳۲). کاهش فتوسنتز و عملکرد در شرایط کمبود منیزیم، به نقش منیزیم در ساختار کلروفیل مرتبط می‌باشد (۱۱). کمبود منیزیم ابتدا سبب کاهش غلظت کلروفیل b و به دنبال آن سبب کاهش غلظت کلروفیل a برگ می‌شود که نهایتاً کاهش عملکرد را به همراه خواهد داشت (۳۳).

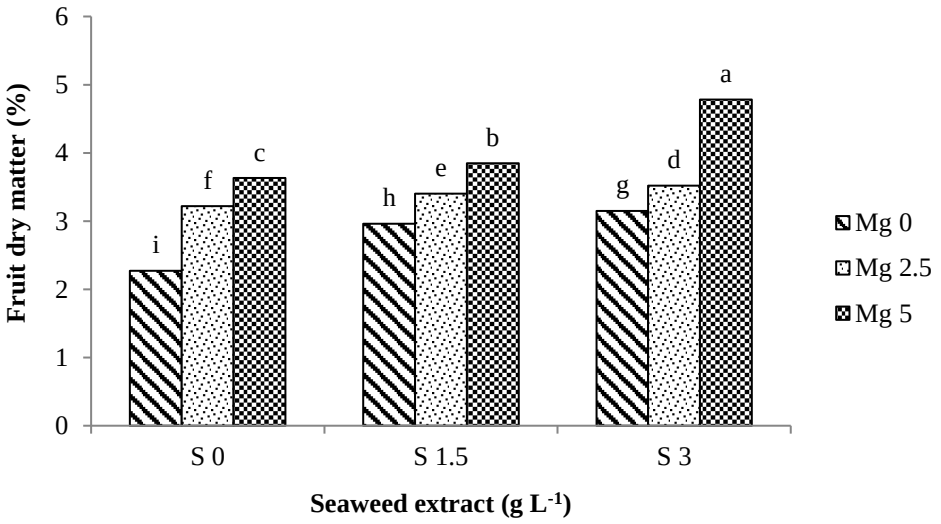
با توجه به نتایج پژوهش‌گران، استفاده از عصاره جلبک دریایی به عنوان محلول‌پاشی در حال حاضر بسیار مفید و سودمند است زیرا می‌تواند رشد رویشی و عملکرد را در محصولاتی مانند غلات، سبزیجات

برگدار، خیار، گوجه‌فرنگی و فلفل افزایش دهد (۳۴، ۳۵، ۳۶). یافته‌های این پژوهش نشان داد که استفاده از عصاره جلبک دریایی به‌دست‌آمده از *S. angustifolium* باعث افزایش پارامترهای رشد و وزن کل میوه شد. نتایج مشابهی توسط حسن و همکاران (۲۰۲۱) و آشور و همکاران (۲۰۲۰) گزارش شده است (۳۷، ۳۸). این مطالعات نشان داد که عصاره جلبک دریایی با مقادیر کافی مواد مغذی، عناصر کمیاب، ویتامین‌ها، فیتوهورمون‌ها، اسیدهای آسکوربیک و بسیاری دیگر از ترکیبات زیست‌فعال می‌تواند رشد و عملکرد گیاه خیار را افزایش دهد. استفاده از عصاره جلبک دریایی باعث بهبود پاسخ‌های فیزیولوژیکی گیاه مانند تحریک جذب عناصر غذایی، ایجاد سیستم ریشه‌ای قوی و افزایش سطح برگ، زیست‌توده، فتوسنتز و عملکرد می‌شود و گزینه مناسبی برای به حداقل رساندن استفاده از کودهای معمولی است (۳۹). یافته‌های پژوهش‌گران نشان داد که محتوای پتاسیم در عصاره جلبک دریایی به طور مثبت فتوسنتز، رشد مریستم و محتوای آب را در گیاهان تیمار شده افزایش می‌دهد. علاوه بر این، محتوای فسفر تکثیر ریشه را فعال و نسبت ریشه به ساقه را افزایش می‌دهد. هم‌چنین، کلسیم موجود در عصاره جلبک دریایی به افزایش طول سلول، پایداری سلولی و فعال شدن آنزیم در گیاهان تیمار شده و منیزیم موجود در آن به در ساخت کلروفیل و بهبود فتوسنتز کمک می‌کند (۴۰). یافته‌های ژو و لسکوار (۲۰۱۵) نشان داد که کاربرد عصاره جلبک دریایی در گیاه اسفناج با بهبود روابط آب برگ، حفظ فشار تورگ سلولی و کاهش محدودیت روزنه منجر به سطح برگ بزرگ و سرعت فتوسنتزی بالا شد (۴۱). تحریک رشد سیستم ریشه توسط عصاره جلبک دریایی ممکن است ناشی از عمل هورمون‌های گیاهی مانند اکسین‌ها و سیتوکینین‌ها باشد. این ترکیبات در شروع توسعه جانبی ریشه مهم هستند و هم‌چنین باعث افزایش زیست‌توده کل ریشه می‌شوند (۴۲). تغییر در مورفولوژی ریشه یکی از مکانیسم‌های اصلی عصاره جلبک دریایی است که بر جذب مواد مغذی تأثیر می‌گذارد. یافته‌های رافائل و همکاران (۲۰۱۰) نشان داد که افزایش تولید زیست‌توده و عملکرد محصول خیار گلخانه‌ای با استفاده از عصاره جلبک دریایی می‌تواند قابل انتظار باشد؛ زیرا گیاهانی که با عصاره جلبک دریایی تیمار شده‌اند، ظرفیت بیشتری برای حفظ نرخ فتوسنتز خالص بالا و ترکیبات غذایی بهتری (شامل غلظت بالایی از فسفر، پتاسیم، منیزیم، آهن، روی و منگنز) نسبت به گیاهان تیمار نشده دارند (۴۳). به نظر می‌رسد که در اثرات متقابل این آزمایش، تغییرات مثبت ایجاد شده در قطر میوه، وزن کل مبوه خیار، بیش‌تر از آن که تحت‌تأثیر تغییرات در ساختار ریشه باشد تحت‌تأثیر عناصر جذب شده مانند پتاسیم، منیزیم، اسیدهای آمینه آزاد مانند لیزین، گلیسین، اسپارتیک اسید و غیره، اسیدهای چرب مفید، هورمون‌ها و پیش‌هورمون‌ها می‌باشد (۴۴). مانینو و همکاران (۲۰۲۰) گزارش دادند که بهبود بهره‌وری گیاهان گوجه‌فرنگی تحت کاربرد عصاره جلبک دریایی می‌تواند به مولکول‌های سیگنال‌دهی شامل پلی‌ساکاریدها (آلژینات ها، فوکویدان و لامینارین‌ها)، پپتیدهای محلول (۴۵)، افزایش بیوسنتز فیتوهورمونال درون‌زا (فعالیت‌های شبه اکسین و/یا جیبرلین) (۳۵، ۴۶) الیگوپپتیدها و اسیدهای آمینه آزاد که حدود ۳۰ تا ۴۰ درصد از جلبک (بر اساس وزن خشک) دریایی را تشکیل می‌دهند و در نتیجه افزایش عملکرد محصول مرتبط باشند.

