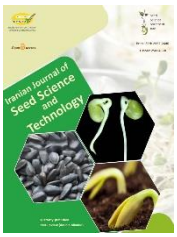
2024, 13 (4), 1-15 https://doi.org/10.22092/ijsst.2023.361169.1469

Seed Science Society of Iran

Seed and Plant Certification and Registration Institute

Iranian Journal of
Seed Science and Technology



ISSN: 2588-4638

Research Article

The effect of seed priming of *Thymus daenensis* by peppermint and seaweed extracts on germination and seedling growth under salinity stress conditions

Ahmadreza Najafi[1], Asghar Estaji[2*], Mahdi Ghasemi[3]

1. MSc Student. Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Mohaghegh Ardabili University, Ardabil, Iran.
2. Associate Professor, Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Mohaghegh Ardabili University, Ardabil, Iran.
3. Assistant Professor, Department of Horticultural Sciences, University of Shahrekord, Shahrekord, Iran.

Article Information

Received: 10 Jan. 2023
Revised: 21 Nov. 2023
Accepted: 28 Nov. 2023

Keywords:
Plant height,
Antioxidant enzymes,
Proline,
Seed parameters,
Total Chlorophyll

Corresponding Author:
aestaji@yahoo.com

Abstract

The percentage and rate of seed germination are critical factors leading to high yield in agriculture, but it has a diminishing effect on environmental stress. Seed pretreatment is one of the ways to increase the strength and velocity of seed germination to deal with salt stress. The purpose of this study was to investigate the effect of seed pretreatment by peppermint (0.5, 1, and 2%) and seaweed extract (0.5, 1, and 2%) with control on the growth and biochemical traits of *Thymus daenensis* seedling under salinity stress (0, 50, 100, and 150 mM NaCl) conditions. This experiment was conducted as a factorial as a completely randomized design in four replications at the seedling growth stage. The results showed that seed pretreatment with peppermint and seaweed extract increased the percentage, velocity, and time of germination as well as the number of germinated seeds, in the absence of salinity stress. In seedling growth characteristics, although they were better in the absence of salinity stress, the pretreatment of the seeds significantly reduced the effects of salinity stress compared to the control conditions. The highest amount of chlorophyll in this condition was obtained in seeds treated with 2% seaweed extract. The highest activity of catalase enzyme and polyphenol oxidase enzyme was obtained in 100 and 150 mM salinity stress conditions and seeds treated with 1 and 2% seaweed extract, respectively. Salinity stress had caused a decrease in growth parameters, but seaweed extract pretreatment had improved the conditions.

How to cite this paper: Najafi, A., Estaji, A., & Ghasemi, M. (2024). The effect of seed priming of *Thymus daenensis* by peppermint and seaweed extracts on germination and seedling growth under salinity stress conditions. *Iranian Journal of Seed Science and Technology*, *13* (4), 1-15. https://doi.org/10.22092/ijsst.2023.361169.1469

© Authors, Published by Iranian Journal of Seed Science and Technology. This is an open-access article distributed under the CC BY (license https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

EXTENDED ABSTRACT

Introduction

Salinity is one of the most important abiotic stresses that affect plant growth and productivity. This abiotic stresses affects plant growth by ionic toxicity, osmotic stress, hormonal imbalance, reduced nutrient mobility, and production of reactive oxygen species (ROS). *Thymus daenensis*, a plant less than 40 cm height, has extensive medicinal uses due to its essential oils of Thymol and Carvacrol. Peppermint (*Mentha piperita*) is an aromatic plant and a well-known species of mint. Seaweed also contains growth-promoting hormones that have been shown to increase plant growth and yield. The percentage and rate of seed germination are critical factors leading to high yield in agriculture, but it has a diminishing effect on environmental stress. Seed pretreatment is one of the ways to increase the strength and velocity of seed germination to deal with salt stress.

Materials and Methods

This experiment was conducted to investigate the effect of seed pretreatment with peppermint and seaweed extracts on germination and seedling growth of the medicinal plant *Thymus daenensis* under salt stress conditions as a factorial in a completely randomized design with four replications in the greenhouse and in pots condition. The purpose of this study was to investigate the effect of seed pretreatment by peppermint (0.5, 1, and 2%) and seaweed extract (0.5, 1, and 2%) with control on the growth and biochemical traits of *Thymus daenensis* seedling under salinity stress (0, 50, 100, and 150 mM NaCl) conditions.

Results and Discussion

Pretreatment increased the percentage, speed, duration of germination and number of germinated seeds of Thymus vulgaris seeds, which were affected by the simple effect of pretreatment and salinity stress, as well as the interaction effect of salinity stress × treatment. Salinity stress significantly reduced the germination percentage in Thymus vulgaris seeds, such that the lowest germination percentage (10%) was obtained under salinity stress conditions of 150 mM sodium chloride. In contrast, pretreatment increased the germination percentage in Thymus vulgaris seeds, such that the highest germination percentage (96.5) was obtained under non-salinity stress conditions under seeds pretreated with peppermint 0.5%. The results showed that seed pretreatment with peppermint and seaweed extract increased the percentage, velocity, and time of germination as well as the number of germinated seeds, in the absence of salinity stress. Salinity stress significantly reduced the germination percentage in Thymus seeds, the lowest germination percentage (10%) was obtained under salinity stress conditions of 150 mM sodium chloride. In seedling growth characteristics, although they were better in the absence of salinity stress, the pretreatment of the seeds significantly reduced the effects of salinity stress compared to the control conditions. The highest amount of chlorophyll in this condition was obtained in seeds treated with 2% seaweed extract. The highest activity of catalase enzyme and polyphenol oxidase enzyme was obtained in 100 and 150 mM salinity stress conditions and seeds treated with 1 and 2% seaweed extract, respectively.

Conclusion

In general, the results showed that pretreatment with seaweed extract significantly increased growth and biochemical traits. The effect of treatment on all studied traits was significant and improved the adverse effects of salinity stress in the Thymus plant. In this study, the application of seaweed extract had a better effect than peppermint extract on most traits. Salinity stress had caused a decrease in growth parameters, but seaweed extract pretreatment had improved the conditions.

دوره ۱۳، شماره ۴، صفحات ۱۵-۱
https://doi.org/10.22092/ijsst.2023.361169.1469

نشریه علوم و فناوری بذر ایران

ISSN: 2588-4638

مقاله پژوهشی

تأثیر پیش تیمار بذر آویشن دنایی با عصاره گیاه نعناع فلفلی و جلبک دریایی بر جوانه‌زنی و رشد گیاهچه در شرایط تنش شوری

احمدرضا نجفی[۱]، اصغر استاجی[۲*]، مهدی قاسمی[۳]

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.
۲. دانشیار، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.
۳. استادیار، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران.

چکیده

درصد و سرعت جوانه‌زنی بذرها یکی از عوامل دستیابی به عملکرد بالا در کشاورزی است ولی تحت تاثیر تنش‌های محیطی کاهش می‌یابد. پیش تیمار بذرها یکی از روش‌های افزایش قدرت و سرعت جوانه‌زنی بذرها برای مقابله با تنش شوری است. هدف از مطالعه حاضر بررسی تأثیر پیش تیمار بذر با عصاره گیاه نعناع فلفلی (۰/۵، ۱ و ۲ درصد) و عصاره جلبک دریایی (۰/۰۵، ۱ و ۲ درصد) به همراه شاهد بر شاخص‌های رشدی و بیوشیمیایی گیاهچه گیاه دارویی آویشن دنایی در شرایط تنش شوری (۰، ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰ میلی‌مولار کلرید سدیم) بود. این آزمایش گلدانی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در چهار تکرار انجام گرفت. نتایج نشان داد پیش‌تیمار عصاره جلبک دریایی و نعناع فلفلی باعث افزایش درصد و سرعت جوانه‌زنی و همچنین تعداد بذر جوانه زده در شرایط عدم تنش شوری شده بود. در صفات رشدی گیاهچه هر چند در شرایط عدم تنش شوری شرایط بهتر بود ولی پیش تیمار بذرها نسبت به شرایط کنترل اثرات تنش شوری را بطور معنی‌داری کاهش داد. بالاترین میزان کلروفیل کل در شرایط عدم تنش شوری در بذور تیمار شده با عصاره جلبک دریایی ۲ درصد بود. بیشترین فعالیت آنزیم کاتالاز و آنزیم پلی فنل اکسیداز به ترتیب در شرایط تنش شوری ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌مولار و در بذور تیمار شده با عصاره جلبک دریایی ۱ و ۲ درصد، بود. بطور مشخص تنش شوری موجب کاهش شاخص‌های رشدی شده بود ولی پیش‌تیمار عصاره جلبک دریایی باعث بهبود شرایط شده بود.

