



Investigating the effects of biofertilizers on photosynthetic and biochemical characteristics, flower yield and essential oil yield of German chamomile

Ahmad Karimi¹ | Masoumeh Naeemi^{2✉} | Ali Nakhzari Moghadam³ | Ibrahim Gholamalipour Alamdari⁴

1. Department of Crop Production, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Gonbad Kavos University, Golestan, Iran. E-mail: Karimi.student@gonbad.ac.ir
2. Corresponding Author, Department of Crop Production, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Gonbad Kavos University, Golestan, Iran. E-mail: Naeimi@gonbad.ac.ir
3. Department of Crop Production, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Gonbad Kavos University, Golestan, Iran. E-mail: Nakhzari@gonbad.ac.ir
4. Department of Crop Production, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Gonbad Kavos University, Golestan, Iran. E-mail: Eg.alamdari@gonbad.ac.ir

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:

Received 24 February 2025
Received in revised form
11 July 2025
Accepted 2 September 2025
Published online 29 September 2025

Keywords:

Bio- fertilizer
Carotenoid
Medicinal plant
Peroxidase
Seaweed

ABSTRACT

Objective: The use of organic and biological fertilizers is a fundamental aspect of organic production in the medicinal plant industry. Seaweed extracts and amino acids are eco-friendly inputs that can enhance growth, and quantitative and qualitative performance of medicinal plants. This study evaluated the effects of seaweed extract and amino acids on photosynthetic indices, biochemical parameters, flower yield, and essential oil yield in German chamomile.

Research Method: Factorial experiment arranged as a completely randomized block design was conducted with three replications during the 2022–2023 growing season at the Gonbad Kavous University research farm. Algafarm (seaweed extract) applied at three levels—control (no application), foliar application (1 kg ha⁻¹), and soil irrigation (2 kg in 1000 L water). Amino acids were applied with three levels—control (no application), foliar AminoSpark (1 kg ha⁻¹), and foliar Azomin (1 L ha⁻¹). Photosynthetic pigments, antioxidant enzymes, proline content, flower yield, and essential oil yield were measured.

Findings: The combination of seaweed extract and amino acids significantly affected photosynthetic pigments, antioxidant enzymes, proline content, and both flower and essential oil yields. Highest total chlorophyll and carotenoids occurred with seaweed extract application, particularly when Azomin was foliar-applied alongside soil-applied seaweed extract. Amino acids boosted antioxidant activity, with the most pronounced increase in peroxidase activity among the enzymes evaluated. Azomin combined with seaweed extract increased floral yield, with a peak yield of 1,747 kg ha⁻¹ observed under foliar Azomin in the presence of foliar seaweed extract, about a 20% rise over the control. The highest essential oil yield was 983 g ha⁻¹, also attributed to Azomin plus seaweed extract treatment.

Conclusion: The integrated use of seaweed extracts and amino acids improves physiological traits and both quantitative and qualitative characteristics in German chamomile, supporting their potential as sustainable, eco-friendly options to enhance productivity in organic cultivation systems. Further work could optimize application timing and rates for maximum economic benefit.

Cite this article: Karimi, A., Naeemi, M., Nakhzari Moghadam, A., & Gholamalipour Alamdari, I. (2025). Investigating the effects of biofertilizers on photosynthetic and biochemical characteristics, flower yield and essential oil yield of German chamomile. *Journal of Crops Improvement*, 27 (3), 505-520. DOI: <https://doi.org/10.22059/jci.2025.390897.2922>



© The Author(s).

DOI: <https://doi.org/10.22059/jci.2025.390897.2922>

Publisher: University of Tehran Press.



بررسی تأثیر کودهای زیستی بر ویژگی‌های فتوسنتزی و بیوشیمیایی، عملکرد گل و عملکرد اسانس بابونه آلمانی

احمد کریمی^۱ | معصومه نعیمی^۲ | علی نخزری مقدم^۳ | ابراهیم غلامعلی پور علمداری^۴

۱. گروه تولیدات گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبد کاووس، گلستان، ایران. رایانامه: Karimi.student@gonbad.ac.ir
۲. نویسنده مسئول، گروه تولیدات گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبد کاووس، گلستان، ایران. رایانامه: Naeimi@gonbad.ac.ir
۳. گروه تولیدات گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبد کاووس، گلستان، ایران. رایانامه: Nakhzari@gonbad.ac.ir
۴. گروه تولیدات گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبد کاووس، گلستان، ایران. رایانامه: EG.alamdari@gonbad.ac.ir

چکیده

اطلاعات مقاله

نوع مقاله: مقاله پژوهشی

هدف: کاربرد کودهای آلی و زیستی یکی از ارکان مهم تولید ارگانیک گیاهان دارویی در صنعت گیاهان دارویی محسوب می‌گردد. طی سال‌های اخیر، کاربرد این ترکیبات تحت عنوان کودهای سازگار با محیط زیست به‌عنوان یکی از راه‌های بهبود رشد و عملکرد کمی و کیفی گیاهان به‌ویژه در زمینه تولید گیاهان دارویی موردتوجه قرار گرفته است. هدف از انجام این پژوهش، ارزیابی تأثیر کاربرد عصاره جلبک دریایی و اسیدهای آمینه بر شاخص‌های فتوسنتزی، بیوشیمیایی، عملکرد گل و عملکرد اسانس بابونه آلمانی بود.

روش پژوهش: پژوهش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۱۴۰۲-۱۴۰۱ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه گنبد کاووس اجرا شد. در این پژوهش از عصاره جلبک دریایی با نام تجاری آگافارم در سه سطح شامل عدم مصرف (شاهد)، محلول‌پاشی (به میزان یک کیلوگرم در هکتار) و کاربرد همراه با آبیاری (به‌صورت دو کیلوگرم در ۱۰۰۰ لیتر آب) استفاده شد و کاربرد اسیدهای آمینه در سه سطح شامل عدم مصرف (شاهد)، محلول‌پاشی آمینواسپارک (یک کیلوگرم در هکتار) و محلول‌پاشی آزومین (یک لیتر در هکتار) صورت پذیرفت.

یافته‌ها: نتایج پژوهش نشان داد برهم‌کنش متقابل فاکتورهای عصاره جلبک دریایی و اسید آمینه بر رنگیزه‌های فتوسنتزی، آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان، محتوای پرولین و عملکرد گل و اسانس معنی‌دار بود. بیش‌ترین محتوای کلروفیل کل و کاروتنوئید در شرایط کاربرد جلبک دریایی به تیمار محلول‌پاشی آزومین تحت تیمار جلبک خاک مصرف تعلق داشت. کاربرد اسیدهای آمینه فعالیت آنتی‌اکسیدانی در گیاه را افزایش داد و در میان آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان، بیش‌ترین افزایش مربوط آنزیم پرکسیداز بود. کاربرد اسیدهای آمینه آزومین و آمینواسپارک تحت تیمارهای کاربرد جلبک دریایی با افزایش عملکرد گل همراه بود که بیش‌ترین میزان آن (۱۷۴۷ کیلوگرم در هکتار) به تیمار محلول‌پاشی آزومین در شرایط محلول‌پاشی جلبک تعلق داشت که در مقایسه با تیمار شاهد، افزایش ۲۰ درصدی داشت. بیش‌ترین میزان عملکرد اسانس (۹۸۳ گرم در هکتار) نیز مربوط به تیمار محلول‌پاشی آزومین تحت تیمار محلول‌پاشی جلبک دریایی بود.

نتیجه‌گیری: کاربرد عصاره جلبک دریایی و اسید آمینه به‌واسطه بهبود ویژگی‌های فیزیولوژیکی و صفات کمی و کیفی می‌توانند به‌عنوان یک راه‌کار پایدار و دوستدار محیط زیست در کشاورزی برای افزایش بهره‌وری گیاه دارویی بابونه آلمانی مورد استفاده قرار گیرند.

کلیدواژه‌ها:

پراکسیداز
جلبک دریایی
کاروتنوئید
کود زیستی
گیاه دارویی

استناد: کریمی، احمد؛ نعیمی، معصومه؛ نخزری مقدم، علی و غلامعلی پور علمداری، ابراهیم (۱۴۰۴). بررسی تأثیر کودهای زیستی بر ویژگی‌های فتوسنتزی و بیوشیمیایی، عملکرد گل و عملکرد اسانس بابونه آلمانی. به‌زراعی کشاورزی، ۲۷ (۳)، ۵۰۵-۵۲۰.

