مقاله پژوهشی
یافته‌های نوین در علوم زیستی
جلد ۹، شماره ۱، صفحات ۶۱ الی ۶۹ (۱۴۰۱)
انتشارات دانشگاه خوارزمی

Research Article
Nova Biologica Reperta 9(1): 61-69 (2022)
Print ISSN: 2423-6330/Online ISSN: 2476-7115
https://nbr.khu.ac.ir; Kharazmi University Press; DOI: 10.29252/nbr.9.1.61

تأثیر محلول‌پاشی عصاره جلبک قهوه‌ای *Ascophyllum nodosum* بر صفات مورفوفیزیولوژیک لوبیا (*Phaseolus vulgaris*) تحت تنش کم‌آبی

محسن علیزاده[۱]، نظام آرمند[۲]، مریم رحیمی[۱] و شکوفه حاجی‌هاشمی[۲]

[۱]گروه زیست شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه ملایر، ملایر، ایران؛ [۲]گروه زیست شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه صنعتی خاتم الانبیاء بهبهان، خوزستان، ایران
مسئول مکاتبات: نظام آرمند، nezamarmand@yahoo.com

چکیده. عصاره جلبک‌های دریایی به سبب دارا بودن مواد مغذی فراوان، ظرفیت نگه‌داری آب بالا، تنظیم کننده‌های رشد گیاهی و وجود ریزجانداران مفید می‌تواند خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک را بهبود و تأثیر مطلوب بر رشد و نمو گیاهان داشته باشد. به این منظور آزمایشی با هدف بررسی تأثیر عصاره جلبک قهوه‌ای آسکوفیلوم نودوسوم (*Ascophyllum nodosum*) بر شاخص‌های مورفوفیزیولوژیکی گیاه لوبیا تحت تنش کمبود آب به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار به اجراء درآمد. تیمارهای آزمایش شامل ۴ سطح محلول پاشی عصاره جلبک دریایی (۰، ۰/۲، ۰/۴ و ۰/۶ درصد حجمی) و ۳ سطح تنش کم‌آبی شامل بدون تنش، تنش ملایم و تنش شدید (به ترتیب آبیاری در سطح ۷۵، ۵۰ و ۲۵ درصد ظرفیت زراعی) بود. نتایج نشان داد که اثرات متقابل تنش و عصاره جلبکی بر صفات مورد بررسی معنی‌دار نبود اما عصاره جلبک دریایی آسکوفیلوم به تنهایی موجب افزایش معنی‌دار سطح و تعداد برگ، طول برگ، سطح و طول ریشه، وزن خشک ریشه، محتوای کلروفیل a، b و محتوای کلروفیل کل شد. کاربرد عصاره جلبکی در سطوح ۰/۲ و ۰/۴ درصد باعث افزایش معنی‌دار پارامترهای اندازه‌گیری شده در مقایسه با شاهد شد. در بررسی اثرات تنش کم‌آبی مشاهده شد که با افزایش شدت تنش از ۷۵ درصد ظرفیت زراعی به ۲۵ درصد ظرفیت زراعی تمامی صفات مورد بررسی کاهش معنی‌داری داشت. نتایج این پژوهش نشان داد که محلول پاشی عصاره جلبک دریایی موجب افزایش معنی‌دار برخی خصوصیات ریخت شناختی و رنگدانه‌های فتوسنتزی شد، درحالیکه تنش کم‌آبی سبب کاهش معنی‌دار شاخص‌های مورد بررسی شد.

واژه‌های کلیدی. تنش کم‌آبی، رنگدانه‌های فتوسنتزی، صفات رشدی، لوبیا

Effect of foliar application of seaweed *Ascophyllum nodosum* extract on morpho-physiological characteristics of bean (*Phaseolus vulgaris*) under water stress

Mohsen Alizadeh[1], Nezam Armand[2], Maryam Rahimi[1] & Shokoofeh Hajihashemi[2]

[1]Department of Biology, Faculty of Sciences, Malayer University, Malayer, Iran; [2]Department of Biology, Faculty of Sciences, Behbahan Khatam Alanbia University of Technology, Khuzestan, Iran
Correspondent author: Nezam Armand, nezamarmand@yahoo.com

Abstract. Seaweed extract can improve the physicochemical properties of the soil and has a favorable effect on the plant growth and development due to having high nutrient content, high water holding capacity, plant growth regulators and beneficial microorganisms. The aim of this experiment was to investigate the effect of *Ascophyllum nodosum* extract, a brown alga, on the morphophysiological characteristics of bean plant (*Phaseolus vulgaris*) under water stress. The experiment was performed in a Completely Randomized Factorial Design with three replications. Experimental treatments included 4 concentrations of foliar application of seaweed extract (0, 0.2, 0.4 and 0.6%) and 3 levels of water stress including no stress, mild stress and severe stress (irrigation at 75, 50 and 25% of field capacity, respectively). The results showed that the interaction effects of stress and algal extract on the evaluated traits were not significant. However, the seaweed extract significantly increased the leaf area, number of the leaves, leaf length, surface and length of the roots, root dry weight, the content of chlorophyll a and b and the total chlorophyll content. Application of algal extract at levels of 0.2 and 0.4% caused a significant increase in the evaluated parameters as compared with the control plants. The evaluation of water scarcity stress effects showed a significant reduction in the all studied characteristics in accordance with increasing water stress level from 75% to 25% of field capacity. The results of this study showed that foliar application of seaweed extract significantly increased some morphological and photosynthetic properties, while water stress significantly reduced the investigated parameters.

Key words. bean, growth traits, photosynthetic pigments, water stress

Received 29.04.2021/ Revised 18.12.2021/ Accepted 08.01.2022/ Published 20.03.2022
دریافت: ۱۴۰۰/۰۲/۰۹/ اصلاح: ۱۴۰۰/۰۹/۲۷/ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۰/۱۸/ انتشار: ۱۴۰۱/۰۱/۰۱

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2024-12-22]
[DOR: 20.1001.1.24236330.2022.9.1.6.6]
[DOI: 10.52547/nbr.9.1.61]

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2024-12-22]
[DOR: 20.1001.1.24236330.2022.9.1.6.6]
[DOI: 10.52547/nbr.9.1.61]

مقدمه

لوبیا با نام علمی *Phaseolus vulgaris* یکی از مهم‌ترین گونه های زراعی تیره باقلائیان (Fabaceae) به شمار می‌آید و با داشتن ۲۵-۲۲ درصد پروتئین و ۵۸-۵۶ درصد کربوهیدرات در بسیاری از کشورهای در حال توسعه به‌عنوان یکی از منابع مهم پروتئین گیاهی محسوب می‌شود (Ahmadpour et al., 2019). این گونه زراعی در سرتاسر دنیا کشت می‌شود و با خصوصیاتی همچون توانایی تثبیت نیتروژن، ریشه دهی عمیق و استفاده مؤثر از نزولات جوی نقش مهمی را در ثبات تولید نظام‌های زراعی ایفا می‌کند (Armand et al., 2015).