نتایج این آزمایش در خصوصیات کمی و کیفی میوه خیار نشان داد که اثر اصلی غلظت‌های مختلف آمینوکلات منیزیم به غیر از صفت TSS و درصد ماده خشک ($P\leq ۰/۰۱$)، بر سایر صفات مانند طول و قطر

میوه، اسیدیته، EC و pH عصاره میوه و سفتی بافت خیار تأثیر معنی‌داری نداشت (جدول ۳). هم‌چنین یافته‌های این پژوهش نشان داد که اثر غلظت‌های مختلف عصاره جلبک‌دریایی تنها بر قطر، TSS و درصد ماده خشک میوه در سطح احتمال ۱ درصد و بر pH عصاره میوه در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بوده است و بر سایر صفات کمی و کیفی اندازه‌گیری شده در میوه خیار تأثیر معنی‌داری نداشته است (جدول ۳).

نتایج اثر متقابل تیمارها بر خصوصیات کمی و کیفی میوه خیار نشان داد که اثر غلظت‌های مختلف آمینوکلات منیزیم و عصاره جلبک دریایی در محلول‌های کاهش یافته منیزیمی، به ترتیب بر TSS عصاره و درصد ماده خشک میوه خیار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد معنی‌دار بوده است و بر سایر صفات مورد بررسی تأثیر معنی‌داری نداشته است (جدول ۳). نتایج این پژوهش نشان داد که بالاترین TSS عصاره میوه در تیمار $Mg_3 \times S_3$ و کم‌ترین آن در تیمار شاهد ($Mg_1 \times S_1$) مشاهده گردید (جدول ۴). یافته‌های این آزمایش نشان داد که در محلول کاهش یافته منیزیمی، هم‌زمان با افزایش سطوح عصاره جلبکی و غلظت آمینوکلات منیزیمی درصد ماده خشک میوه‌های خیار نیز افزایش یافت به گونه‌ای که کم‌ترین درصد ماده خشک میوه در تیمار $Mg_1 \times S_1$ و بیش‌ترین میزان درصد ماده خشک میوه در تیمار $Mg_3 \times S_3$ مشاهده گردید که در مقایسه با تیمار شاهد سبب افزایش ۱۰۰/۵۷ درصد درصد ماده خشک میوه شد (شکل ۲). بعد از تیمار $Mg_3 \times S_3$، بیش‌ترین میزان درصد ماده خشک میوه در غلظت ۵ میلی‌لیتر بر لیتر آمینوکلات منیزیم و غلظت‌های ۱/۵ و صفر گرم بر لیتر عصاره جلبکی مشاهده گردید (شکل ۲).



شکل ۲- اثر محلول‌پاشی همزمان غلظت‌های مختلف آمینوکلات (Mg) منیزیم و عصاره جلبک دریایی *Sargassum angustifolium* (S) بر درصد ماده خشک میوه خیار در تیمارهای کاهش‌یافته منیزیمی.

Fig. 2. The effect of simultaneous foliar spraying of different concentrations of Mg-aminochelate (Mg) and seaweed extract of *Sargassum angustifolium* (S) on fruit dry matter of cucumber in Mg-deficient solutions.