DOI: <https://doi.org/10.22059/jci.2025.390897.2922>



۱. مقدمه

گیاهان دارویی منابع ارزشمندی در گستره وسیع منابع طبیعی هستند که در صورت شناخت علمی، کشت و توسعه و بهره‌برداری صحیح، می‌توانند نقش مهمی در سلامت جامعه، اشتغال‌زایی و صادرات داشته باشند (اکور^۱، ۲۰۱۴). بابونه آلمانی^۲ از گیاهان یک‌ساله خانواده آستراسه^۳ و بومی منطقه مدیترانه است، اما منشأ آن را در آسیای صغیر گزارش کرده‌اند. این گیاه امروزه پراکندگی وسیعی در اروپا، آسیای غربی، آفریقای شمالی، آمریکای شمالی و جنوبی و استرالیا دارد (ریبیعی و رفیعان، ۱۳۹۴) و به دلیل کاربرد فراوان در صنایع دارویی، بهداشتی و غذایی یکی از پرفروش‌ترین گیاهان دارویی در عرصه تجارت جهانی به‌شمار می‌رود. در مطالعات بالینی و تجربی اثرات درمانی این گیاه در بهبود بیماری‌های دستگاه گوارش، سیستم عصبی و خواص ضد التهاب، ضد ویروس، ضد میکروب، آنتی‌اکسیدان و ضد سرطان و همچنین التیام و بهبود زخم‌ها به اثبات رسیده است (ریبیعی و رفیعان، ۱۳۹۷). مهم‌ترین ترکیباتی که در اثرات مفید بابونه نقش دارند ترپنوییدها مانند کامازولن و بیزابولول و همچنین فلاونوییدها از جمله آپیزنین، لوتئولین و کورستین هستند (کولانوس^۴ و استیک^۵، ۲۰۲۱).

تغذیه صحیح گیاهان دارویی همراه با رعایت اصول تولید ارگانیک، ضمن حفظ محیط زیست، سبب افزایش عملکرد کمی و کیفی مواد مؤثره در گیاهان دارویی می‌شود. محرک‌های زیستی گیاهی محصولاتی هستند که از مواد مختلف آلی میکروارگانیسم‌ها به دست می‌آیند و قادرند رشد و عملکرد را افزایش داده و اثرات منفی تنش‌های غیرزنده را کاهش دهند (رافائل^۶ و کولا^۷، ۲۰۱۸). عصاره جلبک دریایی جزو ترکیبات محرک رشد هستند که از آلودگی و تخریب محیط زیست جلوگیری می‌نماید و برخلاف کودهای شیمیایی به دلیل غیرسمی بودن، مسمومیتی برای انسان و دیگر موجودات ایجاد نمی‌کند. این مواد منبع بسیار غنی از عناصر غذایی، ویتامین‌ها و اسیدهای آمینه هستند که قادر به اثرگذاری روی متابولیسم سلولی، رشد و عملکرد گیاه می‌باشند (خان^۸ و همکاران، ۲۰۰۹). عصاره جلبک دریایی به عنوان تنظیم‌کننده رشد گیاهان شناخته می‌شود، چرا که حاوی مقادیر بالایی هورمون‌های گیاهی همچون سیتوکینین، اکسین و جیبرلین است که می‌تواند تقسیم، طول شدن و تمایز سلولی را تحریک کند (اوزبی^۹ و دمیرکیران^{۱۰}، ۲۰۱۹).

یکی از روش‌های تغذیه، کاربرد کودهای حاوی اسیدهای آمینه به صورت محلول‌پاشی در گیاهان است. اسیدهای آمینه با اثر مثبت بر فعالیت روزنه‌ها، افزایش رونویسی MRNA و افزایش محتوای پروتئین گیاه، سبب بهبود خصوصیات رشدی و عملکرد گیاه می‌شوند. اسیدهای آمینه از طریق فعال‌سازی هورمون‌های مؤثر در تشکیل گل و میوه، بهبود جوانه‌زنی دانه‌های گرده و افزایش سرعت گل‌دهی، موجب بهبود فرایند گرده‌افشانی می‌شوند (لیو^{۱۱} و لی^{۱۲}، ۲۰۱۲). ارزش کاربرد فرآورده‌های زیستی با ترکیبی از اسیدهای آمینه آزاد در این است که این ترکیبات به دلیل غنی بودن از اسیدهای آمینه، نیاز سلول به این ترکیبات را فراهم می‌کنند و در نتیجه انرژی مورد نیاز سلول جهت بیوسنتز این ترکیبات، صرف

1. Ekor
2. *Matricaria chamomilla* L.
3. Asteraceae
4. Kolanos
5. Stice
6. Raphael
7. Koola
8. Khan
9. Özbay
10. Demirkıran
11. Liu
12. Lee

دیگر نیازهای رشدی گیاه می‌گردد. این نهاده‌ها با تأثیرگذاری بر روند ساخت پروتئین در سطوح ژنی و همچنین تأثیر بر متابولیسم گیاهی، مانند تنظیم‌کننده رشد و تکوین گیاه عمل می‌کنند. در حقیقت، تغذیه برگ گیاهان با اسیدهای آمینه را می‌توان به‌عنوان یک منبع مهم سنتز پروتئین تلقی نمود (رئسی^۱، فراهانی^۲ و پلاشی^۳، ۲۰۱۴).

۲. پیشینه پژوهش

در نظام‌های کشاورزی پایدار کاربرد کودهای آلی از اهمیت ویژه‌ای در افزایش تولید و حفظ حاصلخیزی پایدار خاک برخوردار است. کاربرد کودهای آلی علاوه بر بهبود خواص فیزیکی و شیمیایی خاک، باعث افزایش ظرفیت ذخیره آب در خاک و کیفیت رشد در گیاهان می‌شود (یی^۴ و لیو^۵، ۲۰۲۲). مصرف کودهای آلی با کاهش هزینه تولید و آلودگی‌های زیست‌محیطی ناشی از مصرف کودهای شیمیایی، یکی از راهبردهای مهم حرکت به سمت کشاورزی پایدار است (ملکی، جهانی و پازوکی، ۱۳۹۲). از این‌رو، طی سال‌های گذشته استفاده از انواع مختلف کودهای آلی و زیستی از جمله محرک‌های زیستی به‌عنوان یکی از روش‌های بهبود رشد و عملکرد گیاهان زراعی و دارویی موردتوجه قرار گرفته است (پاپنفوس^۶ و همکاران، ۲۰۱۳). محرک‌های زیستی گروهی از ترکیبات آلی یا غیرآلی هستند که می‌توانند رشدونمو گیاهان را افزایش دهند. این ترکیبات برای محیط زیست ایمن هستند و به تولید محصول با حداقل هزینه و عملکرد بالا در جهت اهداف کشاورزی پایدار کمک می‌کنند (دوجاردین^۷، ۲۰۱۵).

علاوه بر وجود مقادیر قابل‌توجهی از هورمون‌های گیاهی در جلبک‌دریایی، متابولیت‌های ثانویه زیست‌فعال، ویتامین‌ها و پیش‌سازهای ویتامین، بتائین‌ها و پلی‌ساکاریدهای موجود در جلبک دریایی اثرات قابل‌توجهی در رشد و تکوین گیاه دارند (کپوره^۸ و همکاران، ۲۰۲۱). کاربرد کود آلی جلبک دریایی منجر به افزایش عملکرد و درصد اسانس در گیاه دارویی شنبلیله گردید (مفاخری، ۱۳۹۶). در مطالعه دیگری، استفاده از عصاره جلبک دریایی افزایش عملکرد پیکره رویشی و همچنین افزایش میزان اسانس در گیاهان دارویی نعنای و ریحان را به‌همراه داشت (النصاری^۹ و همکاران، ۲۰۱۶). محلول‌پاشی بوته‌های گوجه‌فرنگی با عصاره جلبک دریایی در غلظت‌های مختلف موجب افزایش تعداد گل‌ها و تشکیل میوه و کاهش ریزش میوه‌های جوان گیاه گردید و افزایش قابل‌توجه قطر میوه را به‌دنبال داشت (سراونن^{۱۰} و همکاران، ۲۰۰۳). علاوه بر این، وزن و ویژگی‌های کیفی گوجه‌فرنگی همچون قند کل، ویتامین C، فنل‌ها و لیکوپن نیز افزایش یافت. کاربرد عصاره جلبک دریایی در گیاه لوبیا منجر به افزایش ارتفاع بوته، طول غلاف، تعداد غلاف، عملکرد دانه و افزایش محتوای پروتئین شد (کوجیرا^{۱۱} و همکاران، ۲۰۱۸).

کاربرد اسیدهای آمینه نقش مهمی در سنتز پروتئین، اسیدهای نوکلئیک و سایر ترکیبات آلی در گیاهان دارند و می‌توانند به‌عنوان محرک‌های رشد عمل کنند (ایمانی و همکاران، ۱۴۰۱). در پژوهشی دیگر، نشان داده شد کاربرد اسید آمینه در گیاه

1. Raeisi
2. Farahani
3. Plashi
4. Ye
5. Liu
6. Papenfus
7. Du Jardin
8. Kapoore
9. El_ansary
10. Saravanan
11. Kocira

دارویی آویشن^۱ محتوای فنول را افزایش داد (رادی^۲ و محمد^۳، ۲۰۰۵). در همین راستا مشخص شد محلول‌پاشی اسید آمینه موجب افزایش عملکرد گل خشک و عملکرد اسانس بابونه آلمانی گردید (گل‌زاده و همکاران، ۱۳۹۰). پژوهش‌گران گزارش نمودند محلول‌پاشی ترکیبات حاوی اسیدهای آمینه با افزایش دسترسی گیاه به اسیدهای آمینه و برخی از عناصر غذایی موجب افزایش صفات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی از جمله افزایش رنگیزه‌های فتوسنتزی، رطوبت نسبی برگ و اسمولیت‌ها می‌شود و در نتیجه ویژگی‌های رشدی و عملکرد گیاه دارویی نعنای را بهبود بخشد (آذریپرا و همکاران، ۱۳۹۸).