اطلاعات مقاله

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۰/۲۱
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۰۸/۳۰
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۹/۰۷

واژه‌های کلیدی:
ارتفاع بوته،
آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان،
پرولین،
شاخص‌های بذر،
کلروفیل کل

نویسنده مسئول:
aestaji@yahoo.com

نحوه استناد به این مقاله:
Najafi, A., Estaji, A., & Ghasemi, M. (2024). The effect of seed priming of *Thymus daenensis* by peppermint and seaweed extracts on germination and seedling growth under salinity stress conditions. *Iranian Journal of Seed Science and Technology*, *13* (4), 1-15. https://doi.org/10.22092/ijsst.2023.361169.1469

مقدمه

گیاهان در طول زندگی خود در معرض انواع تنش‌های زیستی و غیرزیستی هستند. شوری یکی از مهم‌ترین تنش‌های غیرزیستی است که بر رشد و بهره‌وری گیاه تأثیر می‌گذارد (Semary et al., 2020). تجمع املاح در خاک به ویژه یون‌های سدیم و کلر باعث شور شدن زمین‌های کشاورزی می‌شود. شوری با سمیت یونی، تنش اسمزی، عدم تعادل هورمونی، کاهش تحرک مواد مغذی و تولید گونه‌های فعال اکسیژن (ROS) بر رشد گیاه تأثیر می‌گذارد (Kumar et al., 2020). بنابراین شوری باعث پژمردگی، خشک شدن و مرگ گیاهان می‌شود. گیاهان برای زنده ماندن در خاک‌های شور، استراتژی‌های فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی مختلفی مانند تبادل یونی، فعال‌سازی آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانتی و تحریک هورمونی ایجاد کرده‌اند (Saberi Riseh et al., 2021).

آویشن دنایی (*Thymus daenensis*) گیاهی با ارتفاع کمتر از ۴۰ سانتیمتر به‌دلیل داشتن اسانس تیمول و کارواکرول دارای کاربرد دارویی گسترده‌ای است که در درمان برخی از بیماری‌هایی همانند برونشیت و آسم مفید است (Akbar, 2020). نعناع فلفلی (*Mentha piperita*) گیاهی معطر و از گونه‌های معروف نعناع است که از پیوند نعناع آبی و نعناع زینتی یا تند به وجود آمده است. این گیاه دارای برگ‌های سبز تیره و خوشبو است و ۶۰ تا ۹۰ سانتی‌متر رشد می‌کند. از زمان‌های گذشته به عنوان یک گیاه معطر و اشتها آور مورد استفاده قرار گرفته است. اسانس نعناع فلفلی یک روغن غلیظ است که به‌وسیله تقطیر با بخارآب از گیاه استخراج می‌شود. این گیاه به شکل کاملاً تازه یا تا حدی خشک‌شده، قبل از شکوفه دادن، استفاده می‌شود. ترکیب‌های شیمیایی موجود در روغن نعناع فلفلی عبارت‌اند از: منتول (۴۰ درصد)، منتون (۲۳ درصد)، منتیل استات، سینئول، لیمونن، بتا-پینن، بتا-کاریوفیلن (Morachis-Valdez et al., 2021).

جلبک‌های دریایی، از اجزای اصلی اکوسیستم سواحل اقیانوس‌ها هستند. آن‌ها به‌صورت جلبک‌های دریایی تک‌سلولی یا پرسلولی در نواحی ساحلی اقیانوسی رشد می‌کنند و حاوی بسیاری از مواد معدنی مهم مورد نیاز گیاهان می‌باشند. جلبک دریایی همچنین حاوی هورمون محرک رشد است که ثابت شده است قادر به افزایش رشد و عملکرد گیاه است. عصاره به‌دست‌آمده از جلبک‌های دریایی شامل ترکیبات مختلفی از پلی‌ساکاریدها، اسیدهای چرب، ویتامین‌ها، فیتوکروم، عناصر معدنی و بسیاری از ترکیبات زیستی است (Kocira et al., 2018). استفاده از اثر عصاره جلبک دریایی بر رشد و عملکرد بادمجان باعث افزایش شاخص‌های رشدی و بیوشیمیایی بادمجان شده است (Yusuf et al., 2021).

پیش تیمار بذر (پرایمینگ) روشی است که در آن بذور پیش از قرار گرفتن در بستر خود و مواجه شدن با شرایط اکولوژیکی محیط، به لحاظ فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی آمادگی جوانه‌زنی را به دست آورده و سبب توانمندسازی گیاهان حاصل از بذرهای مذکور در مقابل تنش‌های غیر زیستی از جمله شوری، خشکی و تنش عناصر سنگین می‌شود (Sheikhzadeh et al., 2021). گزارش‌های زیادی در مورد پیش تیمار بذر به منظور بهبود جوانه‌زنی بذر، رویش نهال، استقرار توده، رشد محصول، گره سازی و بهره وری در گونه‌های مختلف زراعی مانند گل گاوزبان (Mahmoudi et al., 2019; Sheikhzadeh et al., 2021)، آتریپلکس (Mohammadnejad et al., 2020) و آویشن خراسانی و شیرازی (Asaadi et al., 2015) وجود دارد. پیش تیمار بذر موجب جوانه‌زنی سریع و یکنواخت بذر در شرایط تنش‌های غیر زیستی ازجمله خشکی، شوری و تنش کادمیوم می‌شود (Mahmoudi et al., 2017; 2019). علاوه بر سازو کارهای سازگاری گیاه، عصاره جلبک دریایی و نعناع فلفلی می‌توانند تحمل نمک را در گیاهان از طریق هموستاز یونی، تولید آنتی‌اکسیدانت‌ها، ACC دآمیناز، فیتوهورمون‌ها، مواد پلیمری خارج سلولی (EPS)، ترکیبات آلی فرار، تجمع اسمولیت ها، فعال‌سازی آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی گیاهی و بهبود جذب مواد مغذی افزایش دهند (Saberi- Riseh et al., 2021).

از آنجا که شوری یکی از مهم ترین تنش‌های غیرزیستی است که بر رشد و بهره‌وری گیاه در سراسر جهان تأثیر می‌گذارد. از این رو بررسی روشی که بتوان در تنش شوری، جوانه‌زنی بذور را بهبود بخشید، از اهمیت خاصی برخوردار است. بر این اساس در این پژوهش تأثیر پیش تیمار با غلظت‌های مختلف عصاره جلبک دریایی و عصاره گیاهی نعناع فلفلی بر تعدیل اثر شوری بر

جوانه‌زنی و رشد اولیه گیاهچه گیاه دارویی آویشن دنایی در شرایط تنش شوری مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

آزمایشی به‌منظور بررسی تأثیر پیش تیمار بذر با عصاره‌های گیاه نعناع فلفلی و عصاره جلبک دریایی بر جوانه‌زنی و رشد گیاهچه گیاه دارویی آویشن دنایی در شرایط تنش شوری به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در چهار تکرار در گلخانه دانشگاه محقق اردبیلی و به صورت گلدانی انجام شد. برای انجام آزمایش ابتدا کوکوپیت از شرکت جزیره به وزن ۶۰۰ گرم و pH برابر با ۶ و EC ۰/۴ دسی زیمنس بر متر مکعب تهیه شد. کوکوپیت با دو لیتر آب به مدت ۲۴ ساعت خیسانده شدند تا از همدیگر جدا شود، سپس کوکوپیت و پرلیت‌ها را به نسبت ۲ به ۱ مخلوط و به سینی نشاء به ارتفاع ۱۰ سانتیمتر منتقل شدند. برای تهیه عصاره نعناع فلفلی ۲۰۰ گرم برگ تازه نعناع فلفلی چیده شده سال جاری بدون هیچ‌گونه موادی به بالن ۱۰۰۰ میلی‌لیتر منتقل، سپس روی آن متانول ۷۰ درصد ریخته و به ازای هر ۱۰۰ گرم نعناع فلفلی ۱۰۰ میلی‌لیتر متانول ۷۰ درصد مصرف شد. بعد از آماده سازی نعناع فلفلی و متانول ۷۰ درصد در بالن آن را به مدت ۷۲ ساعت در جای تاریک قرار داده و هر ۲۴ ساعت یکبار بالن‌های حاوی نعناع فلفلی و متانول ۷۰ درصد را هم زده و دوباره به جای تاریک بازگردانده شدند. با دستگاه روتاری متانول موجود در عصاره تبخیر و عصاره خالص تهیه شد. دمای دستگاه روتاری روی ۴۰ درجه سانتی‌گراد و دور ۷۰ الی ۱۰۰ تنظیم شد. سپس عصاره موجود در روتاری به مدت سه ساعت و ۴۵ دقیقه قرار داده شد تا متانول موجود تبخیر شود سپس عصاره بدست آمده را در پتری‌های شیشه‌ای ریخته و به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۴۰ الی ۴۵ درجه سانتی‌گراد در دستگاه آون قرار داده و پس از ۴۸ ساعت عصاره‌ها کاملاً خشک شدند. رنگ عصاره خشک شده قهوه‌ای سوخته بود.