جدول ۳- تجزیه واریانس اثر آمینوکلات منیزیم و عصاره جلبک دریایی (*Sargassum angustifolium*) بر خصوصیات کمی و کیفی میوه خیار در محلول غذایی کاهش یافته منیزیمی.

Table 3. Variance analysis of the effect of Mg- aminochlate and seaweed extract (*Sargassum angustifolium*) on the quantitative and qualitative characteristics of cucumber fruit in reduced magnesium nutrient solution.

درصد ماده خشک میوه Percentage of fruit dry matter	سفتی میوه Fruit firmness	EC عصاره میوه EC of fruit extract	pH عصاره میوه pH of fruit	اسیدیته قابل تیتراسیون Titration acidity	TSS میوه (%)	قطر میوه Fruit diameter	طول میوه Fruit length	درجه آزادی df	منابع تغییر S.O.V
0.002^{ns}	80.59^{ns}	0.0006^{ns}	0.004^{ns}	0.302^{ns}	0.012^{ns}	0.009^{ns}	0.64^{ns}	2	Block
1.36**	493.02^{ns}	0.008^{ns}	0.342*	0.183^{ns}	1.12**	0.142**	0.75^{ns}	2	Seaweed extract (S)
0.0005	91.23	0.006	0.004	0.038	0.01	0.032	0.02	4	Error a
3.78**	515.47^{ns}	0.013^{ns}	0.078^{ns}	0.071^{ns}	7.14**	0.018^{ns}	0.77^{ns}	2	Mg-aminochlate (Mg)
0.239**	47.05^{ns}	0.003^{ns}	0.028^{ns}	0.159^{ns}	0.074*	0.025^{ns}	0.15^{ns}	4	Mg×S
0.0016	246.73	0.011	0.078	0.090	0.021	0.013	0.87	12	Error b
1.18	21.62	19.49	4.41	15.50	4.26	4.93	7.08	-	CV (%)

^{ns}، * و ** به‌ترتیب عدم معنی‌داری و معنی‌داری در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

^{ns}, * and ** respectively non-significant and significant at the 5% and 1% probability level

جدول ۴- اثرات اصلی و متقابل آمینوکلات منیزیم و عصاره جلبک دریایی (*Sargassum angustifolium*) بر خصوصیات کمی و کیفی میوه خیار در محلول غذایی کاهش یافته منیزیمی.

Table 4. The main and interaction effects of Mg-aminochlate and seaweed extract *(Sargassum angustifolium*) on the quantitative and qualitative characteristics of cucumber fruit in reduced magnesium nutrient solution.

سفتی میوه Fruit firmness (N)	EC عصاره میوه EC of fruit extract (dS m^{-1})	pH عصاره میوه pH of fruit extract	اسیدیته قابل تیتراسیون Titration acidity (%)	TSS میوه (%)	قطر میوه Fruit diameter (cm)	طول میوه Fruit length (cm)	تیمار Treatment
							Mg-aminochlate (ml L^{-1})
64.08	0.51	6.42	1.94	2.52 ^{c}	2.37	12.89	0 (Mg_1)
75.41	0.58	6.24	2.02	3.52 ^{b}	2.38	13.21	2.5 (Mg_2)
78.44	0.55	6.30	1.84	4.30 ^{a}	2.30	13.48	5 (Mg_3)
							Seaweed extract (g L^{-1})
67.17	0.58	6.12 ^{b}	1.99	3.16 ^{c}	2.46 ^{a}	13.28	0 (S_1)
81.06	0.53	6.33 ^{ab}	1.77	3.33 ^{b}	2.37 ^{a}	13.43	1.5 (S_2)
69.70	0.52	6.51 ^{a}	2.04	3.84 ^{a}	2.21 ^{b}	12.87	3 (S_3)
							Mg×S
57.49	0.58	6.18	1.70	2.13 ^{f}	2.44	13.15	Mg_1×S_1
72.08	0.46	6.51	1.92	2.36 ^{f}	2.41	13.24	Mg_1×S_2
62.69	0.48	6.59	2.20	3.06 ^{e}	2.26	12.29	Mg_1×S_3
66.28	0.59	6.16	2.24	3.40 ^{d}	2.42	13.23	Mg_2×S_1
85.23	0.60	6.16	1.70	3.43 ^{d}	2.43	13.47	Mg_2×S_2
74.73	0.56	6.41	2.13	3.73 ^{c}	2.29	12.92	Mg_2×S_3
77.76	0.57	6.03	2.02	3.96 ^{bc}	2.53	13.46	Mg_3×S_1
85.90	0.54	6.32	1.70	4.20 ^{b}	2.27	13.57	Mg_3×S_2
71.68	0.53	6.55	1.81	4.73 ^{a}	2.09	13.40	Mg_3×S_3

در هر ستون میانگین‌های با حروف مشابه اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد ندارند

In each column, the averages with the same letters do not have a significant difference at the 5% probability level

در همه سطوح عصاره جلبکی با افزایش غلظت منیزیم افزایش درصد ماده خشک میوه و افزایش وزن تر میوه‌های خیار مشاهده گردید که نشان از هم‌افزایی مثبت آمینوکلات منیزیم بر بهبود خصوصیات کیفی میوه در تیمارهای با سطوح مختلف عصاره جلبکی دارد (شکل ۲). هم‌چنین در هر غلظت از آمینوکلات منیزیمی، هر سطح از عصاره جلبک دریایی نسبت به غلظت پایین‌تر خود سبب افزایش چشم‌گیر و معنی‌دار بر وزن کل میوه و درصد ماده خشک میوه خیار گردید که می‌تواند از نتایج دارای اهمیت این پژوهش باشد (شکل‌های ۱ و ۲).