امروزه به دلیل نگرانی‌های موجود در زمینه اثرات زیست‌محیطی نهاده‌های شیمیایی از جمله کودهای شیمیایی، تمایل به کاربرد ترکیبات آلی و طبیعی در جهت بهبود رشد و عملکرد محصولات افزایش یافته است. هدف از اجرای این پژوهش بررسی تأثیر کاربرد عصاره جلبک دریایی و اسید آمینه بر صفات فیزیولوژیک، عملکرد گل و عملکرد اسانس گیاه بابونه آلمانی بود.

۳. روش‌شناسی پژوهش

این پژوهش در سال زراعی ۱۴۰۱-۱۴۰۲ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه گنبد کاووس اجرا گردید. طول جغرافیایی محل اجرای آزمایش، ۵۵ درجه و ۱۲ دقیقه شرقی، عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۱۶ دقیقه شمالی و ارتفاع آن ۴۵ متر بالاتر از سطح دریا می‌باشد. اقلیم گنبدکاووس براساس طبقه‌بندی کوپن، اقلیم مدیترانه‌ای گرم و نیمه‌خشک بوده و دارای متوسط بارندگی ۱۰ ساله ۴۵۰ میلی‌متر می‌باشد. قبل از شروع آزمایش به‌منظور بررسی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش، نمونه‌برداری از عمق ۰-۳۰ سانتی‌متر انجام گردید که نتایج آن در جدول (۱) گزارش شده است.

جدول ۱. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه

عمق نمونه‌برداری (سانتی‌متر)	نیترژن (درصد)	فسفر (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	پتاسیم (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	اسیدیته	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر)	بافت خاک
۰-۳۰	۰/۰۸	۱۱	۴۰۹	۷/۹۴	۰/۷۷	سیلتی لومی

آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. فاکتور اول کاربرد عصاره جلبک دریایی با نام تجاری آلفاگفارم^۴ در سه سطح شامل عدم مصرف (محلول‌پاشی با آب خالص به‌عنوان تیمار شاهد) محلول‌پاشی به میزان ۱ کیلوگرم در هکتار و کاربرد همراه با آبیاری (به‌صورت ۲ کیلوگرم در ۱۰۰۰ لیتر آب) بود. فاکتور دوم کاربرد ترکیبات دارای اسیدهای آمینه با نام‌های تجاری آمینواسپارک^۵ و آزومین^۶ در سه سطح عدم مصرف (شاهد)، کاربرد ۱ کیلوگرم آمینواسپارک در هکتار به‌صورت محلول‌پاشی و کاربرد ۱ لیتر آزومین در هزار لیتر آب به‌صورت محلول‌پاشی در نظر گرفته شد. ترکیبات محرک‌های زیستی مورد استفاده در پژوهش در جدول (۲) ذکر شده است. اعمال تیمارها طی دو مرحله ۴۵ روز پس از کاشت و به فاصله ۲۰ روز پس از آن انجام گردید.

1. *Thymus vulgaris* L.

2. Rady

3. Mohamed

4. Algafarm

5. Aminospark

6. Azomin

جدول ۲. فرمولاسیون محرک‌های زیستی مورد استفاده در تیمارهای مورد آزمایش

اسیدپتیه	فرمولاسیون	محرک‌های زیستی
۹	اسیدهای آمینه آزاد ۱/۴۵ درصد، مواد آلی کل ۵۱.۵۷ درصد، نیتروژن کل ۱/۰۲ درصد	جلیک الگافارم
۵/۳	اسیدهای آمینه آزاد ۵۰/۳۹ درصد، مواد آلی کل ۸۰/۳ درصد، نیتروژن کل ۲۰/۱ درصد	آمینو اسپارک
۶/۱	اسیدهای آمینه آزاد ۳۲ درصد، مواد آلی کل ۷۵ درصد، نیتروژن کل ۵/۹ درصد	آزومین

بذور بابونه آلمانی از شرکت پاکان بذر اصفهان تهیه گردید. با توجه به ریز بودن بذر گیاه قبل از کاشت، بذرها به نسبت ۱ به ۱۰ با ماسه بادی مخلوط شدند و در ردیف‌هایی با فاصله ۳۰ سانتی‌متر در کرت‌های آزمایشی (هر کرت شش ردیف) به‌صورت دستی در تاریخ اول اسفندماه کشت شدند. پس از قراردادن بذور در خاک، غلطک و سپس آبیاری انجام گردید در مرحله پنج برگی عملیات تنک (فاصله روی ردیف ۱۰ سانتی‌متر) و وجین انجام گرفت. عملیات کاشت و داشت به‌صورت یکسان برای تمام کرت‌ها صورت گرفت. برداشت گل‌ها از تاریخ ۱۰ خردادماه به‌صورت دستی آغاز و طی سه مرحله به‌صورت هفتگی انجام گرفت. طی اجرای آزمایش و دو هفته پس از اعمال تیمارهای موردنظر، به‌منظور ارزیابی صفات فیزیولوژیکی، نمونه‌هایی از برگ‌های جوان و بالغ هر بوته برداشت و بلافاصله با رعایت تمهیدات لازم به آزمایشگاه منتقل گردید. در پایان نمونه‌ها تا زمان انجام آزمایش‌های مربوطه در فریزر (۸۰-) درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند.

قبل از برداشت نهایی، ۱۰ بوته به‌طور تصادفی پس از حذف اثر حاشیه از هر کرت انتخاب و صفاتی همچون ارتفاع بوته، تعداد شاخه فرعی در بوته، تعداد گل‌آذین در بوته، وزن تر و خشک بوته، عملکرد گل تر و عملکرد گل خشک مورد ارزیابی قرار گرفتند. برای اندازه‌گیری وزن تر و خشک گل‌ها از ترازوی دیجیتالی با دقت یک‌هزارم استفاده شد. برای تعیین وزن خشک بوته‌ها، نمونه‌ها در دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد تا رسیدن به وزن ثابت در داخل آون خشک شدند. استخراج اسانس گل توسط دستگاه کلونجر و به‌روش تقطیر با آب صورت پذیرفت.

سنجش محتوای کلروفیل a، b و کلروفیل کل برگ گیاه براساس روش آرنون^۱ (۱۹۴۹) انجام شد. جذب نوری نمونه‌ها در طول موج‌های ۶۴۵ و ۶۶۳ نانومتر توسط دستگاه اسپکتوفتومتری (مدل Biochrom Libra-S22 ساخت کشور انگلستان) قرائت گردید. سپس با استفاده از رابطه‌های زیر محتوای کلروفیل a، b و کلروفیل کل برحسب میلی‌گرم در یک گرم وزن تر محاسبه شد.

$$\text{Chl}_a = [12.7(D663) - 2.69(D645)] \times V / (1000 \times W) \quad \text{رابطه ۱}$$

$$\text{Chl}_b = [22.9(D645) - 4.68(D663)] \times V / (1000 \times W) \quad \text{رابطه ۲}$$

$$\text{Chl}_T = [20.2(D649) + 80.2(D663)] \times V / (1000 \times W) \quad \text{رابطه ۳}$$

که در آن، D: میزان جذب نوری هر نمونه در اسپکتوفتومتری خوانده‌شده برحسب نانومتر، V: حجم عصاره، W: وزن نمونه تر هستند.

برای اندازه‌گیری مقدار کارتنوئید (میلی‌گرم در یک گرم وزن تر) از روش لیچنتال^۲ (۱۹۸۷) با در نظر گرفتن میزان جذب نمونه‌ها در طول موج ۴۷۰ نانومتر از رابطه زیر استفاده شد:

$$C = (1000 \times A_{470} - 1.8 \text{Chl}_a - 85.52 \text{Chl}_b) / 198$$

در رابطه فوق، A_{470} میزان جذب در طول موج ۴۷۰ نانومتر و Chl_a و Chl_b به ترتیب مقادیر کلروفیل a و b هستند.

ارزیابی میزان فعالیت آنزیم اکسیدان پراکسیداز به روش چنس^۳ و مهلی^۴ (۱۹۵۵) و آنزیم کاتالاز به روش ای‌بی^۵

1. Arnon
2. Lichtenthal
3. Chance
4. Maehly
5. Aebi

(۱۹۸۳) به‌وسیله دستگاه اسپکتروفتومتر صورت گرفت. اندازه‌گیری میزان پرولین برگ به‌روش بیتز^۱ و همکاران (۱۹۷۳) انجام شد و میزان جذب نمونه‌ها در طول موج ۵۲۰ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر اندازه‌گیری گردید. میزان پرولین در نمونه موردبررسی با استفاده از نمودار استاندارد برحسب میلی‌گرم در یک گرم ماده خشک گیاه برآورد شد. تجزیه واریانس داده‌های حاصل از آزمایش، پس از اطمینان از یکنواختی، با استفاده از نرم‌افزار SAS^۲ (نسخه ۹/۱) انجام و میانگین داده‌ها به‌روش LSD^۳ در سطح احتمال پنج درصد مورد مقایسه قرار گرفت. لازم به ذکر است برای صفاتی که برهم‌کنش جلبک دریایی و اسید آمینه معنی‌دار شد، برش‌دهی سطوح اسید آمینه در سطوح مختلف کاربرد جلبک دریایی به‌صورت جداگانه انجام گردید. نمودارهای موردنیاز با استفاده از نرم‌افزار اکسل^۴ رسم شد.