بذرهای آویشن دنایی از شرکت پاکان بذر اصفهان تهیه گردید. به منظور بهبود جوانه‌زنی بذرها با وایتکس ۲/۵ درصد به مدت ۵ دقیقه ضدعفونی و با آب مقطر آبکشی شد همین کار به مدت دو دقیقه مجدد تکرار شد که کاملاً ضدعفونی شوند و بذرهایی که بر روی محلول قرار گرفتند جداسازی شد سپس بذرهای ضدعفونی شده بعد از آبشویی، داخل پتری و روی کاغذ صافی قرار گرفتند و محلول‌هایی با غلظت ۰، ۰/۵، ۱ و ۲ درصد عصاره نعناع فلفلی و عصاره جلبک دریایی (جلبک دریایی گرومور شامل ترکیباتی: ۰/۱٪ نیتروژن، ۰/۱۶٪ فسفر، ۱/۵٪ پتاسیم و بر ۱۱، مس ۳۰، آهن ۱۵۰، منگنز ۸۰، روی ۵۰ میلی گرم بر لیتر به ترتیب، نیتروژن کل ۲٪، مواد آلی ۴/۹۵٪، کربوهیدرات ۱٪/۸۷ و اسید آمینه ۱۰۷، کربن آلی ۵۲، اکسین ۱۵، جیبرلین ۲۴، سیتوکنین ۱۱ میلی گرم بر لیتر به ترتیب) تهیه شده از شرکت زیست فناوران توران داخل پتری ریخته شد بطوری که بذرها خیس گردیدند ولی غوطه ور نشدند و به مدت ۴۸ ساعت در شرایط دما و نور محیط نگهداری شد، سپس از محلول خارج و بین دو لایه کاغذ صافی به مدت ۲۴ ساعت در فضای آزمایشگاه خشک شدند.

۵۰ عدد بذر خشک شده را به سینی نشا ارتفاع ۱۰ سانتیمتری منتقل شدند. به دلیل ریز بودن به اندازه دو سانتی متر کوکوپیت و پرلایت ریخته شدند. سپس سینی‌های نشاء را به دمای ۱۸ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۷۰-۶۵ درصد و به دور از تابش مستقیم نور خورشید و یک مکان نسبتاً خشک در گلخانه قرار داده شدند. پس از تهیه غلظت‌های مختلف کلرید سدیم ۰، ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰ میلی‌مولار کلرید سدیم، بعد از پیش تیمار بذرها و کاشت در گلدان از همان ابتدی آبیاری گلدان‌ها، تیمار شوری اعمال شد. پس از رشد و در مرحله چهاربرگی گیاهچه‌ها، ارتفاع گیاه در هر نمونه به وسیله اندازه‌گیری با خط کش تعیین شدند. وزن‌تر و خشک اندام‌های هوایی توسط ترازو ۰/۰۰۰۱ وزن شدند.

برای محاسبه درصد جوانه‌زنی، تعداد بذر جوانه زده بر تعداد بذر کاشته تقسیم، سپس در ۱۰۰ ضرب شدند تا درصد جوانه‌زنی به دست آید. همچنین برای اندازه گیری سرعت جوانه‌زنی از فرمول زیر استفاده شد، مجموعه بذر جوانه زده تا پایان آزمایش (Ni)، مجموع زمان برحسب روز از شروع آزمایش (Ti) بود.

$$GR = \sum \frac{Ni}{Ti}$$

جهت اندازه گیری کلروفیل از روش آرون (Arnon, 1949) استفاده شد. برای این منظور از هر نمونه گیاهی برگ تازه به

مقدار ۰/۲ گرم با قیچی کاملاً خرد شـــده و آن را در هاون چینی قرار داده و به آن حدود ۵ میلی‌لیتر آب مقطر اضافه کرده و خوب ســاییده شـد لازم به ذکر اسـت که عمل ســاییدن و له کردن در محیط خنک و کم نور انجام شـــد در ادامه این مخلوط را با یک بالن ژوژه ۲۵ میلی‌لیتری ریخته و با آب مقطر به حجم رسانده شد. سپس با سمپلر از مخلوط ۰/۵ میلی‌لیتر برداشته و به آن حدود ۴/۵ میلی‌لیتر استون ۸۰ درصد اضافه کرده و سپس به مدت ۱۵ دقیقه در سانتریفیوژ با سرعت ۳۵۰۰ دور در دقیقه قرار داده شد تا ذرات جامد ته نشـین شـود. دسـتگاه اسـپکتروفتومتری را با اسـتون ۸۰ درصـــد به عنوان شـــاهد کالیبره شـــد و بعد حدود دو میلی‌متر از محلول برداشت به وسیله دستگاه اسپکتوفتومتری میزان جذب نور در طول موج ۶۶۳ و ۶۴۵ و ۴۷۰ نانومتر خوانده شـــد و در آخر غلظت کلروفیل با اســـتفاده از اعداد به دســـت آمده از نمونه بر اساس فرمول زیر، برحسب میلی‌گرم برگرم وزن‌تر حساب گردید (Arnon, 1949). در این فرمول A جذب نور در طول موج‌های ۶۶۳ و ۶۴۵ نانومتر و V حجم محلول صـــاف شـــده و W وزن‌تر نمونه استفاده شده می‌باشد.

$$Chl_a = (12.7\times A\ 663 - 2.59 \times A\ 645) \times [V/1000\ W]$$
$$Chl_b = (22.9 \times A\ 645 - 4.69 \times A\ 663) \times [V/1000\ W]$$
$$Chl_t = (20.2 \times A\ 645 + 8.02 \times A\ 663) \times [V/1000\ W]$$
$$C_{x+c} = [1000\ (A470) - 1.82\ (mg\ Chl_a) - 85.02\ (mg\ Chl_b)\ /198] \times [V/1000\ W]$$

اســـتخراج پرولین براســـاس روش باتس (Bates, 1973) و از برگ‌های جوان، دو هفته بعد از اعمال تنش شـــوری صـــورت گرفت. برای این منظور ۰/۱ گرم برگ را در ۱۰ میلی‌لیتر اســـید سـولفوسـالیسـیلیک ۳٪ کاملا له شـد و سـپس مخلوط در دمای ۴ درجه ســـانتی‌گراد و با ســـرعت ۱۰۰۰۰rpm به مدت ۱۰ دقیقه ســـانتریفیوژ گردید. در ادامه دو میلی‌لیتر معرف نین هیدرین به همراه دو میلی‌لیتر اسـید اسـتیک خالص به دو میلی‌لیتر از عصـاره مرحله قبل، اضـافه شـد. سـپس لوله‌ها به مدت ۶۰ دقیقه در حمام آب گرم با دمای ۱۰۰ درجه ســـانتی‌گراد قرار گرفت. پس از برداشـتن لوله‌ها از حمام آب گرم چهار میلی‌لیتر تولوئن به هر لوله اضـافه و ۲۰ ثانیه ورتکس شـدند. بعد از این مرحله دو فاز جداگانه تشکیل می‌شود که فاز بالایی رنگی را با دقت برداشته و با دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۵۲۰ نانومتر اندازه‌گیری شد. سنجش فعالیت کربوهیدرات‌های کل برگ با اســـتفاده از روش اوموکولو و همکاران (Omokolo et al., 1996) صورت گرفت.