علی‌رغم نقش شناخته شده منیزیم در متابولیسم گیاه، اطلاعات بسیار محدودی در مورد اهمیت منیزیم برای کیفیت محصولات کشاورزی و باغبانی در مقایسه با سایر مواد مغذی اصلی وجود دارد. یافته‌های آذرمی و همکاران (۲۰۱۵) در استفاده از غلظت‌های مختلف منیزیم در گیاه خیار نشان داد که TSS میوه خیار با افزایش غلظت منیزیم تا سطح ۳ میلی‌مولار افزایش و سپس با افزایش غلظت در سطح ۴ میلی‌مولار کاهش یافت (۲۳). هم‌چنین نتایج آن‌ها نشان داد که pH و EC عصاره میوه تحت‌تأثیر تیمارهای منیزیمی قرار نگرفت که با نتایج مطالعه حاضر همخوانی دارد. افزایش TSS عصاره میوه با افزایش غلظت منیزیم محلول غذایی توسط گواگیو و همکاران (۱۹۹۲) نیز گزارش گردید (۴۷). یافته‌های آن‌ها نشان داد که pH عصاره میوه، TSS و اسیدیته قابل تیتراسیون میوه پرتقال با افزایش منیزیم افزایش می‌یابد. به نظر می‌رسد نسبت Mg:K عمدتاً بر خواص کیفی میوه از طریق نقش هر دو کاتیون متحرک در تشکیل متابولیت و انتقال آن به میوه‌ها تأثیر می‌گذارد (۴۸).

محتوای ماده خشک میوه یک معیار کیفیت مهم است. افزایش درصد ماده خشک میوه، تحت محلول‌پاشی غلظت‌های مختلف منیزیم می‌تواند به‌دلیل اهمیت منیزیم در فتوسنتز و انتقال آسیمیلات‌ها باشد (۲۳). یافته‌های دیگر پژوهش‌گران نشان داد که افزایش عرضه منیزیم به طور مداوم باعث افزایش ماده خشک در سیب‌زمینی می‌شود (۴۹، ۵۰). هم‌چنین هائو و پاپادوپولوس (۲۰۰۴) نشان دادند که در یک عرضه کلسیم معین، افزایش کاربرد منیزیم سبب افزایش تخصیص بیوماس به میوه گوجه‌فرنگی می‌گردد (۵۱).

تقریباً در تمام گیاهان عالی، فرآورده نهایی اصلی فتوسنتات‌های برگ ساکارز و نشاسته است. با این حال، تقسیم ساکارز و نشاسته و تأثیر آن‌ها بر توزیع ماده خشک تحت‌تأثیر عوامل محیطی متعددی مانند دمای پایین، خشکی و مواد مغذی معدنی است (۱۱). وضعیت تغذیه معدنی گیاهان تأثیر قابل‌توجهی در تقسیم کربوهیدرات‌ها و ماده خشک بین شاخه‌ها و ریشه‌ها دارد (۵۲، ۵۳). تحت کمبود منیزیم، غلظت نشاسته در برگ‌های منبع بالاست و در اندام‌های مخزن مانند غلات و میوه‌ها کم است. این ممکن است نشان‌دهنده اختلال در انتقال فتوسنتات از برگ‌های منبع به اندام‌های مخزن باشد، از این‌رو، در گیاهان با کمبود منیزیم نسبت ساقه به ریشه بالاتر در مقایسه با گیاهان با منیزیم کافی گزارش شده است (۱۱). بنابراین به نظر می‌رسد که در تیمارهای با کمبود منیزیم به دلیل اختلال انتقال فتوسنتات‌ها مقادیر درصد ماده خشک میوه و هم‌چنین TSS میوه به‌شدت کاهش یافت و با افزایش غلظت منیزیم و بهبود رشد از طریق محلول‌پاشی آمینوکلات منیزیم و عصاره جلبک دریایی افزایش درصد ماده خشک و TSS میوه مشاهده گردید. چنان که مطالعه ابراهیم و محمد (۲۰۱۲) در سیب‌زمینی نشان داد که تغذیه برگی آمینوکلات‌ها از طریق تحریک فتوسنتز سبب افزایش ترکیبات شیمیایی مانند نشاسته و پروتئین