۴. یافته‌های پژوهش

۴.۱. ویژگی‌های فتوسنتزی

براساس نتایج حاصل، برهم‌کنش فاکتورهای عصاره جلبک دریایی و اسید آمینه بر محتوای رنگیزه‌های فتوسنتزی کلروفیل a، b، کلروفیل کل و کاروتنوئید در سطح آماری یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳).

جدول ۳. تجزیه واریانس صفات کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل و کاروتنوئید در بابونه آلمانی

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات			کاروتنوئید
		کلروفیل a	کلروفیل b	کلروفیل کل	
تکرار	۲	۰/۵	۰/۰۷	۰/۵۴	۰/۳
عصاره جلبک دریایی	۲	ns ۱/۴۳	ns ۰/۳۷	ns ۳/۲۲	۲/۴۳*
اسید آمینه	۲	ns ۱/۴۵	ns ۰/۱۹	ns ۲/۶۸	۱۹/۱۳**
جلبک دریایی x اسید آمینه	۴	** ۹/۱۳	** ۱/۵۴	** ۱۸/۱۳	۴/۸۳**
خطای آزمایش	۱۶	۰/۸۸	۰/۰۶	۰/۹۷	۰/۲۹
ضریب تغییرات (درصد)	-	۲۰/۶۰	۱۲/۶۲	۱۵/۰۰	۱۱/۵۱

ns، **، *** به ترتیب غیرمعنی‌دار، معنی‌دار در سطوح ۱ و ۵ درصد.

در تیمار عدم مصرف جلبک، کاربرد اسید آمینه آزمون منجر به افزایش معنی‌دار کلروفیل a و کلروفیل کل (به ترتیب ۶۱ و ۳۳ درصد) گردید. در تیمار محلول‌پاشی عصاره جلبک دریایی، بیش‌ترین محتوای کلروفیل a مربوط به کاربرد آزمون به‌همراه محلول‌پاشی جلبک دریایی بود و موجب افزایش ۱۶/۶۷ درصدی محتوای کلروفیل a نسبت به تیمار جلبک بدون آزمون گردید (۱/۴ در مقابل ۱/۲ میلی‌گرم کلروفیل در گرم ماده تر)، که این افزایش بیانگر نقش هم‌افزایی این ترکیبات در بهبود ظرفیت فتوسنتزی گیاه می‌باشد. همچنین براساس نتایج، کاربرد آزمون در این تیمار افزایش کلروفیل b (۲۰ درصد) و کلروفیل کل (۱۷ درصد) را به‌همراه داشت. در تیمار مصرف جلبک دریایی به‌صورت خاک مصرف نیز، بیش‌ترین مقادیر کلروفیل کل و کلروفیل a مربوط به مصرف اسید آمینه آزمون بود.

در خصوص محتوای کاروتنوئید مشخص شد که بیش‌ترین میزان افزایش صفت یادشده (۲۵ درصد)، در تیمار محلول‌پاشی جلبک دریایی به کاربرد آزمون و در تیمار جلبک خاک مصرف به کاربرد اسید آمینه آمینواسپارک (۵۰ درصد) تعلق داشت.

1. Bates
2. Statistical Analysis System
3. Least Significant Difference
4. Excel

(جدول ۴) و نشان می‌دهد کاربرد اسیدهای آمینه در حضور جلبک دریایی از طریق افزایش پایداری غشاها و کاهش استرس اکسیداتیو، سنتز کاروتنوئید را به‌طور معنی‌داری ارتقا داده و به بهبود عملکرد فتوسنتزی و مقاومت گیاه در برابر تنش‌های محیطی کمک می‌کند.

جدول ۴. مقایسه میانگین بر هم‌کنش جلبک دریایی × اسید آمینه بر رنگیزه‌های فتوسنتزی در گیاه دارویی بابونه آلمانی

تیمارها	اسید آمینه	کلروفیل a	کلروفیل b	کلروفیل کل	کاروتنوئید
		(mg g ⁻¹ FW)	(mg g ⁻¹ FW)	(mg g ⁻¹ FW)	(mg g ⁻¹ FW)
عدم مصرف جلبک دریایی	عدم کاربرد	۰/۷b	۰/۷a	۱/۵ab	۱/۸a
	آمینو اسپارک	۰/۹b	۰/۴ab	۱/۳b	۱/۱ab
	آزومین	۱/۸a	۰/۳b	۲a	۰/۶b
LSD (5%)					
محلول‌پاشی جلبک دریایی	عدم کاربرد	۱/۳b	۰/۵b	۱/۷ab	۱/۲b
	آمینو اسپارک	۱/۱b	۰/۵b	۱/۶b	۱/۱b
	آزومین	۱/۴a	۰/۶a	۲a	۱/۵a
LSD (5%)					
خاک مصرف	عدم کاربرد	۰/۸b	۰/۳b	۱/۲b	۰/۰۱
	آمینو اسپارک	۰/۹ab	۰/۵a	۱/۵b	۱/۲a
	آزومین	۱/۲a	۰/۵a	۱/۸a	۰/۸b
LSD (5%)					
در هر ستون میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد دارای تفاوت معنی‌داری نیستند.					

۲.۴. ویژگی‌های بیوشیمیایی

برهم‌کنش فاکتورهای عصاره جلبک دریایی و اسید آمینه بر فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان (پراکسیداز، کاتالاز و آسکوربات پراکسیداز) و محتوای پرولین برگ در سطح آماری یک درصد و بر صفات عملکرد گل و اسانس در سطح آماری پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۵).

جدول ۵. تجزیه واریانس صفات آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان، محتوای پرولین، عملکرد گل و اسانس در بابونه آلمانی

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات				عملکرد اسانس
		پراکسیداز	کاتالاز	آسکوربیت پراکسیداز	پرولین	عملکرد گل
تکرار	۲	۰/۰۰۱	۰/۰۱	۰/۰۰۷	۰/۰۰۳	۸۸۷۶/۲۵
عصاره جلبک دریایی	۲	۰/۰۷**	۰/۰۲۴ ^{ns}	۰/۰۰۸*	۰/۰۷۱*	۶۹۸۴۱۹**
اسید آمینه	۲	۰/۰۰۴ ^{ns}	۰/۰۴۵*	۰/۰۳**	۰/۱**	۲۲۱۸۶۵**
جلبک دریایی × اسید آمینه	۴	۰/۰۳**	۰/۰۹۳**	۰/۰۳**	۰/۱**	۲۳۳۶۸/۶*
خطای آزمایش	۱۶	۰/۰۰۱	۰/۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۶	۶۴۱۴
ضریب تغییرات (درصد)	-	۱۷/۴	۱۵/۱	۱۳/۹	۱۵/۹	۶/۶۲

ns، **، ***: به ترتیب غیرمعنی‌دار، معنی‌دار در سطوح ۱ و ۵ درصد.

بیش‌ترین میزان فعالیت آنزیم پراکسیداز در تیمار خاک‌مصرف جلبک دریایی به کاربرد اسید آمینه آزومین تعلق داشت، بالاترین مقدار آنزیم کاتالاز در تیمار خاک‌مصرف جلبک دریایی با آزومین مشاهده شد و کم‌ترین مقدار کاتالاز به تیمار عدم مصرف جلبک و اسیدآمینه اختصاص داشت، کاربرد هر دو اسید آمینه آزومین و آمینواسپارک در تیمارهای مختلف کاربرد جلبک دریایی منجر به افزایش فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز گردید و کم‌ترین فعالیت آسکوربات پراکسیداز مربوط به تیمار عدم مصرف جلبک دریایی و عدم مصرف اسیدآمینه بود (جدول ۶).