تنش کم آبی مهم‌ترین عامل تهدیدکننده تولید موفقیت‌آمیز گیاهان تیره بقولات نظیر لوبیا، نخود و عدس است. کشت بسیاری از گونه‌های مذکور در مناطق نیمه سردسیر به صورت پاییزه و در مناطق سردسیر به صورت بهاره و عمدتاً به صورت دیم (۹۲ درصد) و با استفاده از رطوبت ذخیره شده در خاک انجام می‌شود (Parsa & Bagheri, 2008). در چنین مناطقی کمبود رطوبت خاک مهم‌ترین عامل مؤثر در جهت کاهش خصوصیات فیزیولوژیک، ریخت شناختی و در نهایت عملکرد گیاه است (Ahmadpour et al., 2016; Rahbarian et al., 2011). با وجود این که لوبیا نسبتا به کم آبی مقاوم است اما مطالعات متعددی گزارش کردند که کمبود آب از مهم‌ترین عوامل کاهش خصوصیات مورفوفیزیولوژیکی و عملکردی در این گونه محسوب می‌شود (Rasti sani et al., 2014).

پاسخ گیاهان نسبت به کمبود آب قابل دسترس در محیط کشت، به مرحله رشد، شدت و مدت تنش وابسته است. تنش کمبود آب علاوه بر این که بر صفات ریخت شناختی (نظیر ارتفاع بوته، تعداد غلاف، وزن تر و خشک بوته، تعداد برگ و دانه، خصوصیات ریشه) تأثیر منفی شدید دارد، بر صفات فیزیولوژیک نیز مؤثر است، به صورتی که رنگدانه‌های فتوسنتزی نظیر کلروفیل‌ها و کاروتنوئیدها تحت شرایط کم‌آبی به شدت کاهش می‌یابند (Amiri et al., 2017). بنابراین اتخاذ راهکارهایی که بتواند اثرات منفی تنش خشکی را در گیاه کاهش داده و منجر به افزایش محصول گردد، بسیار اهمیت دارد.

در شرایط تنش خشکی، بالا بردن توانایی رویشی و کاربرد تیمارهای مناسب در جهت کاهش اثرات منفی تنش، راهکاری مناسب در جهت افزایش رشد و عملکرد گیاه، استقرار مناسب گیاهچه‌ها و ایجاد یک سیستم ریشه‌ای قوی است (Hosseinzadeh et al., 2017). محلول پاشی عصاره جلبکی روشی کاربردی است که می‌تواند در سطح گسترده‌ای در تحریک رشد و بهبود یکنواختی رشد گیاهچه‌ها به‌کار گرفته شود. در این روش از عوامل زیستی نظیر عصاره‌های مختلف جلبکی به عنوان تیمار در جهت افزایش خصوصیات مورفوفیزیولوژیک استفاده می‌شود (Halmer, 2000). به طور کلی، عصاره‌های جلبکی حاوی عناصر غذایی مغذی و پرمصرف نظیر نیتروژن، پتاسیم، کلسیم، منیزیم و عناصر غذایی کم مصرف نظیر آهن، روی، مس و منگنز به وفور هستند (Zhang & Ervin, 2008; Ahmadpour et al., 2019). برخی از مطالعات نشان داده است که تلقیح جلبک‌ها در محیط‌های غذایی کشت گیاهان منجر به افزایش معنی‌دار خصوصیات رشدی گیاه می‌شود (Caffagni et al., 2015) و همچنین استفاده از آن ها موجب تأخیر در پیری، تحریک ریشه‌زایی و رشد ریشه می‌گردد (Craigie, 2011). در گندم نیز کاربرد عصاره جلبکی در افزایش معنی‌دار شاخص‌های جوانه‌زنی، رشدی و عملکردی گیاه نقش دارد (Kumar & Sahoo, 2011). عصاره‌های جلبک دریایی *Ascophyllum nodosum* به دلیل داشتن هورمون‌های رشد نظیر اکسین، سیتوکینین و ترکیبات ارزشمند دیگر نظیر نمک‌های معدنی، ویتامین‌ها و آنتی‌اکسیدان‌ها می‌توانند تأثیر مفید و مثبتی بر خصوصیات مورفولوژی و فیزیولوژی گیاهان داشته باشند (Zhang & Ervin, 2008).

در چند دهه اخیر، مصرف مواد شیمیایی در اراضی کشاورزی، مشکلات زیست محیطی متعددی از جمله آلودگی منابع آب، اُفت کیفیت محصولات کشاورزی و کاهش میزان حاصل‌خیزی خاک‌ها را به وجود آورده است. جلبک‌های دریایی و عصاره‌های حاصل از آن‌ها مناسب‌ترین جایگزین برای کودها و قارچ‌کش‌های شیمیایی هستند و در کشاورزی ارگانیک که هدف آن تولید محصولات عاری از مواد شیمیایی است، یکی از بهترین تیمارها محسوب می‌شود. هدف اصلی این پژوهش بررسی اثرات عصاره جلبک دریایی *A. nodosum* بر مهم‌ترین خصوصیات مورفوفیزیولوژیک گیاه لوبیا (رقم کوشا) در شرایط تنش کم‌آبی است که مشخص شود آیا عصاره جلبکی می‌تواند در کاهش اثرات منفی تنش خشکی نقش داشته باشد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۳ تکرار در خرداد ماه سال ۱۳۹۶ در شرایط کنترل شده (اتاقک رشد) انجام شد. عصاره جلبک دریایی *A. nodosum* به عنوان اولین عامل مورد بررسی در نظر گرفته شد که شامل ۴ سطح صفر، ۰/۲، ۰/۴ و ۰/۶ درصد حجمی بود. عصاره جلبک دریایی (BIOALGAX) با غلظت ۲۵٪ از شرکت همیار دشت آبرون تهیه شد. دومین عامل مورد بررسی سطوح مختلف تنش کم‌آبی