می‌شود (۵۴). یافته‌های آذرمی و همکاران (۲۰۱۸) در خیار نشان داد که با افزایش غلظت Mg در محلول، محتوای پروتئین محلول در برگ خیار افزایش یافت (۱۱). مطابق اظهارات آن‌ها، کاهش پروتئین در گیاهان دارای کمبود منیزیم را می‌توان به کاهش سنتز پروتئین به دلیل مشارکت منیزیم در تجمع زیر واحدهای ریبوزوم و نیاز آن به RNA پلیمرازها نسبت داد. در نقطه مقابل، تأثیر مثبت محلول‌پاشی منیزیم بر محتوای پروتئین می‌تواند با نقش منیزیم در افزایش تولید اسکلت‌های کربنی در برگ‌ها (۲۴) و نقش مثبت آن در تثبیت ساختار ریبوزوم‌ها از طریق ایجاد اتصال بین زیرواحدهای ریبوزومی مرتبط باشد (۵۵، ۵۶). بنابراین به نظر می‌رسد که کمبود منیزیم در برگ‌های میانی می‌تواند به طور قابل‌توجهی بر تولید و عرضه فتوآسیمیلات و پروتئین‌ها به سایر قسمت‌های گیاهان تأثیر بگذارد و از این طریق درصد ماده خشک و TSS میوه را نیز تحت‌تأثیر خود قرار دهد.

مقادیر بالاتر TSS در گوجه‌فرنگی با کاربرد خاکی و محلول‌پاشی عصاره جلبکی *Sargasum johntonii* گزارش شده است (۵۷). افزایش میزان TSS در میوه خیار می‌تواند به طور مستقیم با محتوای پلی‌ساکارید عصاره جلبکی مرتبط باشد که باعث افزایش سنتز ترکیبات اصلی TSS مانند اسیدهای آلی، متابولیت‌ها و گلوکز می‌شود (۵۸، ۵۹). استفاده از عصاره جلبک دریایی برای بهبود تشکیل میوه، ماندگاری میوه، عملکرد و افزایش کیفیت میوه خیار بسیار مؤثر است (۳۶). در مطالعات اخیر نشان داده شده است که در صورت استفاده از محرک‌های بیولوژیکی مانند عصاره جلبک دریایی، سلول‌های آوند چوبی و بسته‌های آوندی آبکش بزرگ‌تر در ساقه‌ها ساخته می‌شود و این پدیده می‌تواند به انتقال مؤثرتر مواد معدنی و جذب مواد معدنی به مخزن و افزایش غلظت مواد معدنی موجود در میوه کمک کند. افزایش غلظت مواد معدنی در میوه گیاهان تیمار شده نیز ممکن است به دلیل جذب بیش‌تر مواد معدنی از طریق تحریک رشد ریشه و فعالیت ناقلان مواد مغذی در غشای سلولی باشد (۶۰، ۶۱) که در نهایت سبب افزایش شاخص TSS میوه می‌شود. مطابق با این یافته‌ها، نتایج این آزمایش نیز به وضوح تأثیر غلظت‌های مختلف جلبک دریایی بر رشد ریشه، ساقه، برگ، قطر میوه و TSS عصاره میوه را نشان داد.

نتیجه‌گیری کلی

یافته‌های حاصل از این آزمایش نشان داد که استفاده از آمینوکلات منیزیم از طریق اثرگذاری بر شاخص‌های مرتبط با فتوسنتز هم‌چون سطح برگ و تعداد برگ و احتمالاً از طریق افزایش تولید کلروفیل بر نرخ فتوسنتز و شاخص‌های رشدی و وزن تر کل مبوه خیار مؤثر بوده است. با توجه به یافته‌های قبلی پژوهش‌گران، بهره‌گیری از عصاره جلبک‌های دریایی بومی خلیج‌فارس احتمالاً می‌تواند از طریق تامین مقادیر کافی مواد مغذی مانند منیزیم، کلسیم، فسفر و پتاسیم، عناصر کمیاب، ویتامین‌ها، فیتوهورمون‌ها، اسیدهای آسکوربیک و بسیاری دیگر از ترکیبات زیست‌فعال رشد، عملکرد و خصوصیات کیفی میوه خیار را افزایش دهد (۳۹). بنابراین به نظر می‌رسد که استفاده از عصاره جلبک دریایی باعث بهبود پاسخ‌های فیزیولوژیکی گیاه مانند افزایش تعداد و سطح برگ، زیست‌توده، فتوسنتز و وزن کل میوه در هر بوته خیار می‌شود و گزینه مناسبی برای به حداقل رساندن استفاده از کودهای معمولی است. با توجه به نتایج آزمایش حاضر، استفاده از مقادیر ۵ میلی‌لیتر در لیتر آمینوکلات منیزیم و ۳ گرم در لیتر عصاره جلبک دریایی *Sargassum angustifolium* برای بهبود شاخص‌هایی مانند رشدی و رویشی، کیفی و وزن تر

کل میوه خیار گلخانه‌ای در شرایط کاهش‌یافته منیزیمی، توصیه می‌گردد.

سپاسگزاری

این پژوهش بر اساس تامین مالی از طریق پژوهانه انجام پذیرفت. بدین وسیله از حمایت و پشتیبانی معاونت پژوهشی دانشگاه شهید چمران اهواز تشکر و قدردانی می‌گردد. هم‌چنین از شرکت دانش بنیان زیست فناوران نوین رادمهر به منظور طراحی و تامین آمینوکلات منیزیم و جناب مهندس ابراهیمی کارشناس‌ارشد مرکز تحقیقات زیست‌فناوری دریایی خلیج‌فارس به‌منظور تامین جلبک دریایی این پژوهش نهایت تقدیر و سپاس به‌عمل می‌آید.