جدول ۶. مقایسه میانگین اثر متقابل جلبک دریایی × اسید آمینه بر صفات آنزیم پراکسیداز، آنزیم کاتالاز، آنزیم آسکوربیت پراکسیداز، پرولین، عملکرد گل و عملکرد اسانس عملکرد اسانس در گیاه دارویی بابونه آلمانی

تیمارها	اسید آمینه	آنزیم پراکسیداز (میکرومول بر دقیقه)	آنزیم کاتالاز (میکرومول بر دقیقه)	آنزیم آسکوربیت پراکسیداز (میکرومول بر دقیقه)	پرولین (میلی گرم بر گرم وزن تر)	عملکرد گل (کیلوگرم در هکتار)	عملکرد اسانس (گرم در هکتار)
		آنزیم پراکسیداز (میکرومول بر دقیقه)	آنزیم کاتالاز (میکرومول بر دقیقه)	آنزیم آسکوربیت پراکسیداز (میکرومول بر دقیقه)	پرولین (میلی گرم بر گرم وزن تر)	عملکرد گل (کیلوگرم در هکتار)	عملکرد اسانس (گرم در هکتار)
عدم مصرف جلبک دریایی	عدم مصرف	۰/۱a	۰/۲a	۰/۵b	۰/۸b	۷۶۱b	۴۰۹b
	اسپارک	۰/۳a	۰/۲a	۰/۱ab	۰/۵c	۱۱۴۸a	۹۰۹a
	آزومین	۰/۲a	۰/۱b	۰/۶a	۱/۲a	۱۱۳۷a	۷۵۸ab
LSD (5%)							
محلول پاشی جلبک دریایی	عدم مصرف	۰/۶a	۰/۱b	۰/۴b	۰/۳b	۱۱۰۲b	۷۲۸a
	اسپارک	۰/۶a	۰/۱b	۰/۵ab	۰/۷a	۱۲۹۴a	۷۱۳a
	آزومین	۰/۳b	۰/۲a	۰/۶a	۰/۷a	۱۳۴۵a	۷۴۴a
LSD (5%)							
جلبک خاک مصرف	عدم مصرف	۰/۳b	۰/۲a	۰/۳b	۰/۷ ab	۱۴۴۹b	۴۷۳b
	اسپارک	۰/۲b	۰/۱b	۰/۵a	۰/۹a	۱۵۱۴ab	۸۹۳ab
	آزومین	۰/۵a	۰/۲a	۰/۵a	۰/۵b	۱۷۴۷a	۹۸۳a
LSD (5%)							

اعدادی که در هر ستون دارای یک حرف غیر مشابه هستند دارای اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشد.

در این پژوهش، تأثیر عصاره جلبک دریایی و اثرات متقابل کاربرد عصاره جلبک دریایی و اسید آمینه بر محتوای پرولین در سطح آماری یک درصد معنی دار بود (جدول ۵). مقایسه میانگین سطوح کاربردی جلبک دریایی مشخص کرد که تیمار عدم مصرف جلبک دریایی و کاربرد آزومین موجب افزایش ۵۰ درصدی محتوای پرولین برگ نسبت به شاهد گردید (۱/۲ در مقابل ۰/۸۵ میلی گرم پرولین بر گرم وزن تر) که بیانگر بهبود پاسخ‌های اسمزی گیاه تحت تیمار می‌باشد. اگرچه در تیمار جلبک خاک مصرف نیز کاربرد اسید آمینه موجب افزایش غلظت پرولین در مقایسه با تیمار عدم مصرف شد. در این تیمار، کاربرد آمینواسپارک منجر به تجمع بیش‌تر اسید آمینه پرولین در مقایسه با اسید آمینه آزومین گردید، اما این افزایش از نظر آماری معنی دار نبود و هر دو تیمار محلول پاشی اسید آمینه در گروه آماری مشابه قرار گرفتند (شکل ۱).



شکل ۱. مقایسه میانگین تأثیر سطوح مختلف عصاره جلبک دریایی و محلول پاشی اسیدهای آمینه بر محتوای پرولین بابونه آلمانی

۳.۴. عملکرد گل

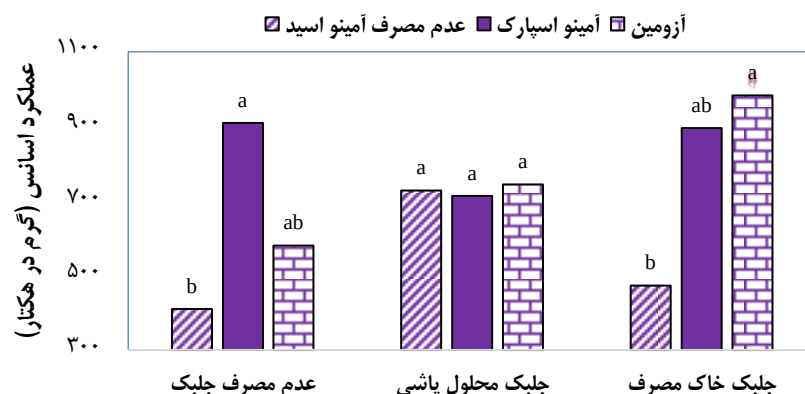
اثر ساده عصاره جلبک دریایی و اسیدهای آمینه بر میزان عملکرد گل بابونه آلمانی در سطح آماری پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۵). نتایج هم‌چنین مشخص کرد برهم‌کنش فاکتورهای عصاره جلبک دریایی و اسیدهای آمینه بر عملکرد گل گیاه بابونه در سطح آماری پنج درصد اثر معنی‌داری داشت (جدول ۶). نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل مشخص کرد در تیمار محلول‌پاشی عصاره جلبک دریایی، کاربرد دو اسید آمینه آمینواسپارک و آزومین موجب افزایش معنی‌دار عملکرد گل (به‌ترتیب ۲۲ و ۱۷ درصد) در مقایسه با تیمار شاهد (عدم کاربرد اسید آمینه) گردید. در تیمار خاک‌مصرف عصاره جلبک دریایی، بیش‌ترین میزان عملکرد گل (۱۷۴۷ کیلوگرم در هکتار) به تیمار کاربرد آزومین اختصاص داشت (شکل ۲) که نسبت به تیمار شاهد این سطح، افزایش ۲۰ درصدی به‌همراه داشت.



شکل ۲. مقایسه میانگین تأثیر سطوح مختلف عصاره جلبک دریایی و محلول‌پاشی اسیدهای آمینه بر عملکرد گل بابونه آلمانی

۴.۴. عملکرد اسانس

اثر محلول‌پاشی اسید آمینه بر عملکرد اسانس در سطح آماری یک درصد و تأثیر کاربرد عصاره جلبک دریایی و هم‌چنین برهم‌کنش این دو عامل بر عملکرد اسانس بابونه در سطح آماری پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۸). نتایج نشان داد کاربرد آزومین در تیمار خاک‌مصرف جلبک دریایی، بیش‌ترین عملکرد اسانس (۹۸۳ گرم در هکتار) را تولید کرد و در مقایسه با تیمار شاهد این سطح، با افزایش ۱۰۷ درصدی همراه بود (شکل ۳).



شکل ۳. مقایسه میانگین تأثیر سطوح مختلف عصاره جلبک دریایی و محلول‌پاشی اسیدهای آمینه بر عملکرد اسانس بابونه آلمانی

۵. بحث

دستیابی به عملکرد بالا و با کیفیت به‌همراه حداکثر مواد مؤثره دارویی مهم‌ترین اصل و هدف در تولید گیاهان دارویی محسوب می‌گردد. برای رسیدن به این هدف تغذیه مطلوب و صحیح گیاهان دارویی در کنار رعایت اصول تولید محصولات سلامت و ارگانیک، علاوه بر محافظت و حفظ سلامت محیط زیست سبب افزایش کمی و کیفی متابولیت‌های ثانویه در گیاهان دارویی می‌گردد. کاربرد کودهای زیستی و آلی نقش قابل‌توجهی در گندکردن روند تخریب خاک‌های زراعی و کاهش آلاینده‌های محیطی بر عهده دارند.

محتوای رنگیزه‌های فتوسنتزی برگ، شاخص مستقیم سلامتی گیاه و نشانگر وضعیت رشدی آن است. نتایج پژوهش‌ها نشان داد که کودهای زیستی می‌توانند به‌طور مستقیم از طریق کمک به جذب منابع (نیتروژن، فسفر و مواد معدنی ضروری) و یا با بهینه‌نمودن سطح هورمون‌های گیاهی و یا به‌طور غیرمستقیم اثرات عوامل بیماری‌زای مختلف را محدود ساخته و به‌رشد گیاه کمک نمایند و از این طریق باعث افزایش محتوای کلروفیل برگ شوند (شوتا^۱ و کائور^۲، ۲۰۱۷). کاربرد عصاره جلبک دریایی با افزایش میزان کلروفیل a و b در چای همراه بود (قیومی محمدی و اسدی قارنه، ۱۳۹۸). به‌نظر می‌رسد یکی از دلایل افزایش کلروفیل در تیمارهای کاربرد جلبک دریایی، وجود هورمون‌های گیاهی به‌ویژه سیتوکینین‌هاست که در فرایند ساخت کلروفیل نقش دارند (پیرانی، عبادی و رضایی، ۱۳۹۹). همچنین وجود عناصر غذایی همچون آهن و منیزیم نیز می‌تواند در سنتز کلروفیل نقش داشته باشد. پژوهش‌گران طی مطالعه‌ای در خصوص کاربرد جلبک دریایی روی گیاه زعفران، تأثیر معنی‌دار و افزایشی کاربرد عصاره جلبک بر محتوای رنگیزه‌های فتوسنتزی را گزارش کردند (امینی‌فرد، خندان ده ارباب و فلاحی، ۱۴۰۰).