اســـتخراج پروتئین کـل بـا اســـتفـاده از روش برادفورد (Bradford, 1986) براسـاس بافرفسـفات و معرف برادفورد انجام گرفت. برای اندازه‌گیری فعالیت آنزیم از روش کار و میشـــرا (۱۹۷۶) استفاده شـد. مقدار ۲۰ میلی‌لیتر از محلول استیک اسید و ۳۰ میلی‌لیتر از محلول اسـتات سـدیم مخلوط کرده و با آب مقطر به حجم می‌رسانیم و بافر ۰/۲ میلی‌مولار به دست می‌آوریم. سپس پر اکسـید هیدروژن ۰/۱ (۱۰۰ میکرولیتر پراکسـید هیدروژن را با آب مقطر بر حجم رسـانده شـد) و همچنین بنزیدین ۰/۰۴ مولار محلول در متانول ۵۰ درصـد تهیه شـده و بدین ترتیب ۱/۴۷۳ گرم بنزیدن را در ۲۰ سـی‌سـی متانول ۵۰ درصـد حل کردیم به طوری که حجم نهایی ۲۰ میلی لیتر گردد. در ادامه به ۰/۱ گرم از بافت ریشه مقدار دو سی سی بافر اضافه کرده و خوب ساییده شدند. دو میکرو لیتربافراسـتات ۲۰۰ میکرولیتر پر اکسـید هیدروژن و ۲۰۰ میکرو لیتر محلول بنزیدین را در حمام یخ مخلوط کرده و به آن ۱۰۰ میکرولیتر عصاره آنزیمی اضافه گردید و بلافاصله با استفاده از دسـتگاه اسـپکتروفتومتری در طول موج ۵۳۰ نانومتر شـدت جذب خوانده شد. سنجش میزان فعالیت آنزیم کاتالاز با بررسی کاهش مقدار پراکسـید هیدروژن در ۲۴۰ نانومتر برای ۶۰ ثانیه انجام شد. میزان فعالیت آنزیم با استفاده از ضریب خاموشی مولی ۰/۰۳۹ بر میلی‌مولار بر سـانتی‌متر محاسـبه و برحسـب یک واحد (واحد در میکروگرم پروتئین) به ازای میلی‌گرم پروتئین بیان شـد (Kar & Mishra, 1976). سـنجش فعالیت آنزیم پلی فنل اکسـیداز به کمک روش کار و میشـرا (Kar & Mishra, 1976) صـورت گرفت. به لوله‌های آزمایش ۲/۵ میلی‌لیتر محلول بافر فسفات ۰/۲ مولار با pH=6.8 اضافه شد و بعد به آن ۰/۲ میلی‌لیتر پیرو گالل ۰/۰۲ مولار افزوده شـد تا دمای لوله‌ها در داخل بن ماری به ۴۰ درجه سـانتی‌گراد برسـد، در ادامه به هر لوله به میزان دو میلی‌لیتر عصاره آنزیمی اضافه شد و تغییرات جذب در طول موج ۴۳۰ نانومتر در فاصله زمانی ۱۲۰ ثانیه ثبت شد. میزان فعالیت آنزیم بر اسـاس تغییرات جذب ۴۳۰ نانومتر در دقیقه در میلی‌گرم پروتئین بیان گردید.

تجزیه‌های آماری و مقایسـه میانگین‌ها با اسـتفاده از نرم‌افزار

SAS 9.4 پس از اطمینان از نرمال بودن داده‌ها، انجام شد. برای مقایسه میانگین‌ها از روش دانکن در سطح احتمال ۵٪ استفاده شد. رسم شکل و نمودارها با استفاده از نرم‌افزار Excel انجام پذیرفت.