منابع

1.Cakmak, I. and Kirkby, E.A. 2008. Role of magnesium in carbon partitioning and alleviating photooxidative damage. Physiol. Plant. 133: 4. 692-704.
2.Cakmak, I. and Yazici, A.M. 2010. Magnesium: a forgotten element in crop production. Better crops. 94: 2. 23-25.
3.Shaul, O. 2002. Magnesium transport and function in plants: the tip of the iceberg. Biometals. 15: 309-323.
4.Souri, M.K. 2016. Aminochelate fertilizers: the new approach to the old problem; a review. Open Agric. 1: 1. 118-123.
5.Souri, M. and Yarahmadi, B. 2016. Effect of aminochelates foliar application on growth and development of marigold (*Calendula officinalis*) plants. Plant Produc. Technol. 15: 2. 109-119.
6.Johansson, A. 2008. Conversations on chelation and mineral nutrition. Aust. J. Grape Wine Research. 583: 53-56.
7.Ghoname, A., El-Bassiouny, A., Abdel-Mawgoud, A., El-Tohamy, W. and Gruda, N. 2012. Growth, yield and blossom-end rot incidence in bell pepper as affected by phosphorus level and amino acid applications. Gesunde Pflanz. 64: 1. 29-37.
8.Liu, X., Ko, K., Kim, S. and Lee, K. 2008. Effect of amino acid fertilization on nitrate assimilation of leafy radish and soil chemical properties in high nitrate soil. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 39: 269-281.
9.Calvo, P., Nelson, L. and Kloepper, J. 2014. Agricultural uses of plant biostimulants. Plant and Soil. 383: 3-41.
10.Tabatabaei, S.J. 2013. Principles of mineral Nutrition Plant. Tabriz unive. Press, 544p. (In Persian)
11.Azarmi, R., Tabatabaei, S.J. and Chaparzadeh, N. 2018. Interactive effects of Mg and shading on the yield, physiology and antioxidant activity in cucumber grown in hydroponics. Journal of Plant Process and Function. 22: 6. 63-71.
12.Siddique, S., Ayub, G., Nawaz, Z., Zeb, S., Khan, F.S., Ahmad, N. and Rauf, K. 2017. Enhancement of growth and productivity of cucumber (*Cucumis sativus*) through foliar application of calcium and magnesium. Pure. Appl. Biol. 6: 2. 402-411.
13.Adnan, M., Tampubolon, K., Ur Rehman, F., Saeed, M.S., Hayyat, M. S., Imran, M. and Mehta, J. 2021. Influence of foliar application of Magnesium on Horticultural crops: A review. Agrinula: Journal Agroteknologi dan Perkebunan. 4: 1. 13-21.
14.Shah, M., Zodape, S., Chaudhary, D., Eswaran, K. and Chikara, J. 2013. Seaweed sap as an alternative liquid fertilizer for yield and quality improvement of wheat. J. Plant Nutr. 36: 2. 192-200.
15.Craigie, J. 2011. Seaweed extracts stimuli in plant science and agriculture. J. Appl. Phycol. 23: 371-393.
16.Baloch, G., Tariq, S., Ehteshamul-Haque, S., Athar, M., Sultana, V. and Ara, J. 2013. Management of root diseases of eggplant and watermelon with the application of asafetida and seaweeds. J. Appl. Bot. Food Qual. 86: 138-142.
17.Mousavi, S.E., Hatamipour, M.S. and Yegdaneh, A. 2023. Ultrasound-assisted

extraction of alginic acid from *Sargassum angustifolium* harvested from Persian Gulf shores using response surface methodology. Int. J. Biol.Macromol. 226: 660-669.