بود که عبارت بودند از ۲۵، ۵۰ و ۷۵ درصد ظرفیت زراعی که به ترتیب به عنوان تنش شدید، ملایم و بدون تنش در نظر گرفته شدند. تیمارهای مورد بررسی در این آزمایش بر مبنای آزمایش-های مقدماتی و نتایج تحقیقات سایر محققان انتخاب شد. واحدهای آزمایشی در این مطالعه از گلدان‌هایی محتوی ۳ کیلوگرم خاک که دارای ۱۸ سانتی‌متر قطر و ۱۵ سانتی‌متر ارتفاع بود، تشکیل شد. بذرهای لوبیا (رقم کوشا) تهیه شده از مرکز تحقیقات لرستان، ابتدا به مدت ۲۴ ساعت در آب خیسانده شده و آن‌هایی که جوانه‌زنی اولیه داشتند در گلدان کشت شدند. گیاهچه‌ها پس از سبز شدن به سه عدد گیاهچه در هر گلدان کاهش یافت. گلدان‌ها در اتاقک رشد در شرایط کنترل شده با دمای روز و شب به ترتیب ۲۵ و ۲۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند. تیمار تنش خشکی بر اساس درصد رطوبت وزنی اعمال شد و از طریق توزین گلدان ها و تأمین کسری رطوبت مورد نیاز، میزان رطوبت گلدان‌ها در طول دوره رشد به طور ثابت حفظ شد (Hosseinzadeh & Ahmadpour, 2018). آبیاری گلدان‌ها تا اوایل مرحله رویشی بذرهای لوبیا (مرحله ۷ برگی) ادامه داشت و پس از آن، گلدان‌ها مطابق تیمارهای آزمایشی (سطوح تنش کم-آبی) آبیاری شدند. در پایان دوره رشد، به منظور سنجش صفات رشدی، بخش هوایی از ریشه گیاه تفکیک شد. صفات رشدی شامل ارتفاع بوته، تعداد غلاف، تعداد و سطح برگ، خصوصیات ریشه (طول، سطح، قطر و حجم ریشه)، وزن خشک ریشه و اندام هوایی اندازه‌گیری شدند. برای تعیین وزن خشک، نمونه‌ها به مدت ۴۸ ساعت در آون ۷۲ درجه سانتی‌گراد خشک شدند و سپس وزن آن‌ها با ترازوی AND مدل GT-300 ساخت کشور چین با دقت ۰/۰۰۰۱ گرم تعیین شد. صفات ریشه شامل سطح، قطر و حجم ریشه بوسیله دستگاه WINRHIZO Pro V ساخت کانادا اندازه‌گیری شد (Regent, Instruments Inc., QC, Canada). این دستگاه از یک اسکنر متصل به کامپیوتر و نرم‌افزار WINRHIZO تشکیل شده است. ویژگی این نرم‌افزار این است که صفات مختلفی از قبیل سطح، قطر، حجم، تعداد میان‌گره‌ها و مجموع طول ریشه‌ها را با استفاده از اسکن ریشه مورد نظر محاسبه می‌کند.

برای سنجش میزان کلروفیل و کاروتنوئید از روش لیچتنتالر و ولبرن استفاده شد (Lichtenthaler & Wellburn, 1983). ابتدا ۰/۱ گرم برگ با ۴ میلی‌لیتر استن ٪۸۰ در هاون سائیده شد و سپس محلول حاصل به مدت ۵ دقیقه در ۳۰۰۰ دور سانتریفیوژ شده و سپس جذب محلول رویی جهت تعیین میزان کلروفیل و کارتنوئید توسط اسپکتروفتومتر(Model SPEKOL 2000, Analyticjena, Germany) در طول موج‌های ۶۴۷، ۶۶۴ و ۴۷۰ نانومتر قرائت گردید. جهت صفر کردن دستگاه از استن ٪۸۰ استفاده شد. میزان کل کلروفیل، کلروفیل *a*، *b* و کارتنوئید از طریق معادله‌های ۱ الی ۴ محاسبه گردید:

$Chl_a=12/21(A_{664})-2/79(A_{647})$ معادله ۱

$Chl_b=21/21(A_{647})-5/1(A_{664})$ معادله ۲

$Carotenoid=(1000A_{470}-1/8Chl_a-85/02Chl_b)/198$ معادله ۳

$Chl_T= Chl_a + Chl_b$ معادله ۴

تجزیه و تحلیل داده‌ها: تجزیه آماری داده‌ها با استفاده از نرم افزار MSTAT-C انجام شد و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن ($p\leq0.05$) استفاده شد.

نتایج

خصوصیات اندام هوایی

مقایسه میانگین داده‌ها در اثرات ساده تنش خشکی بر ارتفاع بوته نشان داد که سطوح تنش ۲۵ و ۵۰ درصد ظرفیت زراعی منجر به کاهش معنی‌دار این صفت در مقایسه با شرایط بدون تنش (۷۵ درصد ظرفیت زراعی) شد، به‌طوری که بیشترین میزان ارتفاع بوته با ۶۷/۴۴ سانتی‌متر به شرایط بدون تنش و کمترین میزان این صفت با ۵۲/۶۳ به سطح ۲۵ درصد ظرفیت زراعی اختصاص داشت (جدول ۲). مقایسه میانگین داده‌ها در اثرات ساده عصاره جلبک دریایی نشان داد که سطوح ۰/۲ و ۰/۴ درصد عصاره جلبکی منجر به افزایش معنی‌دار تعداد برگ در مقایسه با سطوح شاهد و ۰/۶ درصد شد. در مقایسه بین سطوح شاهد و ۰/۶ درصد عصاره جلبک دریایی اختلاف معنی‌دار در ارتباط با این صفت مشاهده نشد (جدول ۱). در بین سطوح تنش خشکی نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که با افزایش شدت تنش خشکی تعداد برگ در لوبیا به صورت معنی‌داری کاهش می‌یابد، به‌طوری‌که بیشترین و کمترین تعداد برگ به ترتیب به شرایط بدون تنش (۷۵ درصد ظرفیت زراعی) و تنش شدید (۲۵ درصد ظرفیت زراعی) اختصاص داشت (جدول ۲). مقایسه میانگین‌ها در اثرات ساده تنش خشکی بر تعداد غلاف نشان داد که تنش خشکی شدید (۲۵ درصد ظرفیت زراعی) منجر به کاهش معنی‌دار تعداد غلاف در مقایسه با سایر سطوح تنش شد. بین سطوح تنش ملایم و شاهد نیز از لحاظ این صفت تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین‌ها در ارتباط با اثرات ساده تنش خشکی بر وزن خشک گیاه لوبیا نشان داد که با افزایش شدت تنش خشکی از ۷۵ به ۲۵ درصد ظرفیت زراعی به صورت معنی‌داری وزن خشک گیاه کاهش می‌یابد، به-طوری‌که بیشترین و کمترین میزان وزن خشک به ترتیب با ۱/۲۴۷ و ۰/۴۶۷ گرم به تیمار شاهد و ۲۵ درصد ظرفیت زراعی

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2024-12-22]
[DOR: 20.1001.1.24236330.2022.9.1.6.6]
[DOI: 10.52547/nbr.9.1.61]