پژوهش‌ها نشان داد که افزایش محتوای کلروفیل در صورت کاربرد عصاره جلبک دریایی در گیاه ماش ایجاد شد (بسیم‌فر، ناصری و زرگری، ۱۳۹۴). گروهی از پژوهش‌گران اظهار داشتند که بتائین موجود در عصاره جلبک بر کاهش تخریب کلروفیل تأثیر مثبت دارد (شهبازی^۳ و همکاران، ۲۰۱۵) و در پژوهش دیگری، پژوهش‌گران اظهار داشتند که کاربرد عصاره جلبک دریایی و آمینواسیدها منجر به افزایش غلظت کلروفیل و کارتنوئید در پسته گردید که در راستای نتایج حاصل از این پژوهش می‌باشد (تراب احمدی، عابدی و صابری، ۱۳۹۸). آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی موجود در جلبک از تخریب کلروفیل در برابر رادیکال‌های آزاد محافظت می‌کنند که به پایداری و افزایش کلروفیل کمک می‌کند. افزایش معنی‌دار محتوای پرولین در تیمار آزومین نسبت به شاهد نشان‌دهنده بهبود ظرفیت تنظیم اسمزی و تعدیل آبی گیاه است. این موضوع بیانگر پتانسیل بالای آزومین در ارتقای مقاومت گیاه به تنش‌های محیطی و بهبود عملکرد فیزیولوژیکی می‌باشد که در نهایت می‌تواند با تأثیر مثبت بر ظرفیت فتوسنتزی موجب افزایش عملکرد کمی و کیفی گیاه بابونه آلمانی گردد. عصاره جلبک می‌تواند بر بیوسنتز پلی‌ساکاریدها، پروتئین‌ها، رنگیزه‌های فتوسنتزی، پلی‌فنول‌ها در گیاهان شوند که این ترکیبات بر متابولیسم سلولی تأثیر مثبت داشته و می‌تواند سبب افزایش رشد گیاه و ایجاد غدد اسانس در برگ‌ها شوند (رضایی و همکاران، ۱۳۹۸).

افزایش فعالیت پراکسیداز در این آزمایش به‌دلیل ترکیب پلی‌ساکاریدها و فیتوهورمون‌های موجود در عصاره جلبک به‌علاوه تأمین اسیدهای آمینه ضروری برای سنتز پروتئین‌های دفاعی است که باعث تحریک مسیرهای دفاعی گیاه و افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی می‌شود. مصرف عصاره جلبک دریایی موجب افزایش قابل‌ملاحظه فعالیت

آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان در گیاهان مختلفی نظیر گندم و آفتابگردان می‌گردد (چرنانه^۱ و همکاران، ۲۰۱۵). استفاده از عصاره جلبک دریایی می‌تواند به بهبود سیستم دفاعی گیاه در برابر استرس کمک کند، زیرا عصاره جلبک دریایی دارای مقدار زیادی ترکیبات فعال زیستی از جمله بتائین، پرولین و اسیدهای آمینه معطر است (شی^۲، ۲۰۱۴). جلبک‌های دریایی حاوی ترکیبات تیمولیکی هستند. تیمولیک‌ها متابولیت‌های ثانویه هستند که در حفاظت از اجزای سلولی نقش دارند. تیمولیک‌ها در تحریک فعالیت آنتی‌اکسیدانی و مهار رادیکال‌های آزاد نقش دارند (وانگ^۳ و همکاران، ۲۰۰۹).

به‌طور کلی بالاترین عملکرد گل در بابونه آلمانی با مصرف توأم جلبک دریایی به‌صورت خاک‌مصرف و محلول‌پاشی اسیدآمینه آرومین حاصل شد که این ترکیب باعث افزایش معنی‌دار عملکرد نسبت به شاهد و سایر تیمارها شد. این یافته تأکیدی است بر اهمیت هم‌افزایی ورودی‌های زیستی در بهبود عملکرد گیاهان دارویی. ترکیب جلبک و اسیدآمینه باعث بهبود فتوسنتز، افزایش محتوای کلروفیل، بهبود تقسیم سلولی به‌واسطه هورمون‌های گیاهی (مانند سیتوکینین و جبریلین موجود در جلبک) و در نهایت افزایش تعداد و وزن گل‌ها شده است. کاربرد عصاره جلبک دریایی منجر به افزایش عملکرد گل و کلاله زعفران گردید و افزایش میزان گلدهی می‌تواند در اثر بهبود رشد، افزایش حجم ریشه و جذب بهتر عناصر غذایی باشد (امینی‌فرد و همکاران، ۱۴۰۰). اظهار داشتند که عصاره جلبک دریایی در افزایش تولید و انتقال سیتوکینین‌ها از ریشه به اندام‌های زایشی و متعاقب آن شروع گلدهی و افزایش عملکرد گیاه نقش دارد (رامیا^۴ و همکاران، ۲۰۱۵). از دلایل افزایش عملکرد گل می‌توان به وجود ترکیبات محرک رشد و عناصر ماکرو و میکرو در عصاره جلبک دریایی اشاره نمود. برخی پژوهش‌گران اظهار داشتند عصاره جلبک دریایی قادر است جذب عناصر غذایی از خاک را افزایش داده و از این طریق موجب افزایش رشد و عملکرد کمی و کیفی به‌ویژه در گیاهان دارویی گردد. همچنین وجود اثرات سینرژیک هورمون‌های گیاهی همچون اکسین‌ها، سیتوکینین‌ها و پلی‌آمین‌ها (پاپنفوس و همکاران، ۲۰۱۳) نیز می‌تواند در حصول این نتایج نقش داشته باشد. رضایی و همکاران (۱۳۹۹) و پیرانی و همکاران (۱۳۹۹) گزارش کردند کاربرد کود عصاره جلبک دریایی موجب افزایش عملکرد کمی و کیفی گیاهان دارویی مرزه و زوفا گردید که با نتایج پژوهش حاضر کاملاً همخوانی داشت.

در این پژوهش کاربرد اسیدهای آمینه موجب افزایش عملکرد گل و اسانس گیاه بابونه آلمانی گردید. ترکیب تیمارها به‌واسطه افزایش سنتز متابولیت‌های ثانویه (به‌ویژه ترپن‌ها به‌عنوان ترکیبات اصلی اسانس) از طریق بهبود مسیرهای بیوسنتزی موآلونات و مسیر غیرموآلونات در کلروپلاست باعث افزایش تولید اسانس شد. نتایج حاصل از این پژوهش در خصوص تأثیر مثبت کاربرد جلبک دریایی بر عملکرد اسانس با گزارش‌های مرتبط در این زمینه هم‌خوانی دارد. از سوی دیگر، با افزایش رشد گیاه و افزایش عملکرد گل در تیمارهای کاربرد عصاره جلبک و اسید آمینه، افزایش عملکرد اسانس دور از انتظار نیست. برخی پژوهش‌گران بر این باورند که کودهای زیستی با تأثیر مستقیم بر ایجاد کرک‌های ذخیره‌کننده اسانس در گیاهان دارویی و معطر و توسعه تولید اسانس در آن‌ها، سبب افزایش محتوای مواد مؤثره می‌شوند (الوهاب^۵ و همکاران، ۲۰۱۶).

کاربرد عصاره جلبک دریایی موجب افزایش عملکرد رویشی و همچنین افزایش میزان اسانس در گیاهان دارویی نعنا و ریحان شده است (النصاری و همکاران، ۲۰۱۶). استفاده از جلبک دریایی میزان اسانس در گیاه دارویی زوفا را افزایش داد (پیرانی و همکاران، ۱۳۹۹). در خصوص کاربرد کودهای آلی جلبک دریایی و هیومیک‌اسید و کود شیمیایی روی گیاه دارویی شنبلیله مشخص شد که بیش‌ترین درصد اسانس (۹۷ درصد) و عملکرد اسانس در گلدان (۱۴ درصد افزایش) در تیمار استفاده از

1. Chernane

2. Shi

3. Wang

4. Ramya

5. El-Wahab

کود آلی جلبک دریایی حاصل گردید (مفاخری، ۱۳۹۶). کاربرد کود مایع جلبک دریایی^۱ با غلظت یک میلی‌لیتر در لیتر باعث افزایش معنی‌دار رشد رویشی و درصد و عملکرد اسانس گیاه دارویی مرزه شد (رضایی، عبادی و پیرانی، ۱۳۹۸). بنابراین، به‌نظر می‌رسد وجود عناصر غذایی همچون نیتروژن و فسفر در عصاره جلبک دریایی در حصول این نتایج تأثیرگذار بوده است. طی پژوهشی تأثیر کاربرد عصاره جلبک دریایی و اسید آمینه بر گیاه شمعدانی عطری مورد مطالعه قرار گرفت و گزارش شد که کاربرد اسید آمینه منجر به افزایش عملکرد اسانس و ترکیبات آن گردید (روشنی^۲ و اسدی قرنه، ۲۰۱۹).

در همین راستا، مشخص شد محلول‌پاشی اسید آمینه موجب افزایش عملکرد گل خشک و عملکرد اسانس بابونه می‌گردد (گل‌زاده و همکاران، ۱۳۹۰). تأثیر مثبت اسیدهای آمینه روی عملکرد و اجزای عملکرد به جهت اهمیت اسیدهای آمینه در گستره وسیعی از بیوسنتز انواع مختلفی از ترکیبات حاوی نیتروژن همچون رنگیزه‌های فتوسنتزی، ویتامین‌ها، پورین‌ها و پیریمیدین نسبت داده می‌شود (السعید^۳ و مهدی^۴، ۲۰۱۶). نقش اسیدهای آمینه در بهبود عملکرد کمی و کیفی گیاهان را می‌توان به دلیل تأثیر آن‌ها در کمک به تعادل یونی، افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی و کمک به افزایش دسترسی به نیتروژن دانست. کاربرد محلول‌پاشی برخی اسیدهای آمینه در تولید اسید آسکوربیک مؤثر بوده که این کار با کاهش فعالیت رادیکال‌های آزاد صورت می‌پذیرد (دانایی و عبدوسی، ۱۳۹۷).