18. Mohkami, A. and Habibi-Pirkoohi, M. 2019. Inhibitory Effect of the Brown *Seaweed sargassum* angustifolium Extraction on Growth and Virulence Factors of *Staphylococcus aureus*. J. Phycol. Res. 3: 2. 421-431.
19. Howladar, S.M., Osman, A.S., Rady, M.M. and Al-Zahrani, H.S. 2014. Magnesium foliar application and phosphorien soil inoculation positively affect *Pisum sativum* L. plants grown on sandy calcareous soil. Int. J. Agric. Bios. Eng. 8: 5. 436-440.
20. Lasa, B., Frechilla, S., Aleu, M., Gonzales-Moro, B., Lamsfus, C. and Aparicio- Tejo, P.M. 2000. Effects of low and high levels of magnesium on the response of sunflower plants grown with ammonium and nitrate. Plant. Soil. 225: 167-174.
21. Hariadi, Y. and Shabala, S. 2004. Screening broad beans (*Vicia faba*) for magnesium deficiency. ll. Photosynthetic performance and leaf bioelectrical responses. Funct. Plant Biol. 31: 539-549.
22. Teklic, T., Vrataric, M., Sudaric, A., Kovacevic, V., Vukadinovic, V. and Bertic, B. 2009. Relationship among chloroplast pigments concentration and chlorophyll meter readings in soybean under influence of foliar magnesium application. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 40: 706-725.
23. Azarmi, R., Tabatabaei, S.J. and Chaparzadeh, N. 2015. Effect of magnesium on growth, fruit quality and sugar content in cucumber under various light intensities. Int. J. Biol. Pharm. Allied Sci. 4: 9. 5915-5932.
24. Borowski, E. and Michalek, S. 2010. The effect of foliar nutrition of spinach (*Spinacia oleracea* L.) with magnesium salt and urea on exchange, leaf yield and quality. Acta Agrobot. 63: 1. 77-85.
25. Laing, W., Greer, D., Sun, O., Beets, P., Lowe, A. and Payn, T. 2000. Physiological impacts of magnesium deficiency in *Pinus radiata*: growth and photosynthesis. New Phytologist. 146: 47-57.
26. Seilsepour, M. 2021. Study of the effect of different methods of application of humic acid and aminochelate on growth characteristics, yield, and concentration of nutrients in greenhouses cucumber var. supersultan. J. Crop Improv. 24: 2. 673-684. (In Persian)
27. El-Shabasi, M.S., Mohamed, S.M. and Mahfouz, S.A. 2005. Effect of foliar spray with some amino acids on growth, yield and chemical composition of garlic plants. Proc. the 6th Arabian Conference for Horticulture, March 20-22, Faculty of Agric., Suez Canal University, Ismailia, Egypt.
28. Shehata, S.A., Hassan, H.A. and Mervat, F. 2016. Improving the productivity and quality of the cucumber crop grown under greenhouse conditions using some stimulants and spraying amino acids. J. Plant Prod. 7: 4. 385-392.
29. Shafeek, M.R., Helmy, Y.I., Ahmed, A.A. and Shalaby, M.A.F. 2014. Productivity of snap bean plants by spraying of some antioxidant's materials under sandy soil conditions in plastic house. Middle East J. Agric. Res. 3: 1. 100-105.
30. Kowalczyk, K. and Zielony, T. 2008. Effect of aminoplant and asahi on yield and quality of lettuce grown on rockwool. Proc. Conf. of Biostimulators in Modern Agriculture, 7-8 Febuary, Warsaw, Poland.
31. Mahmoud, A.R., EL-Desuki., Abdel-Mouty, M. and Ali, A.H. 2013. Effect of compost levels and yeast extract application on the pea plant growth, pod yield and quality. J. Appl. Sci. Res. 9: 1. 149-155.
32. Hocking, P.J. and Mason, I. 1993. Accumulation distribution and redistribution, of dry matter and mineral nutrients in fruits of conola (*oilseed rape*). Aust. J. Agric.Res. 44: 1377-1388.
33. Hermans, C., Johnson, G.N., Strasser, R.J. and Verbruggen, N. 2004. Physiological characterization of magnesium deficiency in sugar beet:

acclimation to low magnesium differentially affects photosystems I and II. Planta. 220: 344-355.
34. Ali, N., Farrell, A., Ramsubhag, A. and Jayaraman, J. 2016. The effect of *Ascophyllum nodosum* extract on the growth, yield and fruit quality of tomato grown under tropical conditions. J. Appl. Phycol. 28: 1353-1362.
35. Rouphael, Y., Giordano, M., Cardarelli, M., Cozzolino, E., Mori, M., Kyriacou, M.C. and Colla, G. 2018. Plant-and seaweed-based extracts increase yield but differentially modulate nutritional quality of greenhouse spinach through biostimulant action. Agronomy. 8: 7. 126.
36. Trejo Valencia, R., Sánchez Acosta, L., Fortis Hernández, M., Preciado Rangel, P., Gallegos Robles, M.Á., Antonio Cruz, R.D.C. and Vázquez Vázquez, C. 2018. Effect of seaweed aqueous extracts and compost on vegetative growth, yield, and nutraceutical quality of cucumber (*Cucumis sativus* L.) fruit. Agronomy. 8: 11. 264.
37. Hassan, S.M., Ashour, M., Sakai, N., Zhang, L., Hassanien, H.A., Gaber, A. and Ammar, G. 2021. Impact of seaweed liquid extracts biostimulant on growth, yield, and chemical composition of cucumber (*Cucumis sativus*). Agriculture. 11: 4. 320.
38. Ashour, M., El-Shafei, A.A., Khairy, H.M., Abd-Elkader, D.Y., Mattar, M.A., Alataway, A. and Hassan, S.M. 2020. Effect of *Pterocladia capillacea* seaweed extracts on growth parameters and biochemical constituents of Jew's Mallow. Agronomy. 10: 3. 420.
39. Bajpai, V.K. 2016. Antimicrobial bioactive compounds from marine algae: A. mini review. Indian J Mar Sci. 45: 1076-1085.
40. Ahmed, D.A.E.A., Gheda, S.F. and Ismail, G.A. 2021. Efficacy of two seaweeds dry mass in bioremediation of heavy metal polluted soil and growth of radish (*Raphanus sativus* L.) plant. Environ. Sci. Pollut. Res. 28: 12831-12846.
41. Xu, C. and Leskovar, D.I. 2015. Effects of A. nodosum seaweed extracts on spinach growth, physiology and nutrition value under drought stress. Sci. Hort. 183: 39-47.
42. Szczepanek, M., Wszelaczyńska, E., Pobereżny, J. and Ochmian, I. 2017. Response of onion (*Allium cepa* L.) to the method of seaweed biostimulant application. Act. Sci. Pol. Hortorum Cultus. 16: 2. 113-122.
43. Rouphael, Y., Cardarelli, M., Di Mattia, E., Tullio, M., Rea, E. and Colla, G. 2010. Enhancement of alkalinity tolerance in two cucumber genotypes inoculated with an arbuscular mycorrhizal biofertilizer containing Glomus intraradices. Biol. Fertil. Soils. 46: 499-509.
44. Khalifeh, T., Vazirizadeh, A., Mohebbi, GH., Barmak, A.R. and Darabi, A.H. 2021. Determination of some nutraceutical compounds, amino acids and fatty acids present in the extracts of *Sargasum boveanum* algae obtained from the coastal waters of central bushehr, Iran. Iran. South Med. J. 24: 2. 134-159.
45. Mannino, G., Campobenedetto, C., Vigliante, I., Contartese, V., Gentile, C. and Bertea, C.M. 2020. The application of a plant biostimulant based on seaweed and yeast extract improved tomato fruit development and quality. Biomolecules. 10: 12. 1662.
46. Ertani, A., Schiavon, M. and Nardi, S. 2017. Transcriptome-wide identification of differentially expressed genes in *Solanum lycopersicon* L. in response to an alfalfa-protein hydrolysate using microarrays. Front. Plant Sci. 8: 1159.
47. Quaggio, J.A., Sobrinho J.T. and Dechen, A.R. 1992. Magnesium influences on fruit yield and quality of 'Valencia' sweet orange on Rangpur lime. Proc. Int. Soc. Citricul. 2: 633-637.
48. Romheld, V. and Kirkby, E.A. 2007. Magnesium functions in crop nutrition and yield. Proceedings of a Conference in Cambridge (7th Dec. 2007). pp. 151-171.
49. Feltran, J.C., Lemos, L.B. and Vieites, R.L. 2004. Technological quality and utilization of potato tubers. Sci. Agric. 61: 593-597.