اختصاص داشت (جدول ۲). در بین اثرات ساده محلول‌پاشی عصاره جلبک دریایی، مقایسه میانگین‌ها نشان داد که تمامی سطوح محلول‌پاشی (۰/۲، ۰/۴ و ۰/۶ درصد عصاره جلبکی) موجب افزایش معنی‌دار سطح برگ در مقایسه با سطح عدم مصرف محلول‌پاشی عصاره شد. در مقایسه بین سطوح محلول-پاشی عصاره جلبکی نیز اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۱). در بین سطوح تنش خشکی، مقایسه میانگین‌ها در جدول ۲ نشان داد که سطوح ۲۵ و ۵۰ درصد ظرفیت زراعی به صورت معنی‌داری موجب کاهش سطح برگ در مقایسه با شاهد می‌گردد. مقایسه میانگین داده‌های مرتبط با طول برگ (جدول ۱) نشان داد که تیمارهای ۰/۲ و ۰/۴ درصد حجمی از عصاره جلبک دریایی به صورت معنی‌داری طول برگ را در مقایسه با تیمارهای شاهد و ۰/۶ درصد حجمی عصاره افزایش می‌دهد. بین سطوح ۰/۲ و ۰/۴ درصد حجمی از عصاره تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۱). در بین سطوح تنش خشکی بیشترین طول برگی در تیمار بدون تنش و کمترین میزان این صفت نیز در شرایط تنش شدید (۲۵ درصد ظرفیت زراعی) مشاهده شد که نسبت به یکدیگر اختلاف معنی‌داری داشت (جدول ۲).

خصوصیات ریشه

مقایسه میانگین‌ها در اثرات محلول‌پاشی عصاره جلبک دریایی نشان داد که تمامی سطوح محلول پاشی (۰/۲، ۰/۴ و ۰/۶ درصد حجمی) منجر به افزایش معنی‌دار طول ریشه در مقایسه با شاهد گردید. بین سطوح محلول‌پاشی (۰/۲، ۰/۴ و ۰/۶ درصد حجمی) اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۳). در بین سطوح تنش کم‌آبی نیز بیشترین و کمترین میزان طول ریشه اصلی به ترتیب به تیمارهای بدون تنش (۷۵ درصد ظرفیت زراعی) و تنش شدید (۲۵ درصد ظرفیت زراعی) اختصاص داشت که در مقایسه با یکدیگر تفاوت معنی‌داری داشتند (جدول ۴). مقایسه میانگین‌ها در ارتباط با اثرات ساده عصاره جلبکی بر وزن خشک ریشه نشان داد که تیمارهای ۰/۲ و ۰/۴ درصد حجمی از عصاره موجب افزایش معنی‌دار وزن خشک ریشه در مقایسه با شاهد شد (جدول ۳).

تیمار ۰/۶ درصد در مقایسه با تیمارهای ۰/۲ و ۰/۴ درصد از عصاره جلبکی موجب کاهش معنی‌دار وزن خشک ریشه شد اما در مقایسه با شاهد اختلاف معنی‌داری نداشت (جدول ۳). نتایج حاصل از مقایسه سطوح مختلف کم آبی نشان می‌دهد که وزن خشک ریشه گیاه لوبیا تحت تأثیر سطوح تنش ۲۵ و ۵۰ درصد ظرفیت زراعی به صورت معنی‌داری در مقایسه با شرایط بدون تنش کاهش یافت (جدول ۴). مقایسه میانگین داده‌ها در بررسی اثرات ساده تنش کم‌آبی بر قطر ریشه نشان داد که با افزایش سطوح تنش کم‌آبی به ترتیب از ۷۵ درصد ظرفیت زراعی تا ۲۵ درصد ظرفیت زراعی به صورت معنی‌داری قطر ریشه کاهش می‌یابد (جدول ۴). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که تمامی سطوح محلول‌پاشی عصاره جلبکی موجب افزایش معنی‌دار سطح ریشه در مقایسه با تیمار شاهد می‌گردد (جدول ۳). در مقایسه بین سطوح تنش کم‌آبی نیز مشاهده شد که تنش کم‌آبی ملایم و شدید (به ترتیب ۵۰ و ۲۵ درصد ظرفیت زراعی) موجب کاهش معنی‌دار حجم و سطح ریشه در مقایسه با شرایط بدون تنش می‌گردد (جدول ۴).

رنگدانه‌های فتوسنتزی

مقایسه میانگین داده‌ها در اثرات ساده عصاره جلبک دریایی نشان داد که تمامی سطوح کاربردی عصاره جلبک دریایی (۰/۲، ۰/۴ و ۰/۶ درصد حجمی) در مقایسه با شاهد افزایش معنی‌داری در میزان کلروفیل a دارد (جدول ۵). در بین سطوح تنش کم‌آبی مشاهده شد که تنش کم‌آبی شدید (۲۵ درصد ظرفیت زراعی) موجب کاهش معنی‌دار این صفت در مقایسه با سایر سطوح می‌گردد (جدول ۶). در بررسی اثرات ساده محلول‌پاشی عصاره جلبکی مشاهده شد که تمامی سطوح عصاره شامل ۰/۲، ۰/۴ و ۰/۶ درصد حجمی منجر به افزایش معنی‌دار کلروفیل b در مقایسه با شاهد می‌شوند (جدول ۵). مقایسه میانگین‌ها در سطوح تنش کم‌آبی نشان داد که تنش کم‌آبی شدید و ملایم (به ترتیب ۲۵ و ۵۰ درصد ظرفیت زراعی) در مقایسه با شرایط بدون

جدول ۱- مقایسه میانگین صفات ریخت شناختی گیاه لوبیا تحت تأثیر عصاره جلبک دریایی.

Table 1. Mean Comparison of bean morphology indices at different levels of seaweed extract.

Seaweed extract	Number of leaf	Leaf area (mm^2)	Leaf length (mm)
0	23.08 b	401.3 b	389.3 b
0.2%	28.08 a	473.3 a	449.7 a
0.4%	27.50 a	456.6 a	449.4 a
0.6%	23.50 b	456.5 a	379.6 b

در هر ستون میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند مطابق آزمون چنددامنه‌ای دانکن اختلاف معنی‌داری ندارند.

The means with one same letter in each column are not significantly differences according to Duncan's test.

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2024-12-22]
[DOR: 20.1001.1.24236330.2022.9.1.6.6]
[DOI: 10.52547/nbr.9.1.61]

جدول ۲- مقایسه میانگین صفات ریخت شناختی گیاه لوبیا تحت تأثیر تنش کم آبی.

Table 2. Mean Comparison of bean morphology indices at different levels of water deficit stress.