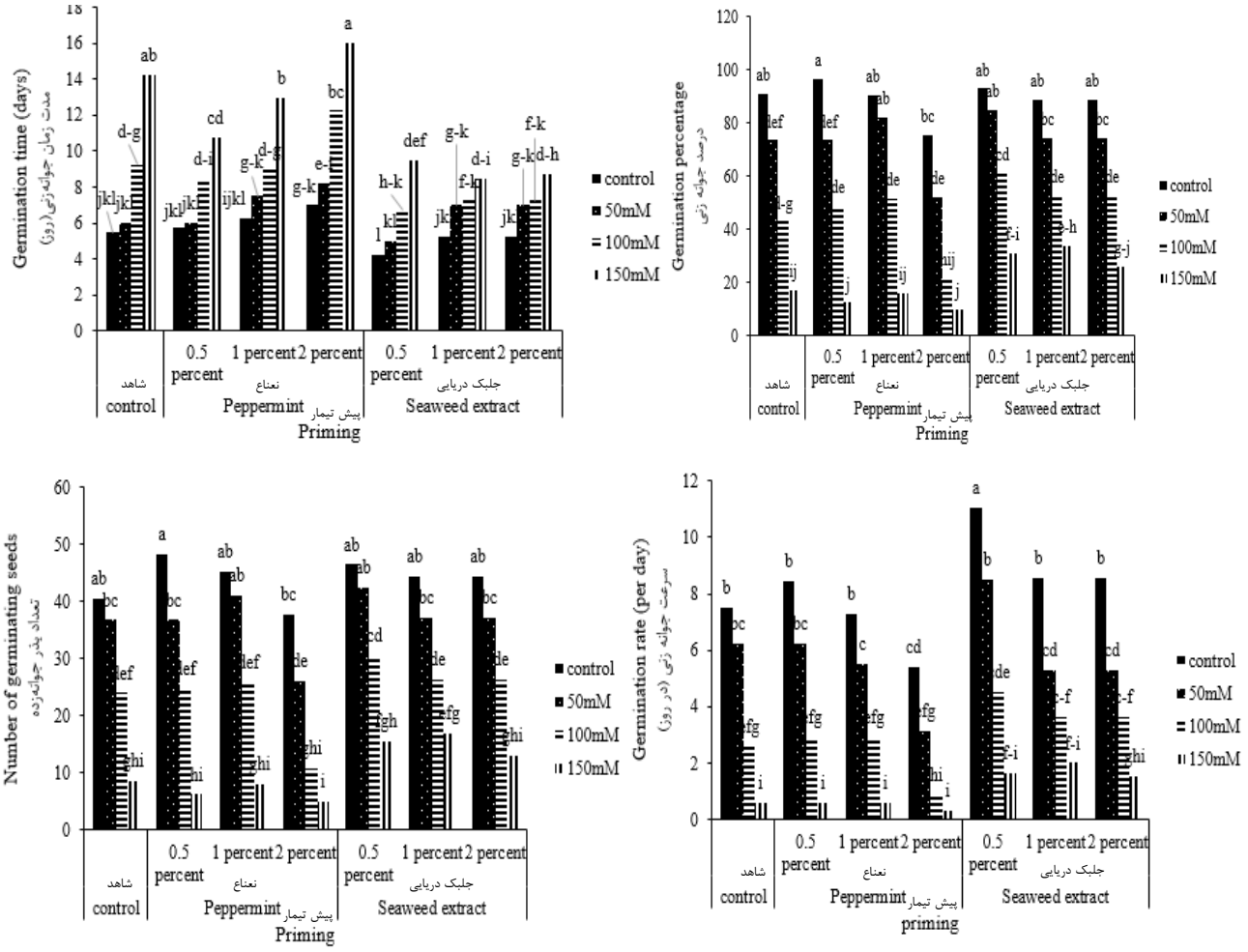
نتایج و بحث

شاخص‌های بذر

نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس داده‌ها (جدول و شکل ۱) نشان داد پیش‌تیمار باعث افزایش درصد، سرعت، مدت زمان جوانه‌زنی و تعداد بذر جوانه زده بذور آویشن دنایی تحت تأثیر اثر ساده پیش تیمار و تنش شوری و نیز اثر متقابل تنش شوری× تیمار قرار گرفت. تنش شوری موجب کاهش معنی‌دار درصد جوانه‌زنی در بذور آویشن دنایی شده است بطوری که کمترین درصد جوانه‌زنی (۱۰٪) در شرایط تنش شوری ۱۵۰ میلی‌مولار کلرید سدیم بدست آمد. در مقابل پیش‌تیمار باعث افزایش درصد جوانه‌زنی در بذور آویشن دنایی شد بطوری که بیشترین درصد جوانه‌زنی (۹۶/۵) در شرایط عدم تنش شوری تحت بذور پیش تیمار شده با نعناع فلفلی ۰/۵ درصد بدست آمد. شوری آب و خاک یکی از مهم‌ترین تنش‌های غیر زیستی هست که یا ایجاد تنش اسمزی و اختلال در جذب عناصر غذایی سبب کاهش جوانه زنی و ظهور گیاهچه و کاهش رشد و عملکرد محصول می‌گردد. در مقابل تأثیر پیش تیمار بذرها باعث بهبود شاخص‌های جوانه‌زنی بذر و رشد گیاهچه می‌گردد که درگیاهان مختلف، متفاوت بوده و کارآیی پیش تیمار تحت تأثیر زمان و دمای محلول پیش تیمار، نوع ماده مورد استفاده قرار می‌گیرد (Zarnoosheh Farahani et al., 2019). همچنین نتایج نشان داد که، بیشترین سرعت جوانه‌زنی (۱۱/۰۳ بذر در روز) در شرایط عدم تنش شوری تحت بذور پیش تیمار شده با عصاره جلبک دریایی ۰/۵ درصد و بیشترین مدت زمان جوانه‌زنی (۱۴/۲۵ روز) در شرایط تنش ۱۵۰ میلی مولار کلرید سدیم و پیش تیمار شده با نعناع فلفلی ۲ درصد بدست آمد. با افزایش تنش شوری تعداد بذر جوانه زده در بذور آویشن دنایی بطور معنی‌داری کاهش یافت بطوری که بیشترین تعداد بذر جوانه زده در شرایط عدم تنش شوری بدست آمد. پیش‌تیمار باعث افزایش تعداد بذر جوانه زده در بذور آویشن دنایی شد بطوری که بیشترین تعداد بذر جوانه زده (۴۸/۲۵) در شرایط عدم تنش شوری تحت بذور پیش تیمار شده با نعناع فلفلی ۰/۵ درصد بدست آمد. فرآیند جوانه‌زنی یک پدیده پیچیده و دینامیک است که شامل جذب آب، افزایش سریع در فعالیت تنفس، هیدرولیز مواد ذخیره‌ای و آغاز رشد در جنین می‌باشد (Faner & Tamson, 2005). پرایمینگ بذر سبب سنتز و فعال شدن اولیه آنزیم‌های مختلفی مانند α و β آمیلاز می‌شود، این آنزیم‌ها با اکسیداسیون مواد غذایی ذخیره شده در بذر، برای جوانه‌زنی و ظهور گیاهچه انرژی لازم را تامین می‌کند (Kabiri & Naghizade, 2015) گزارش‌های مختلف حاکی از آن است که پرایمینگ باعث بهبود سرعت و درصد جوانه زنی، افزایش بنیه بذر و افزایش دامنه جوانه‌زنی بذرها در شرایط محیطی تنش زا از قبیل تنش خشکی، شوری و دما می‌گردد(El-Tayeb, 2005; Hosseini & Koocheki, 2007; Khodary, 2004).

ارتفاع بوته

صفت ارتفاع بوته مطابق جدول تجزیه واریانس داده‌ها آویشن دنایی تحت تأثیر اثر ساده پیش تیمار و تنش شوری و نیز اثر متقابل تنش شوری× تیمار قرار گرفت (جدول ۱). بیشترین ارتفاع بوته (۱۵۸/۷۵ میلی‌متر) در شرایط عدم تنش شوری در بذور پیش تیمار شده با نعناع فلفلی و عصاره جلبک دریایی بدست آمد (شکل ۱). همچنین کمترین ارتفاع بوته (۹/۴ میلی‌متر) در بذور آویشن دنایی در شرایط تنش شوری ۱۵۰ میلی‌مولار کلرید سدیم تحت بذور پیش تیمار شده با نعناع فلفلی ۲ درصد مشاهده شد (شکل ۱). کاربرد عصاره جلبک دریایی به دلیل ترکیبات مغذی متعدد و همچنین هورمون‌های محرک رشد گیاهی سبب افزایش طویل شدن سلولی، افزایش طول میانگره‌ها، افزایش ارتفاع گیاه، افزایش رشد و توسعه سطح برگ گیاهان مختلف می‌گردد (Selvam & Sivakumar, 2013). کاهش ارتفاع در اثر تنش شوری می‌تواند به دو دلیل، کاهش انرژی مورد نیاز برای رشد و یا از بین رفتن تورژسانس باشد. کاهش انرژی می‌تواند نتیجه انحراف مواد فتوسنتزی به سمت انتقال مواد فعال و جذب یون‌ها باشد (Beigzadeh et al., 2020).



شکل ۱- مقایسه میانگین اثر پیش تیمار نعناع فلفلی و عصاره جلبک دریایی و تنش شوری بر درصد جوانه‌زنی، مدت جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی و تعداد بذر جوانه‌زده

Figure 1- Comparison of the average the effect of pretreatment of peppermint, seaweed extract and salinity stress on Germination precen, Germination time, Germination velocity and Germinatrd seed

وزن‌تر و خشک بوته

صفت وزن‌تر و خشک بوته مطابق جدول تجزیه واریانس داده‌ها آویشن دنایی تحت تأثیر اثر ساده پیش تیمار و تنش شوری و نیز اثر متقابل تنش شوری× تیمار قرار گرفت (جدول ۱). بیشترین وزن‌تر (۳/۲۹ گرم) و خشک بوته (۱/۸۹ گرم) در شرایط عدم تنش شوری در بذور شاهد بدست آمد (شکل ۲). همچنین کمترین وزن‌تر (۰/۱۷۵ گرم) در بذور آویشن دنایی در شرایط تنش شوری ۱۵۰ میلی‌مولار کلرید سدیم تحت بذور پیش تیمار شده با نعناع فلفلی دو درصد مشاهده شد (شکل ا a). عصاره جلبک دریایی به‌دلیل داشتن هورمون‌های رشد مانند اکسین و سیتوکینین، عناصری همچون نیتروژن، آهن، روی، مس، کبالت، مولیبدن، منگنز، منیزیم و نیکل، ویتامین‌ها و اسیدهای آمینه، تأثیر مفیدی بر رشد گیاهان و ایجاد مقاومت در برابر تنش‌های غیرزیستی مانند شوری، خشکی و دما دارد (Haghparast et al., 2012). مطالعه Yusuf et al. (2021) نشان داد که تیمار انواع مختلف عصاره جلبک دریایی بر پارامترهای ارتفاع بوته، تعداد برگ، میزان کلروفیل برگ، وزن میوه تر، وزن تر برگ و وزن خشک برگ تأثیر معنی داری داشت، ناکافی بودن مواد مغذی می‌تواند روند فرآیندهای متابولیک را مختل کند و بر رشد و نمو گیاه تأثیر بگذارد. جلبک دریایی می‌تواند خواص خاک مانند خواص

فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی را بهبود بخشد همچنین محتوای مواد مغذی موجود در عصاره جلبک دریایی باعث رشد رویشی در گیاهان بادمجان بهتر از تیمار شاهد می‌شود (Kocira et al., 2018). جلبک دریایی حاوی اجزای معدنی و حاوی فیتوهورمون‌هایی به عنوان تنظیم‌کننده رشد مانند اکسین، جیبرلین، سیتوکینین است (Maemunah et al., 2019). محلول‌پاشی برگی کود جلبک دریایی طی رشد رویشی گیاه گوجه فرنگی و فلفل باعث افزایش اندازه، وزن و عملکرد میوه می شود و این افزایش به حضور تنظیم کننده‌های رشدی همچون اکسین، جیبرلین، کینتین و زآتین در عصاره جلبک دریایی نسبت داده شده است (Prasad et al., 2010). عصاره جلبک دریایی قهوه‌ای، به‌طور وسیعی، درکشت گیاهان برای تحریک رشد و ارتقای تحمل آن‌ها در برابر تنش‌های محیطی مانند خشکی، شوری، دمایی و کمبود عناصر غذایی، استفاده می‌شود. نتایج تحقیق Di Stasio et al. (2020) نشان داد کاربرد عصاره جلبک دریایی، باعث افزایش ۱۳ درصدی در عملکرد گوجه‌فرنگی شد. همچنین در شرایط تنش شوری کاربرد جلبک دریایی، باعث تجمع عناصر معدنی، آنتی‌اکسیدانت‌ها و اسیدهای آمینه ضروری در میوه گوجه‌فرنگی گردید. در مورد کاهش تأثیر تنش کم‌آبی در گیاه مریم‌گلی (*Salvia officinalis* L.) توسط عصاره جلبک دریایی نشان داد در شرایط تنش کم‌آبی، کاربرد عصاره جلبک دریایی، باعث افزایش رشد رویشی این گیاه به‌واسطه افزایش طول ساقه، شاخص سطح برگ و تعداد برگ گردید.