50.Poberezny, J. and Wszelaczynska, E. 2011. Effect of bioelements (N, K, Mg) and long-term storage of potato tubers on quantitative and qualitative losses Part II. Content of dry matter and starch. J. Elem. 16: 237-246.
51.Hao, X. and Papadopoulos, A.P. 2004. Effects of calcium and magnesium on plant growth, biomass partitioning, and fruit yield of winter greenhouse tomato. HortScience. 39: 3. 512-515.
52.Druege, U., Zerche, S., Kadner, R. and Ernst, M. 2000. Relation between nitrogen status, carbohydrate distribution and subsequent rooting of chrysanthemum cuttings as affected by pre-harvest nitrogen supply and cold-storage. Ann. Bot. 85: 5. 687-701.
53.Lopez-Bucio, J., Cruz-Ramirez, A. and Herrera-Estrella, L. 2003. The role of nutrient availability in regulating root Architecture. Curr. Opin. Plant Biol. 6: 280-287.
54.Ibrahim, E.E. and Mohamed, F. 2012. Combined effect of NPK levels and foliar nutritional compounds on growth and yield parameters of potato plants (*Solanum tuberosum* L.). Afr. J. Microbiol. Res. 6: 24. 5100-5109.
55.Ding, Y.C., Chang, C.R., Luo, W., Wu, Y.S., Ren, X.L., Wang, P. and Xu, G.H. 2008. High potassium aggravates the oxidative stress induced by magnesium deficiency in rice leaves. Pedosphere. 18: 3. 316-327.
56.Houcheng, L., Ximing, C., Riyuan, C., Shiwei, S. and Guangwen, S. 2006. Effects of magnesium deficiency on growth and photosynthesis of flowering Chinese cabbage. XXVII Int. Hort. Cong. ISHS Acta Hort. 767.
57.Kumari, R., Kaur, I., and Bhatnagar, A.K. 2011. Effect of aqueous extract of *Sargassum johnstonii* Setchell & Gardner on growth, yield and quality of *Lycopersicon esculentum* Mill. J. Appl. Phycol. 23: 623-633.
58.Mzibra, A., Aasfar, A., Khouloud, M., Farrie, Y., Boulif, R., Kadmiri, I.M. and Douira, A. 2021. Improving growth, yield, and quality of tomato plants (*Solanum lycopersicum* L.) by the application of Moroccan seaweed-based biostimulants under greenhouse conditions. Agronomy. 11: 7. 1373.
59.Sendur Kumaran, S. 2016. Effect of hydrophilic polymers on yield and quality of tomato. Int. J. Appl. Pure Sci. Agric. 2: 56-60.
60.Billard, V., Etienne, P., Jannin, L., Garnica, M., Cruz, F., Garcia-Mina, J.M., Yvin, J.C. and Ourry, A. 2014. Two biostimulants derived from algae or humic acid induce similar responses in the mineral content and gene expression of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.). J. Plant Growth Regul. 33: 305-316.
61.Colla, G., Cardarelli, M., Bonini, P. and Rouphael, Y. 2017. Foliar applications of protein hydrolysate, plant and seaweed extracts increase yield but differentially modulate fruit quality of greenhouse tomato. HortScience. 52: 9. 1214-1220.