Water deficit stress	Plant height	Number of leaves	Number of pods per plant	Shoot dry weight	Leaf area	Leaf length
Non-stress	67.44 a	32.81 a	1.563 a	1.247 a	596.6 a	530.8 a
Moderate stress	57.31 b	28.13 b	1.188 a	0.920 b	430.5 b	419.9 b
Severe stress	52.63 b	19.25 c	0.625 b	0.467 c	313.6 c	334.8 c

در هر ستون میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند مطابق آزمون چنددامنه‌ای دانکن اختلاف معنی‌داری ندارند.

The means with one same letter in each column are not significantly differences according to Duncan's test.

جدول ۳- مقایسه میانگین خصوصیات ریشه گیاه لوبیا تحت تأثیر عصاره جلبک دریایی

Table 3. Mean Comparison of bean root indices at different levels of seaweed extract

Seaweed extract	Root length	Root dry weight	Root area
0	25.83 b	0.110 b	1.092 b
0.2%	30.42 a	0.140 a	1.135 a
0.4%	31.75 a	0.147 a	1.135 a
0.6%	30.82 a	0.111 b	1.141 a

در هر ستون میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند مطابق آزمون چنددامنه‌ای دانکن اختلاف معنی‌داری ندارند.

The means with one same letter in each column are not significantly differences according to Duncan's test.

جدول ۴- مقایسه میانگین خصوصیات ریشه گیاه لوبیا تحت تأثیر تنش کم آبی.

Table 4. Mean Comparison of bean root indices at different levels of water deficit stress.

Water deficit stress	Root length	Root dry weight	Root area	Root diameter	Root volume
Non-stress	33.94 a	0.211 a	1.163 a	0.079 a	0.478 a
Moderate stress	28.44 b	0.123 b	1.115 b	0.055 b	0.453 b
Severe stress	24.19 c	0.077 c	1.098 b	0.044 c	0.442 b

در هر ستون میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند مطابق آزمون چنددامنه‌ای دانکن اختلاف معنی‌داری ندارند.

The means with one same letter in each column are not significantly differences according to Duncan's test.

جدول ۵- مقایسه میانگین رنگدانه های فتوسنتزی گیاه لوبیا تحت تأثیر عصاره جلبک دریایی.

Table 5. Mean Comparison of bean photosynthetic pigment at different levels of seaweed extract.

Seaweed extract	Chl *a*	Chl *b*	TChl
0	15.24 b	9.827 b	25.06 b
0.2%	16.92 a	14.73 a	30.49 a
0.4%	16.95 a	14.56 a	31.51 a
0.6%	17.26 a	14.31 a	31.57 a

در هر ستون میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند مطابق آزمون چنددامنه‌ای دانکن اختلاف معنی‌داری ندارند.

The means with one same letter in each column are not significantly differences according to Duncan's test.

جدول ۶- مقایسه میانگین رنگدانه های فتوسنتزی گیاه لوبیا تحت تأثیر تنش کم آبی.

Table 6. Mean Comparison of bean photosynthetic pigment at different levels of water deficit stress.

Water deficit stress	Chl *a*	Chl *b*	TChl	Carotenoied
Non-stress	19.37 a	16.07 a	35.44 a	3.22 a
Moderate stress	17.38 b	12.82 b	29.34 b	2.09 b
Severe stress	13.02 c	12.25 b	24.19 c	1.52 c

در هر ستون میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند مطابق آزمون چنددامنه‌ای دانکن اختلاف معنی‌داری ندارند.

The means with one same letter in each column are not significantly differences according to Duncan's test.

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2024-12-22]
[DOR: 20.1001.1.24236330.2022.9.1.6.6]
[DOI: 10.52547/nbr.9.1.61]

تنش کم‌آبی به صورت معنی‌داری میزان کلروفیل b را کاهش می دهد (جدول ۶). مقایسه میانگین داده‌های مرتبط با کلروفیل کل در اثرات ساده عصاره جلبک دریایی نشان داد که سطوح ۰/۲، ۰/۴ و ۰/۶ درصد حجمی از عصاره به صورت معنی‌داری در مقایسه با تیمار شاهد مجموع کلروفیل‌ها را افزایش می دهد. بین سطوح محلول‌پاشی از این نظر تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۵). مقایسه میانگین‌ها در سطوح تنش کم‌آبی نشان داد که با افزایش شدت تنش کم‌آبی از ۷۵ به ۲۵ درصد ظرفیت زراعی به صورت معنی‌داری مجموع کلروفیل ها در گیاهچه‌های لوبیا کاهش می‌یابد (جدول ۶). نتایج مقایسه میانگین‌های مرتبط با میزان کاروتنوئید برگی در اثرات ساده تنش نشان داد که با افزایش شدت تنش کم-آبی از ۷۵ به ۲۵ درصد ظرفیت زراعی، محتوای کاروتنوئید برگی کاهش معنی‌داری را نشان می دهد (جدول ۶).