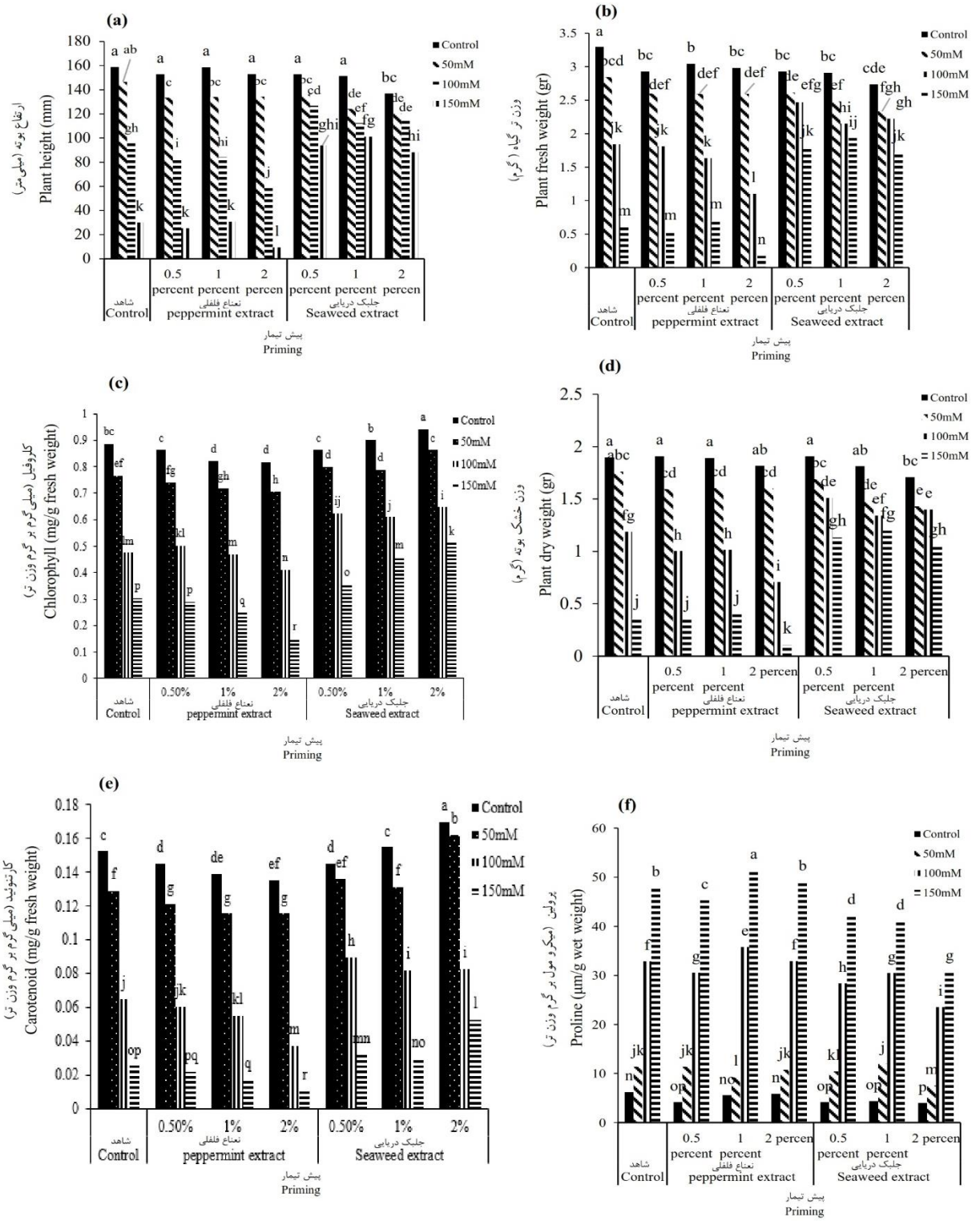
کلروفیل کل و کاروتنوئیدها

مطابق جدول تجزیه واریانس میزان کلروفیل کل و کارتنوئید آویشن دنایی تحت تأثیر اثر ساده پیش تیمار و تنش شوری و نیز اثر متقابل تنش شوری× تیمار قرار گرفت (جدول ۱). بیشترین میزان کلروفیل کل (۰/۹۴۱ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) و کاروتنوئید (۰/۱۷ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) در شرایط عدم تنش شوری در بذور تیمار شده با عصاره جلبک دریایی ۲ درصد بدست آمد. همچنین کمترین میزان کلروفیل کل (۰/۱۵۲ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) و کمترین میزان کاروتنوئید (۰/۰۱ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) در شرایط تنش شوری ۱۵۰ میلی‌مولار کلرید سدیم تحت بذور پیش تیمار شده با نعناع فلفلی ۲ درصد مشاهده شد (شکل ۱ d و e). گزارش شده است که شوری سیستم انتقال الکترون و فتوفسفوریلاسیون در غشای تیلاکوئید را از کار می‌اندازد و منجر به اختلال در روبیسکو، آنزیم کلیدی در فتوسنتز می‌شود (Mbarki et al., 2018).

جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس اثر غلظت‌های مختلف پیش‌تیمارهای نعناع فلفلی و جلبک دریایی بر شاخص‌های رشدی و بیوشیمیایی آویشن دنایی تحت تنش شوری در گلخانه

Table 1- The analysis variance of the effect of different concentrations of peppermint and seaweed extract on growth and biochemical pretreatments of *Thymus daenensis* under salt stress in the greenhouse condition

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی Df	درصد جوانه زنی Germination percent	سرعت جوانه زنی Germination velocity	تعداد بذر جوانه زده Germinated seed	مدت جوانه زنی Germination time	ارتفاع گیاه Plant height	وزن گیاه Plant weight	وزن خشک گیاه weight Plant dry	کلروفیل Chlorophyll	کاروتنوئید Carotenoids	پرولین Proline	قند محلول Soluble sugar	فعالیت آنزیم کاتالاز Catalase	فعالیت آنزیم پروکسیداز Peroxidase	فعالیت آنزیم پلی فنول اکسیداز polyphenol oxidase
پیش تیمار بذر Seed pretreatment (P)	6	1218.41**	22.4**	308.3**	37.3**	2956.9**	1.05**	0.45**	9.08 **	0.31**	149**	4847.4**	8393.5**	276**	316**
تنش شوری Salinity stress (S)	3	25252.64**	268.47**	6070 **	189.4**	51997.04**	19.62**	0.65**	163.79 **	8.87**	9147**	109235.8**	152153.6**	476.7**	9831.3**
اثر متقابل Interaction P × S	18	128.8**	2.18**	32.04 *	5.3**	1885.5**	0.68**	0.24**	0.74 *	0.01**	37.7**	615.4**	7478.8**	41.63**	100.09**
خطا Error	84	59.19	0.73	16.94	0.63	9.18	0.02	0.011	0.04	0.002	0.83	52.8	15.58	3.66	2.2
ضریب تغییرات CV%		13.32	19.10	14.29	9.84	3.32	7.91	8.17	3.29	4.8	4.05	3.36	1.49	8.75	4.74



شکل ۲- مقایسه میانگین اثر پیش تیمار عصاره نعناع فلفلی و عصاره جلبک دریایی و تنش شوری بر ارتفاع بوته، وزن‌تر بوته، وزن خشک بوته، میزان کلروفیل کل، کارتنوئید، پرولین

Figure 2- Comparison of the average the effect of pretreatment of peppermint, seaweed extract and salinity stress on plant height, plant weight, plant dry weight, total chlorophyll, carotenoids, proline

تنش شوری سبب کاهش سطح برگ، میزان کلروفیل برگ‌ها و بازده فتوسنتزی می‌شود (Wu et al., 2014). نتایج برخی پژوهش‌ها نشان داده که کاربرد عصاره جلبک دریایی در شرایط تنش‌های محیطی اثربخشی مناسبی برای گیاهان دارد (Esmaielpour et al., 2020). استفاده از عصاره جلبک دریایی در گوجه فرنگی، در شرایط تنش خشکی، باعث افزایش کلروفیل کل شد (Goñi et al., 2016). کاربرد خاکی عصاره جلبک دریایی در گیاهانی مانند کاهو، کرفس خربزه و مریم گلی و گوجه‌فرنگی نیز با افزایش رنگدانه های فتوسنتزی، میزان فتوسنتزرا به طور معنی‌داری افزایش داده (Xu & Leskovar, 2015). عصاره جلبک دریایی با افزایش رشد ریشه و جذب آب از کاهش رشد و همچنین کاهش سطح برگ جلوگری می کند که این سبب ادامه فتوسنتز در گیاه می گردد. همچنین سنتز سایتوکنین و نقش جلوگیری کنندگی این هورمون در ممانعت از تجزیه کلروفیل از طریق آنزیم کلروفیلاز توسط عصاره جلبک دریایی بهبود می‌یابد (Xu et al., 2015).