۶. نتیجه‌گیری و پیشنهادها

با توجه به نقش گیاهان دارویی در سلامت جامعه و سیستم بهداشت و همچنین پتانسیل قابل توجه این محصولات در امر صادرات و درآمدزایی ارزی برای کشور، مطالعه روش‌های تغذیه‌ای برای بهبود عملکرد کمی و کیفی این محصولات از اهمیت بالایی برخوردار است.

نتایج این پژوهش نشان داد مصرف همزمان جلبک دریایی و اسیدآمینه آزومین به‌طور معنی‌داری باعث بهبود فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی (پراکسیداز، کاتالاز، آسکوربات پراکسیداز)، افزایش محتوای پروتئین، عملکرد گل و عملکرد اسانس در گیاه بابونه آلمانی شد. بالاترین مقادیر این شاخص‌ها در تیمار خاک‌مصرف جلبک دریایی و اسیدآمینه آزومین ثبت گردید. بر این اساس می‌توان نتیجه گرفت کاربرد خارجی آمینواسیدها و عصاره جلبک دریایی از طریق تسهیل دسترسی به عناصر غذایی، بهبود بیوسنتز کلروفیل و تقویت توان فتوسنتزی، افزایش سنتز پروتئین‌ها و ارتقای توان آنتی‌اکسیدانی گیاه، تحریک بیوسنتز متابولیت‌های ثانویه (مانند ترپن‌ها) و افزایش مقاومت در برابر تنش موجب بهبود عملکرد کمی و کیفی گیاه بابونه آلمانی می‌گردد. بنابراین، استفاده از این محرک‌های زیستی می‌تواند به عنوان یک راه کار پایدار و دوست‌دار محیط زیست در کشاورزی برای افزایش بهره‌وری گیاهان دارویی به‌ویژه گیاه دارویی بابونه آلمانی مورد استفاده قرار گیرد.

۷. تشکر و قدردانی

از تمام عزیزانی که با ما در انجام این پژوهش همکاری و همراهی کردند، تشکر و قدردانی می‌گردد.

۸. تعارض منافع

هیچ گونه تعارض منافع توسط نویسندگان وجود ندارد.

1. *Ascophyllum nodosum*
2. Roshani
3. El-Said
4. Mahdy

۹. منابع

- آذرپیرا، ادریس؛ رحیمی، محمد و حسینی، سارا (۱۳۹۸). تأثیر محلول‌پاشی اسیدهای آمینه بر ویژگی‌های فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گیاه دارویی نعنای، *تحقیقات گیاهان دارویی ایران*، ۱۳ (۵)، ۲۱۰-۲۰۱.
- امینی‌فرد، محمدحسین؛ کاوه، حامد؛ خندان ده ارباب، سکینه و فلاحی، حمیدرضا (۱۴۰۰). اثرات سطوح مختلف عصاره جلبک و وزن بنه مادر بر محتوای رنگدانه فتوسنتزی، رشد و عملکرد زعفران. *تحقیقات زعفران*، ۹ (۲)، ۳۰۹-۲۹۶.
- ایمانی، محسن؛ داداشی، محمدرضا؛ فرجی، ابوالفضل؛ سلطانی، افشین و مصنوعی، هدیه (۱۴۰۱). بررسی اثرات محرک‌های زیستی جلبک دریایی و اسید هیومیک و برخی مواد مغذی بر بذر و سایر صفات مرتبط در سویا. *تحقیقات بذر*، ۱۲ (۱)، ۶۱-۵۴.
- بسیم فر، رامیلا؛ نصری، محمد و زرگری، کاوه (۱۳۹۴). تأثیر عصاره جلبک دریایی و ورمی کمپوست بر عملکرد و اجزای عملکرد و فسفر و کلروفیل ماش در منطقه ورامین. *پژوهش‌های زراعی در حاشیه کویر*، ۱۲ (۲)، ۹۲-۸۱.
- پیرانی، حسن؛ عبادی، محمدتقی و رضایی، علی (۱۳۹۹). تأثیر محلول‌پاشی عصاره جلبک دریایی بر محتوای کلروفیل و ویژگی‌های رشدی گیاه زوفا (*Hyssopus officinalis* L.). *تحقیقات گیاهان دارویی ایران*، ۱۴ (۳)، ۱۳۰-۱۲۰.
- تراب‌احمدی، صابر؛ عابدی، بهرام و صابر علی، سیدفرهاد (۱۳۹۸). ارزیابی برخی ویژگی‌های کمی و کیفی گیاه پسته در پاسخ به ترکیبات اسیدآمینه و عصاره جلبک دریایی. *علوم کشاورزی و تولید پایدار*، ۲۹ (۴)، ۲۰۴-۱۸۹.
- ربیعی، زهرا و رفیع‌ان‌کوپایی، محمود (۱۳۹۷). مروری بر اثرات دارویی بابونه (*Matricaria chamomilla* L.). *فیزیولوژی و فارماکولوژی ایران*، ۲ (۴)، ۲۴۸-۲۴۰.
- رضایی، علی؛ عبادی، محمدتقی و پیرانی، حسن (۱۳۹۸). تأثیر سطوح مختلف کود جلبک دریایی بر پارامترهای رشد، عملکرد و میزان اسانس مرزه تابستانی (*Satureja hortensis* L.). *علوم باغبانی*، ۳۳ (۴)، ۶۹۶-۶۸۵.
- سلطانی، فاطمه؛ هادوی، ابراهیم و قاضی‌جهانی، نوشین (۱۳۹۶). تأثیر محلول‌پاشی گلوتامین، اسید سیتریک و اسید مالیک بر شاخص‌های رشد و کیفیت و مورفولوژی گیاه شیرین بیان (*Glycyrrhiza glabra* L.). *فصلنامه گیاه و زیست‌فناوری ایران*، ۱۲ (۳)، ۵۸-۴۷.
- فرهنگی‌آبریز، سالار و قاسمی‌گل‌عزانی، کاظم (۱۳۹۸). بررسی محلول‌پاشی برگ‌های اسیدهای آمینه بر تعدیل چرخه آسکوربات-گلوکاتیون و تحمل به خشکی در گیاه سویا. *فیزیولوژی و زیست‌شناسی مولکولی گیاهان*، ۲۴، ۸۷۳-۸۶۵.
- قیومی‌محمدی، نرگس و اسدی‌قارنه، حسن علی (۱۳۹۷). اثر محلول‌پاشی جلبک دریایی و کاربرد ورمی کمپوست بر ویژگی‌های کمی و کیفی گیاه دارویی چای‌ترش (*Hibiscus sabdariffa* L.). *تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران*، ۳۴ (۶)، ۸۸۷-۸۷۱.
- مفاخری، سودابه (۱۳۹۶). تأثیر کاربرد برخی کودهای آلی و شیمیایی بر صفات مورفولوژیکی و بیوشیمیایی گیاه دارویی شنبلیله (*Trigonella foenum-graecum* L.). *تولیدات گیاهی*، ۴۰ (۳)، ۴۰-۲۷.
- ملکی، عباس؛ جهانی، فاطمه و پازوکی، علیرضا (۱۳۹۶). ارزیابی مدیریت سیستم یکپارچه در نهاده‌های آلی، بیولوژیکی و شیمیایی بر ویژگی‌های عملکرد و کارایی نیتروژن بابونه آلمانی. *اکوفیزیولوژی گیاهی*، ۱۱ (۳۷)، ۱۲۰-۱۰۷.

References

- Aebi, H. (1984). Catalase in vitro. *Methods in Enzymology*, 105, 121-126.
- Aminifard, M. H., Khandan deh Arbab, S., Fallahi, H. R., & Kaveh, H. (2022). The effect of algae extract levels and mother corm weight on photosynthetic pigment content and vegetative and reproductive growth of saffron (*Crocus sativus* L.). *Saffron Research*, 2(18): 296 -309. (In Persian).
- Arnon, D. I. (1949). Copper Enzymes in Isolated Chloroplasts. Polyphenoloxidase in Beta Vulgaris. *Plant Physiology*, 24(1):1.
- Azarpira, A., Rahimi, M., & Hosseini, S. (2019). Effects of foliar application of amino acids on physiological and biochemical traits of peppermint (*Mentha piperita*). *Iranian Journal of Medicinal Plant Research*, 13(5), 201-210. (In Persian).