بحث

خصوصیات اندام هوایی

از مهم‌ترین اثرات تنش کم‌آبی در گیاهان کاهش رشد اندام هوایی نظیر ارتفاع گیاه، تعداد غلاف در بوته و سطح و تعداد برگ است که دلایل اصلی آن کاهش ترشح هورمون‌های رشد، افزایش مواد بازدارنده رشد، کاهش تقسیم سلولی، بسته شدن روزنه‌ها، کاهش فتوسنتز، کوتاه شدن دورهٔ رشد گیاه و مکانیسم‌های گریز از تنش گزارش شده است (Bayoumi et al., 2008; Hosseinzadeh et al., 2017). شاخص سطح برگ بیشتر در یک گیاه موجب ظرفیت فتوسنتزی بیشتر و افزایش ارتفاع بوته نشان‌دهنده گنجایش بیشتر ساقه گیاه به عنوان منبع ثانویه جهت ذخیره مواد فتوسنتزی است. کاهش خصوصیات ریخت شناختی و عملکردی در شرایط کمبود آب قابل دسترس در سایر حبوبات از جمله لوبیا (Armand et al., 2015)، نخودفرنگی (Gamze et al., 2005)، نخود (Ganjeali et al., 2011) و عدس (Panahyan-e-Kivi et al., 2009) نیز گزارش شده است. نتایج این پژوهش نیز نشان داد که تنش آبی شدید منجر به کاهش معنی‌دار خصوصیات ریخت شناختی و عملکردی (ارتفاع بوته، تعداد برگ، سطح برگ، تعداد غلاف، وزن خشک اندام هوایی، طول و عرض برگ) گیاه لوبیا (رقم کوشا) می‌گردد. عصاره جلبک دریایی *A. nodosum* با داشتن ترکیباتی نظیر عناصر غذایی کم مصرف (Fe، Zn، Cu، Mn) و پرمصرف (N، K، Ca، Mg)، نقش مهمی در تغذیه برگ و فعال‌سازی برخی فرایندهای بیوشیمیایی (به‌عنوان کوفاکتور برخی آنزیم‌ها) دارد (Ramarajan et al., 2012) علاوه‌بر عناصر مغذی در مطالعات متعدد گزارش شده است که عصاره جلبک‌های قهوه‌ای (Phaeophyceae) غنی از هورمون‌های گیاهی نظیر اکسین، جیبرلین و سیتوکینین است (Craigie, 2011). سیتوکینین‌ها ارتباط مستقیم با افزایش تقسیم سلولی و فعال‌سازی آنزیم پکتیناز (این آنزیم با تجزیه پکتین‌های موجود در دیواره سلول-های برگی منجر به سست شدن دیواره‌ها و شرایط لازم برای آماده‌سازی برگ به منظور توسعه و رشد را مهیا می‌کند) دارند که می‌تواند منجر به افزایش خصوصیات برگی (طول و تعداد برگ) گیاهان گردد (Craigie, 2011). با دقت در نتایج این مطالعه اثرات مثبت محلول‌پاشی عصاره جلبکی بر خصوصیات برگی قابل مشاهده است. در این مطالعه مشاهده شد که تعداد و طول برگ در تیمار ۰/۶ درصد حجمی عصاره تفاوت معنی‌داری با شاهد ندارد اما سطح برگ در تیمار ۰/۶ درصد عصاره در مقایسه با شاهد افزایش معنی‌داری دارد که می‌توان علت را در الگوی‌های متفاوت جذب مواد معدنی در اندام‌های گیاهی در حضور عصاره جلبک دریایی دانست. به طور کلّی می‌توان بیان کرد که احتمالاً محلول‌پاشی مستقیم عصاره جلبک دریایی آسکوفیلوم نودوسوم بر روی برگ‌های لوبیا، شرایط بهتری را برای جذب عناصر غذایی و آماده سازی جهت توسعه برگ از طریق افزایش ترکیباتی نظیر سیتوکینین مهیا می‌کند (Zhang & Ervin, 2008) و در نتیجه افزایش تعداد، سطح و طول برگ در این شرایط منطقی به نظر می‌رسد.

خصوصیات ریشه

اولین سیستم درک‌کننده کمبود آب قابل دسترس در خاک، ریشه‌های گیاهان هستند که نقش مهمی در ایجاد مقاومت نسبت به تنش خشکی دارند (Amiri et al., 2017) وجود رطوبت کافی و مناسب در محیط کشت منجر به افزایش صفاتی نظیر طول، سطح، قطر و حجم ریشه می‌شود که در نهایت بهره‌برداری ریشه از رطوبت و عناصر غذایی موجود در خاک را افزایش می‌دهد (Ganjeali et al., 2011). افزایش شدت تنش کم‌آبی در خاک موجب محدودیت رشد ریشه و گسترش آن به لایه‌های بالایی خاک می‌شود، درنتیجه پیری زودرس ریشه را به‌دنبال دارد (Ahmadpour et al., 2016). از طرف دیگر در این شرایط علاوه بر تخریب رنگدانه‌های فتوسنتزی و کاهش سطح و تعداد برگ، ورود دی‌اکسید کربن نیز به داخل سلول‌های روزنه کاهش یافته و منجر به کاهش فتوسنتز می‌شود که در نهایت منجر به کاهش شدید وزن خشک ریشه می‌گردد (Saeidi & Abdoli, 2015). تغییرات فشار آماس در سلول‌های ریشه تحت تنش خشکی، از مهم‌ترین دلایل کاهش خصوصیات ریخت شناختی ریشه در حبوبات گزارش شده است (Siva et al., 2007). مطابق با گزارش‌های این محققان، نتایج این پژوهش نیز نشان داد که تنش آبی شدید (۲۵ درصد ظرفیت زراعی) به صورت معنی‌داری در مقایسه با شرایط بدون تنش خصوصیات ریشه مورد بررسی در این مطالعه مانند طول ریشه، سطح ریشه،

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2024-12-22]
[DOR: 20.1001.1.24236330.2022.9.1.6.6]
[DOI: 10.52547/nbr.9.1.61]

قطر ریشه، حجم ریشه و وزن خشک ریشه را کاهش می دهد. جلبک *A. nodosum* در بخش ساقه دارای ساختارهای تخم مرغی شکل (ویزیکول) متعددی است که این بخش‌ها غنی از هورمون‌های گیاهی نظیر اکسین، سیتوکینین، اسیدهای آلی، کربوهیدرات‌ها و عناصر معدنی هستند (Jannin et al., 2013). در فرایند خالص‌سازی عصاره این جلبک، ترکیبات موجود در وزیکول‌ها بدون هیچگونه تغییر همراه با شیره سلولی استخراج می‌شوند (Jannin et al., 2013). عصاره جلبکی با داشتن عناصر پر مصرف و کم مصرف در صورت محلول‌پاشی برگی می‌تواند از طریق آوند آبکش به اندام‌های پایین‌تر منتقل شده و در سلول‌های ریشه منجر به کاهش پتانسیل اسمزی شود و در این حالت با کاهش پتانسیل آب سلول‌های ریشه موجب حفظ آب درون سلول و کمک به جذب بیشتر آب از خاک نماید (Ramarajan et al., 2012). بنابراین افزایش وزن خشک ریشه، طول و سطح ریشه بواسطه دسترسی به آب و عناصر غذایی در اثر محلول پاشی برگی عصاره جلبک دریایی آسکوفیلوم نودوسوم منطقی است. یکی از مهم‌ترین ویژگی‌های عصاره‌های جلبکی توانایی بالای آنها در حفظ آب و نگهداری آن است. این ویژگی به واسطه داشتن درصد بالایی از ترکیبات پلیمری نظیر آلجیناز است که قادرند مولکول‌های آب را جذب نموده و به حالت ژله ای درآیند (Zhang & Ervin, 2008). این پژوهش نشان داد که محلول‌پاشی عصاره جلبک دریایی آسکوفیلوم نودوسوم به تنهایی با تأثیر بر صفات رویشی نظیر تعداد و سطح برگ و در دسترس قرار دادن آب احتمالاً در افزایش فتوسنتز گیاه نقش داشته و از این طریق موجب افزایش وزن خشک در گیاه شده است.