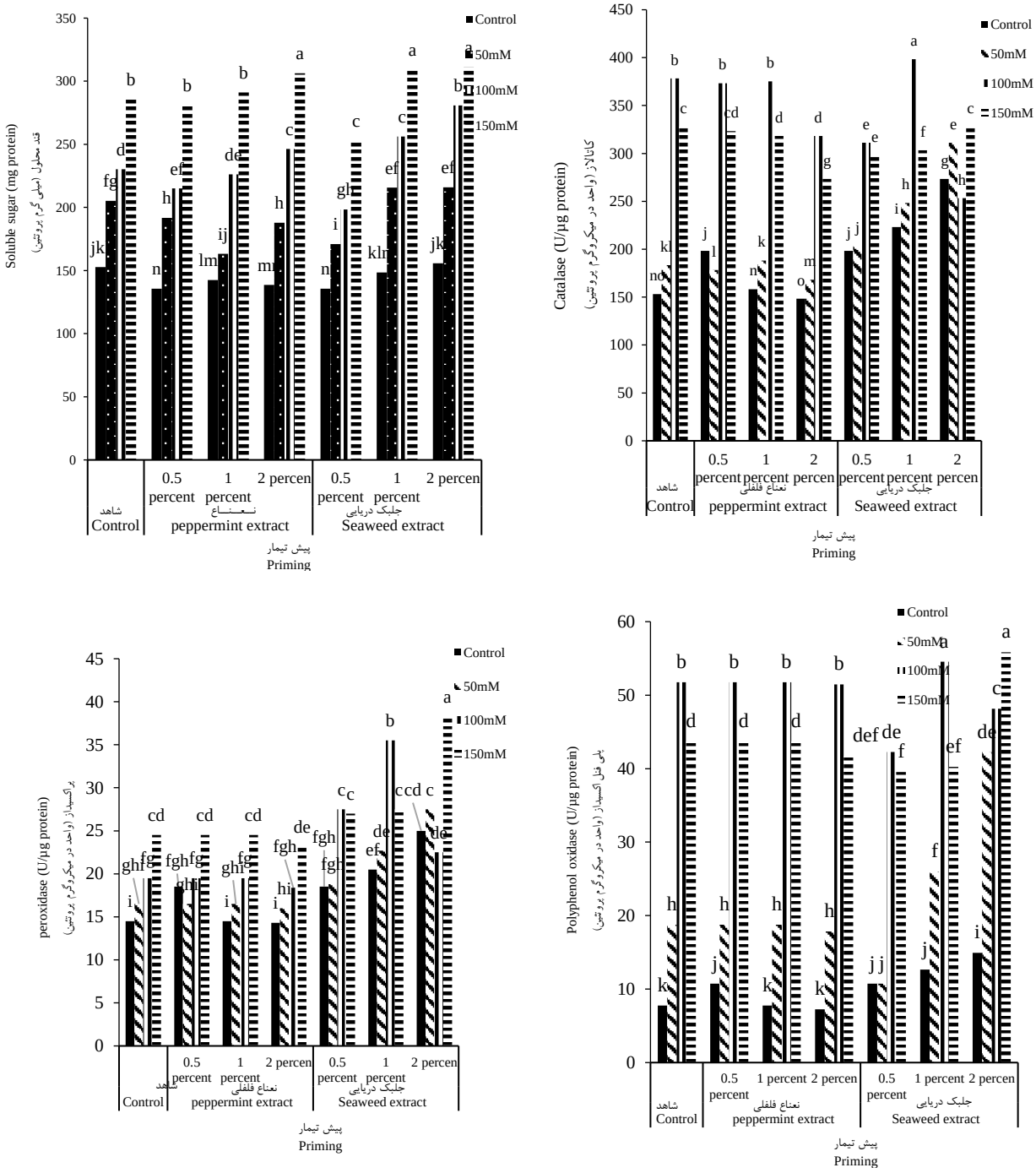
پرولین

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۱) نشان داد که میزان پرولین تحت تأثیر اثر ساده پیش تیمار و تنش شوری و نیز اثر متقابل تنش شوری× تیمار قرار گرفت. تحت شرایط تنش میزان اسید آمینه پرولین افزایش می‌یابد بطوری که بیشترین میزان اسید آمینه پرولین (۵۱/۳۷ میکرومول بر گرم وزن تر) در شرایط تنش شوری ۱۵۰ میلی‌مولار کلرید سدیم در بذور تیمار شده با نعناع فلفلی ۱ درصد بدست. همچنین کمترین میزان اسید آمینه پرولین (۴ میکرو مول بر گرم وزن تر) در بذور آویشن دنایی در شرایط عدم تنش شوری تحت بذور پیش تیمار شده با عصاره جلبک دریایی ۲ درصد مشاهده شد (شکل ۱ f). تحت تنش شوری، گیاهان طیف وسیعی از پاسخ‌ها را در سطوح فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی نشان می‌دهند. پاسخ‌های بیوشیمیایی شامل تجمع متابولیت‌ها (قند، پرولین)، افزایش آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی و کاهش تجمع ROS است. اثرات فیزیولوژیکی شامل از کاهش ارتفاع بوته، کاهش وزن تر و خشک گیاهچه، کاهش رنگیزه‌های فتوسنتزی است (Mbarki et al., 2018) که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد. افزایش سطح پرولین در گیاهان یکی از راهکارهای کاهش آثار مخرب تنش می باشد. سطح بالایی از پرولین در شرایط تنش شوری ممکن است به دلیل بیان ژن‌های کد کننده آنزیم‌های کلیدی سنتز پرولین (پیرولین-۵-کربوکسیلات سنتتاز و پیرولین-۵-کربوکسیلات ردوکتاز) و فعالیت کم آنزیم‌های اکسید کننده باشد (Tavakoli et al., 2016). افزایش مقدارپرولین تحت تاثیر یک تیمارخاص مانند جلبک دریایی منجر به افزایش مقاومت در برابر تنش و به دنبال آن افزایش عملکرد خواهد شد (Hua et al., 2010).

قند محلول

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۱) نشان داد که میزان قند محلول آویشن دنایی تحت تأثیر اثر ساده پیش تیمار و تنش شوری و نیز اثر متقابل تنش شوری× تیمار قرار گرفت. شکل ۲ a نشان می‌دهد که تحت شرایط تنش میزان قند محلول افزایش می‌یابد بطوری که بیشترین میزان قند محلول (۳۱۰/۹۶ میلی‌گرم بر گرم وزن تازه) در شرایط تنش شوری ۱۵۰ میلی‌مولار کلرید سدیم در بذور تیمار شده با عصاره جلبک دریایی ۱ درصد بدست آمد که بطور معنی‌داری بیشتر از سایر بذور تیمار شده و بذور شاهد بود اما اختلاف معنی‌داری با بذور تیمار شده با عصاره جلبک دریایی ۲ درصد و بذور تیمار شده با نعناع فلفلی ۲ درصد نداشت.

همچنین کمترین میزان قند محلول (۲۵۲/۶ میلی‌گرم بر گرم وزن تازه) در بذور آویشن دنایی در شرایط عدم تنش شوری تحت بذور پیش تیمار شده با عصاره جلبک دریایی ۰/۵ درصد و نعناع فلفلی ۰/۵ درصد نداشت مشاهده شد. مطالعات مختلف نشان داده است که با کاربرد عصاره جلبک دریایی رشد ریشه‌ها افزایش یافته و با افزایش جذب مواد و عناصر غذایی رشد اندام هوایی و برگ‌ها نیز افزایش یافته و همچنین میزان رنگانه‌های گیاهی نیز بیشتر می‌شود (Spinelli et al., 2010). تحقیقات نشان داده است که استفاده از عصاره جلبک دریایی، باعث افزایش غلظت کلروفیل در برگ‌های گیاه شده و سطح آنزیم آمیلاز را در اندام‌های گیاهی بالامی‌برد و از این طریق باعث شکسته شدن قندهای غیرقابل استفاده در گیاه می گردد (Beigzadeh et al., 2020).