- Basimfar, R., Nasri, M., & Zargari, K. (2015). Effect of seaweed extract and vermicompost on yield and yield components and phosphor and chlorophyll of Mung bean in Varamin region. *Agronomic Research in Semi Desert Regions*, 14(3), 81-92. (In Persian).
- Bates, L. S., Waldren, R. P. A., & Teare, I. D. (1973). Rapid determination of free proline for water-stress studies. *Plant and Soil*, 39, 205-207.
- Chance, B., & Maehly, C. (1955). Assay of Catalases and Peroxidases, In: Colowick, S.P., Kaplan.
- Chernane, Halima., Salma Latique., Mounir Mansori., & Mimoun El Kaoua. (2015). Salt Stress Tolerance and Antioxidative Mechanisms in Wheat Plants (*Triticum durum* L.) by seaweed extracts application. *Agriculture and Veterinary Science*, 8(3), 36-44.
- Dawood, M. G. (2018). Weed management, folic acid and seaweed extract effects on Faba bean plants and associated weeds under sandy soil conditions. *Agricultural Engineering International: CIGR Journal*, 19(5), 27-34.
- Du Jardin, P. (2015). Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and regulation. *Scientia Horticulturae*, 196, 3-14.
- Ekor, M. (2014). The growing use of herbal medicines: Issues relating to adverse reactions and challenges in monitoring safety. *Frontiers in Pharmacology*, 4, 177.
- Elansary, H.O., Yessoufou, K., Shokralla, S., Mahmoud, E.A., & Skalicka-Woźniak, K. (2016). Enhancing mint and basil oil composition and antibacterial activity using seaweed extracts. *Industrial Crops and Products*, 92, 50-56.
- El-Said, M. A. A., & Mahdy, A. Y. (2016). Response of two wheat cultivars to foliar application with amino acids under low levels of nitrogen fertilization. *Middle East Journal of Agriculture Research*, 5(4), 462-472.
- El-Wahab, A., Ellabban, H. M., & Moghith, W. M. A. (2016). Combined effect of organic and biofertilizer on herb yield and essential oil production of *Origanum vulgare* L. plants under sandy soil conditions. *Journal of Agricultural Research*, 42, 144-159.
- Farhangi-Abri, S., & Ghassemi-Golezani, K. (2018). Foliar application of amino acids modulates ascorbate-glutathione cycle and enhances drought tolerance in soybean plants. *Physiology and Molecular Biology of Plants*, 24, 865-873. (In Persian).
- Ghayoumi-Mohammadi, N., & Asadi-Gharneh, H.A. (2019). Effects of foliar application and use of vermicompost on quantitative and qualitative characteristics of roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.). *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research*, 34(6), 871-887. (In Persian).
- Imani, M., Dadashi, M. R., Faraji, A., Soltani, A., & Mosanaei, H. (2022). Review on the effects of biostimulants of seaweed and humic acid and some nutrients on seeding and other related traits in soybean. *Journal of Seed Research*, 12(1), 54-61. (In Persian).
- Jahani, F., Maleki, A., & Pazoki, A. (2019). Evaluation of Integrated System management in Organic, Biological and Chemical Inputs on Yield Characteristics and nitrogen Efficiency of German Chamomile. *Plant Ecophysiology*, 37(11), 107-120. (In Persian).
- Kapoor, R. V., Wood, E. E., & Llewellyn, C. A. (2021). Algae biostimulants: A critical look at microalgal biostimulants for sustainable agricultural practices. *Biotechnology Advances*, 49, 107754.
- Kocira, S., A. Kocira, R., Kornas, M., Koszel, M., Szmigielski, M., Krajewska, A., & Szparaga, Z. (2018). Effects of Seaweed Extract on Yield and Protein Content of Two Common Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) Cultivars. *Legume Research-An International Journal*, 41(4), 589-93.
- Kolanos, R., & Stice, S. A. (2021). German chamomile. In R. R. Watson, V. R. Preedy, & S. Zibadi (Eds.), *Nutraceuticals* (pp. 757-772). Academic Press.
- Khan, W., Rayirath, U. P., Subramanian, S., Jithesh, M. N., Rayorath, P., Hodges, D. M., & Prithiviraj, B. (2009). Seaweed extracts as biostimulants of plant growth and development. *Journal of Plant Growth Regulation*, 28, 386-399.
- Lichtenthaler, H. K. (1987). Chlorophylls and carotenoids: Pigments of photosynthetic biomembranes. *Methods in Enzymology*, 148, 350-382.
- Liu, X.Q., & Lee, K.S. (2012). Effect of mixed amino acids on crop growth. *Journal of Agricultural Science*, 1, 119-158.
- Mafakheri, S. (2017). Effect of Some Organic and Chemical Fertilizers on Morphological and Biochemical Factors of Fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.). *Plant Production*, 40(3), 27-40. (In Persian).

- Maleki, A., Jahani, F., & Pazouki, A. (2017). Evaluation of integrated system management of organic, biological, and chemical inputs on yield traits and nitrogen use efficiency of German chamomile (*Matricaria chamomilla*). *Plant Ecophysiology*, 11(37), 107-120. (In Persian).
- Mirseyedi, S. K., Nasiri, Y., Morshedloo, M., & Khalili, M. (2020). Evaluation of organic, chemical, biological and amino acids application on quantitative and qualitative characteristics of chamomile (*Matricaria chamomilla* L.) at different harvesting. *Iranian Journal of Horticultural Science*, 50(4), 755-767. (In Persian).
- Özbay, N., & Demirkıran, A. R. (2019). Enhancement of growth in ornamental pepper (*Capsicum annuum* L.) plants with application of a commercial seaweed product, Stimplex. *Applied Ecology and Environmental Research*, 17(2), 4361-4375.
- Papenfus, H. B., Kulkarni, M. G., Stirk, W. A., Finnie, J. F., & Van Staden, J. (2013). Effect of a commercial seaweed extract (Kelpak®) and polyamines on nutrient-deprived (N, P and K) okra seedlings. *Scientia Horticulturae*, 151, 142-146.
- Pasian, C. (2019). Micronutrient disorders. *Ohaio State University Fact Sheet HYG*. 1252-1259.
- Pirani, H., Abadi, A., & Rezaei, S. (2020). Effects of seaweed extract foliar application on chlorophyll content and growth characteristics of plant Hyssop (*Hyssopus officinalis* L.). *Iranian Journal of Medicinal Plant Research*, 14(3), 120-130. (In Persian).
- Rabiei, Z., & Rafieian kohpaiei, M. (2018). A review on the pharmacological effects of *Matricaria chamomilla*. *Iranian Journal of Physiology and Pharmacology*, 2(4), 284-240. (In Persian).
- Rady, M.M., & Mohamed, G.F. (2015). Modulation of antioxidant defenses and osmoprotectant accumulation in drought-stressed wheat by glycinebetaine and proline application. *Physiology and Molecular Biology of Plants*, 21, 379-388.
- Raeisi, M., Farahani, L., & Palashi, M. (2014). Changes of qualitative and quantitative properties of radish (*Raphanus sativus* L.) under foliar spraying through amino acid. *International Journal of Biological Macromolecules*, 4(1), 463- 46.
- Ramya, S. S., Vijayanand, N., & Rathinavel, S. (2015). Foliar application of liquid biofertilizer of brown alga *Stoechospermum marginatum* on growth, biochemical and yield of *Solanum melongena*. *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture*, 4, 167-173.
- Rezaei, A., Ebadi, M. T., & Pirani, H. (2020). Effect of Different levels of Seaweed Fertilizer on Growth Parameters, Yield and Essential Oil Content of Summer Savory (*Satureja hortensis* L.). *Journal of Horticultureral Science*, 33(4), 685- 696. (In Persian).
- Roshani, S., & Asad-Ghrneh, H. A. (2010). Assessment Effects of Different Level of Amino Acid and Seaweed Extract on Growth Traits and Essence Components of Sweet Scented Geranium (*Pelargonium graveolens* L.). *Journal of Crop Nutrition Science*, 5(2), 12-24.
- Saravanan, S., Thamburaj, S., Veeraragavathatham, D., Subbiah, A. 2003. Effect of Seaweed Extract and Chlormequat on Growth and Fruit Yield of Tomato (*Lycopersicon Esculentum* Mill.). *Indian Journal of Agricultural Research*, 37(2), 79-87.
- Sh, S. M. (2014). Role of ascorbic acid and α tocopherol in alleviating salinity stress on flax plant (*Linum usitatissimum* L.). *Journal of Stress Physiology & Biochemistry*, 10(1), 93-111.
- Shahbazi, F., Seyyed nejad, F., Salimi, M., & Gilani, A. (2015). Effect of seaweed extracts on the growth and biochemical constituents of wheat. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*, 8(3), 283-287.
- Shweta, S., & Kaur, M. (2017). Plant hormones synthesized by microorganisms and their role in biofertilizer- A review article. *International Journal of Advanced Research*, 5(12), 1753-1763.
- Soltani, F., Hadavi, E., & Ghazi Jahani, N. (2017). The effect of foliar application of glutamine, citric acid and malic acid on the growth, quality and morphological traits of licorice (*Glycyrrhiza glabra* L.). *Journal of Plant and Biotechnology*, 12(3), 47-58. (In Persian).
- Torab Hamdi, 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. *Agricultural Science and Sustainable Production*, 29(4), 189- 204. (In Persian).
- Wang, T., Jonsdottir, R., & Ólafsdóttir, G. (2009). Total phenolic compounds, radical scavenging and metal chelation of extracts from Icelandic seaweeds. *Food Chemistry*, 116(1), 240-248.
- Ye, S., Peng, B., & Liu, T. (2022). Effects of organic fertilizers on growth characteristics and fruit quality in pear-jujube in the loess plateau. *Scientific Reports*, 12, 13372.