رنگدانه‌های فتوسنتزی

رنگدانه‌های فتوسنتزی (کلروفیل *a*، *b*، کاروتنوئید و مجموع *a+b*) به‌عنوان یکی از مهمترین شاخص‌های تحمل به تنش خشکی در گیاهان محسوب می‌شود، به عبارت دیگر گیاهانی که در مواجه با تنش‌های محیطی (نظیر خشکی و شوری) بتوانند کاهش کمتری در رنگدانه‌های فتوسنتزی داشته باشند، از گیاهان مقاوم به تنش به‌شمار می‌روند (Flexas & Medrano, 2008). تغییرات در محتوای کلروفیل برگی علاوه بر تنش‌های محیطی، تحت تأثیر نوع ژنوتیپ و مرحله فنولوژیکی گیاه نیز قرار دارد (Rahbarian et al., 2011). گیاهان در مقابله با تنش آبی به منظور حفظ آب برگ، با بستن روزنه‌ها تعرق را کاهش می‌دهند اما از سوی دیگر به انتقال غیرفعال در آوند چوب آسیب وارد می‌کند (Abrishamchi et al., 2012; Hosseinzadeh & Ahmadpour, 2018). از سوی دیگر کمبود آب منجر به اختلال در واکنش‌های نوری فتوسنتز و تولید گونه‌های واکنش‌گر اکسیژن می‌گردد که در نهایت منجر به تخریب فتوسیستم‌های نوری و کاهش رنگدانه‌های فتوسنتزی می‌شود. نتایج این پژوهش نیز نشان داد که تنش آبی شدید (۲۵ درصد ظرفیت زراعی) موجب کاهش معنی‌دار کلروفیل *a*، *b* کاروتنوئید و مجموع *a+b* در مقایسه با شرایط بدون تنش می‌گردد. کاهش رنگدانه‌های فتوسنتزی در شرایط تنش خشکی در گندم (Bayoumi et al., 2008)، زیتون (Guerfel et al., 2008) و نخود (Rahbarian et al., 2011) نیز گزارش شده است. عصاره جلبک دریایی علاوه بر حفظ رطوبت در برگ، با افزایش عناصر مغذی نظیر پتاسیم، کلسیم، منیزیم و عناصر میکرو مانند آهن و منیزیم نقش مهمی در پایداری رنگدانه‌های فتوسنتزی در برگ دارند. گزارش‌ها در زمینه استفاده از عصاره جلبک دریایی نشان داد که محلول‌پاشی این عصاره با افزایش یون منیزیم در حفظ و تولید رنگدانه‌های فتوسنتزی به خصوص کلروفیل‌ها نقش ایفا می‌کنند (Ghanad et al., 2017).

نتیجه گیری کلی

در این مطالعه ویژگی‌های مورفوفیزیولوژیک نظیر ارتفاع بوته، تعداد برگ، وزن خشک اندام هوایی و ریشه، سطح، طول و عرض برگ، سطح، طول، قطر و حجم ریشه، تعداد غلاف در بوته و رنگدانه‌های فتوسنتزی تحت تاثیر عصاره جلبک دریایی و تنش کم‌آبی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که اثرات متقابل تنش و عصاره جلبکی بر صفات مورد بررسی معنی‌دار نبود اما عصاره جلبک دریایی آسکوفیلوم نودوسوم به تنهایی موجب افزایش معنی‌دار سطح و تعداد برگ، طول برگ، سطح و طول ریشه، وزن خشک ریشه، محتوای کلروفیل *a*، *b* و محتوای کلروفیل کل شد. کاربرد عصاره جلبکی در سطوح ۰/۲ و ۰/۴ درصد باعث افزایش مع نی‌دار صفات فوق در مقایسه با شاهد شد. در بررسی اثرات تنش کم‌آبی مشاهده شد که با افزایش شدت تنش از ۷۵ درصد ظرفیت زراعی به ۲۵ درصد ظرفیت زراعی تمامی صفات مورد بررسی کاهش معنی‌داری دارند. نتایج این پژوهش نشان داد که محلول پاشی عصاره جلبک دریایی آسکوفیلوم در کاهش اثرات منفی ناشی از تنش کم‌آبی نقشی ندارد اما کاربرد این عصاره به تنهایی می‌تواند موجب افزایش معنی‌دار برخی خصوصیات ریخت شناختی (سطح و تعداد برگ، طول برگ، سطح و طول ریشه، وزن خشک ریشه) و رنگدانه‌های فتوسنتزی (محتوای کلروفیل *a*، *b* و محتوای کلروفیل کل) شود.

سپاسگزاری

نویسندگان از زحمات کلیه افرادی که در انجام این تحقیق آن‌ها را یاری کردند، نهایت قدردانی و تشکر را دارند.

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2024-12-22]
[DOR: 20.1001.1.24236330.2022.9.1.6.6]
[DOI: 10.52547/nbr.9.1.61]

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2024-12-22]
[DOR: 20.1001.1.24236330.2022.9.1.6.6]
[DOI: 10.52547/nbr.9.1.61]

REFERENCES

Abrishamchi, P., Ganjeali, A. & Sakeni, H. 2012. Evaluation of morphological traits, proline content and antioxidant enzymes activity in chickpea genotypes (*Cicer arietinum* L.) under drought stress. Iranian Journal of Pulses Research 3: 17-30. [In Persian].

Ahmadpour, R., Hosseinzadeh, S.R. & Chashiani, S. 2016. Study of root morpho-physiological and biochemical characteristics of lentil (*Lens culinaris* Medik.) in response to moisture stress. Journal of Iranian Plant Echophysiological Resarch 2: 123-135. [In Persian].

Ahmadpour, R., Hosseinzadeh, S.R., Armand, N. & Chashiani, S. 2017. Evaluation of growth features, photosynthetic pigments and antioxidant enzymes activity of lentils cultivars in response to water stress. Nova Biologica Reperta 4: 226-235.

Ahmadpour, R., Rostami, M. & Hosseinzadeh, S.R. 2019. Influence of compost tea on seedling growth and germination indices of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in order to moderated negative effects caused by drought stress. Journal of Plant Researches 32: 474-488. [In Persian].

Ahmadpour, R., Salimi, A., Zeidi, H., Armand, N. & Hosseinzadeh, S.R. 2019. Effect of seaweed extract (*Ascophyllum nodosum*) on the stimulation of germination indices of chickpea (*Cicer arietinum* L.) under drought stress. Nova Biologica Reperta 6: 206-216. [In Persian].

Amiri, H., Ismaili, A. & Hosseinzadeh, S.R. 2017. Influence of vermicompost fertilizer and water deficit stress on morpho-physiological features of chickpea (*Cicer arietinum* L. cv. Karaj). Compost Science and Utilization 26: 1-14.

Armand, N., Amiri, H. & Ismaili, A. 2015. Interaction of methanol spray and water deficit stress on photosynthesis and biochemical characteristics of *Phaseolus vulgaris* L. cv. Sadry. Photochemistry and Photobiology 92: 1-219.

Bayoumi, T.Y., Eid, M. & Metwali, E.M. 2008. Application of physiological and biochemical indices as a screening technique for drought tolerance in wheat genotypes. African Journal of Biotechnology 7: 2341-2352.

Caffagni, D.E., Camargo, E., Casali, C.A., Lombardi, A.T. & Lima, M.I.S. 2015. Coupling microalgal cultures with hydroponics: Prospection for clean biotechnology processes. Journal of Algal Biomass Utilization 6: 88-94.

Craigie, J.S. 2011. Seaweed extract stimuliation in plant science and agriculture. Journal of Apply Phycology 23:371-393.

Flexas, J. & Medrano, H. 2008. Drought-inhibition of photosynthesis in C3-plants: Stomatal and non-stomatal limitation revisited. Annual of Botany 18: 183-189.

Gamze, O., Mehmet Demir, K.A. & Mehmet, A.T. 2005. Effects of salt and drought stresses on germination and seedling growth of pea (*Pisum sativum* L.). Turkish Journal of Agriculture and Foresty 29: 237-242.

Ganjeali, A. & Bagheri, A. 2011. Evaluation of morphological characteristics of root chickpea (*Cicer arietinum* L.) in response to drought stress. Iranian Journal of Pulses Research 1: 101-110.

Ganjeali, A., Porsa, H. & Bagheri, A. 2011. Assessment of Iranian chickpea (*Cicer arietinum* L.) germplasms for drought tolerance. Agriculture Water Management 98: 1477-1484.

Ghannad, R., Akbari, F. & Madadkar Haghjou, M. 2017. Effect of blue-green and green algae Spirulina, *Chlorella*, *Dunaliella* and minerals on the stimulation of metabolic and biochemical processes of germination in *Dracocephalum kotschyi* Boiss. Seeds. Nova Biologica Reperta 3: 295-307.

Guerfel, M., Baccouri, O., Boujnah, D., Cha, W. & Zarrouk, M. 2008. Impacts of water stress on gas exchange, water elations, chlorophyll content & leaf structure in the two main Tunisian olive (*Olea europaea* L.) cultivars. Scientia Horticulturae 1: 1-7.

Halmer, P. 2000. Commercial seed treatment technology. *In*: Black, M. & Bewley, J.D. (editors) Seed Technology and its Biological Basis. Sheffield Academic Press, Sheffield, 257-286.

Hosseinzadeh, S.R. & Ahmadpour, R. 2018. Evaluation of vermicompost fertilizer application on growth, nutrient uptake and photosynthetic pigments of lentil (*Lens culinaris* Medik.) under moisture deficiency conditions. Journal of Plant Nutrition 41: 1276-1284.

Hosseinzadeh, S.R., Amiri, H. & Ismaili, A. 2017. Nutrition and biochemical responses of chickpea (*Cicer arietinum* L.) to vermicompost fertilizer and water deficit stress. Journal of Plant Nutrition 40: 2259-2268.

Hosseinzadeh, S.R., Amiri, H. & Ismaili, A. 2016. Effect of vermicompost fertilizer on photosynthetic characteristics of chickpea (*Cicer arietinum* L.) under drought stress. Photosynthetica 54: 87-92.

Jannin, L., Arkoun, M., Etienne, P., Laıne, P., Goux, D. & Garnica, M. 2013. Brassica napus growth is promoted by Ascophyllum nodosum. Seaweed extract: microarray analysis and physiological characterization of N, C, and S metabolisms. Plant Growth Regulation 32: 31-52.

Kumar, G. & Sahoo, D. 2011. Effect of seaweed liquid extract on growth and yield of *Triticum aestivum* var. Pusa Gold. Journal of Apply Phycology 23: 251-255.

Lichtenthaler, H. K. & Wellburn, A.R. 1983. Determination of total carotenoids and chlorophylls a and b of leaf in different solvents. Biology and Soceity Transcription 11: 591-592.

Panahyan-e-Kivi, M., Ebadi, A., Tobeh, A. & Jamaati-e-Somarin, S.H. 2009. Evaluation of yield and yield components of lentil genotypes under drought stress. Research Journal of Environmental Sciences 3: 456-460.

Parsa, M. & Bagheri, A. 2008**.** Legumes. Publications Jahad University of Mashhad**.**

Rahbarian, R., Khavari-nejad, R., Ganjeali, A., Bagheri, A.R. & Najafi, F. 2011. Drought stress effects on photosynthesis, chlorophyll fluorescence and water. Acta Biologica Cracoviensia-Series Botanica 53: 47-56.

Ramarajan, S., Joseph, L.H. & Ganthi, A.S. 2012. Effect of seaweed liquid fertilizer on the germination and pigment concentration of soybean. Journal of Crop Science and Technology 1: 1-5.

Rasti Sani, M., Lahouti, M. & Ganjeali, A. 2014. Effect of drought stress on some morphophysiological traits and chlorophyll fluorescence of red bean seedlings (*Phaseolus vulgaris* L.). Iranian Journal of Pulses Resarch 5: 103-116.

Saeidi, M. & Abdoli, M. 2015. Effect of drought stress during grain filling on yield and its components, gas exchange variables, and some physiological traits of wheat cultivars. Journal of Agricaltural and Tecnology 17: 885-898.

Siva, M.A., Da Silva, J.A. & Sharma, S. 2007. Use of physiology parameters as fast tools to screen for drought tolerance in sugarcane. Brazilian Journal of Plant Physiology 19: 193-201.

Zhang, X.E. & Ervin, H. 2008. Impact of seaweed extract-based cytokinins and zeatin-riboside on creeping bentgrass heat tolerance. Crop Science 48: 364-370.

*****

How to cite this article:

Alizadeh, M., Armand, N., Rahimi, M. & Hajihashemi, Sh. 2022. Effect of foliar application of seaweed *Ascophyllum nodosum* on morpho-physiological characteristics of bean (*Phaseolus vulgaris*) under water stress. Nova Biologica Reperta 9: 61-69. (In Persian).

علیزاده، م.، آرمند، ن.، رحیمی، م.، حاجی هاشمی، ش. ۱۴۰۱. تأثیر محلول پاشی عصاره جلبک قهوه‌ای *Ascophyllum nodosum* بر صفات مورفوفیزیولوژیک لوبیا (*Phaseolus vulgaris*) تحت تنش کم‌آبی. یافته‌های نوین در علوم زیستی ۹: ۶۹-۶۱.

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2024-12-22]

[DOR: 20.1001.1.24236330.2022.9.1.6.6]

[DOI: 10.52547/nbr.9.1.61]