شکل ۳- مقایسه میانگین اثر پیش تیمار عصاره نعناع فلفلی و عصاره جلبک دریایی و تنش شوری بر قند محلول، کاتالاز، پراکسیداز و پلی فنل اکسیداز

Figure 3- Comparison of the average the effect of pretreatment of peppermint, seaweed extract and salinity stress on soluble sugar, catalase, proxsidase, polyphenol oxidase

آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۱) نشـــان داد که فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسـیدانی کاتالاز، پراکسـیداز و پلی فنل اکسـیداز تحت تأثیر اثر ساده پیش تیمار و تنش شوری و نیز اثر متقابل تنش شوری× تیمار قرار گرفت. نتایج نشان داد که تحت شرایط تنش و پیش تیمار بذرها میزان فعالیت این آنزیم افزایش می‌یابد بطوری که بیشترین فعالیت کاتالاز (۳۰۳/۲۵ واحد در میکروگرم پروتئین) در شـرایط تنش شـوری ۱۰۰ میلی-مولار کلرید سـدیم در بذور

تیمار شده با عصاره جلبک دریایی ۱ درصد، بیشترین فعالیت آنزیم پراکسیداز (۳۸/۳ واحد در میکروگرم پروتئین) در شرایط تنش شوری ۱۵۰ میلی‌مولار کلرید سدیم در بذور تیمار شده با عصاره جلبک دریایی ۲ درصد و بیشترین فعالیت آنزیم پلی فنل اکسیداز (۵۵/۸۵ واحد در میکروگرم پروتئین) در شرایط تنش شوری ۱۵۰ میلی‌مولار کلرید سدیم در بذور تیمار شده با عصاره جلبک دریایی ۲ و ۱ درصد بدست آمد که بطور معنی‌داری بیشتر از سایر تیمارها بود. آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی و ترکیبات غیر آنزیمی نقش اساسی در سم‌زدایی ROS ناشی از شوری و سایر تنش‌ها دارند. تحمل نمک با فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی از جمله کاتالاز، گلوتاتیون پراکسیداز و پلی فنل اکسیداز همبستگی مثبت دارد. تحت تنش شوری فعالیت این آنزیم‌ها افزایش می‌یابد (Saberi-Riseh et al., 2021). عصاره جلبک دریایی شامل متابولیت‌های ثانویه مختلفی مانند تیمولیک‌ها می باشد که نقش مهمی در فعالیت آنتی‌اکسیدانی و مهار رادیکال های آزاد دارند. تنش شوری بطور مشخص سبب افزایش فعالیت آنزیم آنتی‌اکسیدانی در گیاهان مختلف جهت کاهش اثرات مخرب رادیکال‌های آزاد حاصل از تنش می‌شوند و همچنین کاربرد عصاره جلبک دریایی نیز علاوه بر خاصیت آنتی‌اکسیدانی به دلیل وجود ترکیبات مختلف از جمله ترکیبات تیمولیک سبب افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی نیز می‌گردند (Rahimian et al., 2019).

نتیجه‌گیری کلی

به‌طور کلی نتایج نشان داد که پیش‌تیمار عصاره جلبک دریایی باعث افزایش معنی‌داری شاخص‌های رشدی و بیوشیمیایی داشت به‌طوری که تأثیر فاکتورها بر تمام صفات مورد مطالعه معنی‌دار بود و سبب بهبود اثرهای نامطلوب تنش شوری در گیاه آویشن دنایی شد. در این پژوهش کاربرد عصاره جلبک دریایی نسبت به عصاره نعناع فلفلی در بیشتر صفات تأثیر بهتری داشت.

تعارض منافع

نویسندگان این مقاله اعلام می‌دارند که هیچ گونه تعارض منافعی در رابطه با نگارش و یا انتشار این مقاله ندارند.

References

Akbar, S. (2020). Thymus vulgaris L. (Lamiaceae). In *Handbook of 200 Medicinal Plants* (pp. 1795-1810). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-16807-0_185

Asaadi, A. M., & Heshmati, G. (2015). The effect of different treatments on seed dormancy and germination of Thymus transcaucasicus Ronn and Zataria multiflora Boiss. *Iranian Journal of Seed Research*, *28*(1), 12-22. https://doi.org/10.22067/ijsr.v28i1.20442

Bates, L. S., Walderen, R. D., & Taere, I. D. (1973). Rapid determination of free proline for water stress studies. *Plant and Soil*, *39*, 205-207. https://doi.org/10.1007/BF00018060

Beigzadeh, S., Maleki, A., Mirzaee Heydari, M., Rangin, A., & Khorgami, A. (2020). Effects of salicylic acid and seaweed (Ascophyllum nodosum) extracts application on some physiological traits of white bean (Phaseolus lanatus L.) under drought stress conditions. *Journal of Crop Ecophysiology*, *14*(53), 21-44. https://doi.org/10.30495/jcep.2020.671639

Bradford, K. J., Hsiao, T. C., & Yang, S. F. (1982). Inhibition of ethylene synthesis in tomato plants subjected to anaerobic root stress. *Journal of Plant Physiology*, *70*(5), 1503–1507. https://doi.org/10.1104/pp.70.5.1503

El-Tayeb, M. A. (2005). Response of barley grain to the interactive effect of salinity and salicylic acid. *Plant Growth Regulation*, *42*, 215-224. https://doi.org/10.1007/s10725-005-4928-1

Esmaielpour, B., Fatemi, H., & Moradi, M. (2020). Effects of seaweed extract on physiological and biochemical characteristics of basil (Ocimum basilicum L.) under water-deficit stress conditions. *Journal of Soil and Plant Interactions*, *11*(1), 59-69. https://doi.org/10.47176/jspi.11.1.10288

Fenner, M., & Thompson, K. (2005). *The ecology of seeds* (pp. 110-112). Cambridge University Press.

Goñi, O., Fort, A., Quille, P., McKeown, P. C., Spillane, C., & O'Connell, S. (2016). Comparative transcriptome analysis of two Ascophyllum nodosum extract biostimulants: Same seaweed but different. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *64*, 2980–2989. https://doi.org/10.1021/acs.jafc.6b00621

Haqhparast, M., Maleki Farahani, S., Masoudsinki, J., & Zarai, Q. (2011). Reducing the negative effects of drought stress in chickpeas by using humic acid and seaweed extract. *Crop Production in Environmental Stress*, *4*(1), 59-71. https://sid.ir/paper/232048/fa

Hosseini, A., & Koocheki, A. (2007). Effects of different seed priming on germination percentage and rate of sugar beet. *Iranian Journal of Field Crop Science*, *1*, 69-76. [In Persian]. https://doi.org/10.22067/ijsc.v1i1.7948

Hua, Y., Lin, Y., & Wang, J. (2010). Antioxidation responses of maize roots and leaves to partial root-zone drying. *International Journal of Agricultural Management*, *97*, 972-980. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2010.06.019

Kabiri, R., & Naghizade, M. (2015). Study the effect of salicylic acid pretreatment on germination and early growth of black cumin (Nigella sativa) under salinity stress. *Iranian Journal of Seed Research*, *4*(1), 61-72. https://doi.org/10.22077/escs.2020.3593.1882

Kar, M., & Mishra, D. (1976). Catalase, peroxidase, and polyphenol oxidase activities during rice leaf senescence. *Journal of Plant Physiology*, *57*(2), 315-319. https://doi.org/10.1104/pp.57.2.315

Khodary, S. E. A. (2004). *International Journal of Agriculture and Biology*, *6*, 5-8.

Kocira, A., Świeca, M., Kocira, S., Złotek, U., & Jakubczyk, A. (2018). Enhancement of yield, nutritional, and nutraceutical properties of two common bean cultivars following the application of seaweed extract (Ecklonia maxima). *Saudi Journal of Biological Sciences*, *25*, 563–571. https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2016.01.039

Kumar, A., Singh, S., Gaurav, A. K., Srivastava, S., & Verma, J. P. (2020). Plant growth-promoting bacteria: Biological tools for the mitigation of salinity stress in plants. *Frontiers in Microbiology*, *11*, 1216. https://doi.org/10.3389/fmicb.2020.01216

Maemunah, Y., Samudin, R., Kasim, S., & Yusran, H. (2019). Optimization and regeneration of in vitro seedling of shallot variety Lembah Palu in providing good quality seedling. *IOP Conference Series: Environmental Earth Sciences*, *235*, 012051. https://doi.org/10.1088/1755-1315/235/1/012051

Mahmoudi, F., Sheikhzadeh Mosaddegh, P., Zare, N., & Esmaielpour, B. (2019). Improvement of seed germination, growth, and biochemical characteristics of borage (Borago officinalis L.) seedlings with seed priming under cadmium stress conditions. *Iranian Journal of Plant Physiology*, *11*(1), 23-42. https://doi.org/10.22108/IJPB.2019.111889.1104

Mahmoudi, F., Sheikhzadeh Mosaddegh, P., Zare, N., & Esmaielpour, B. (2017). The effect of hydropriming on germination, growth, and antioxidant enzyme activity of borage (Borago officinalis L.) seedlings under cadmium stress. *Field Crops Research*, *48*(1), 253-266. https://doi.org/10.22059/IJFCS.2017.205921.654102

Mbarki, S., Sytar, O., Cerda, A., Zivcak, M., Rastogi, A., He, X., Zoghlami, A., Abdelly, C., & Brestic, M. (2018). Strategies to mitigate the salt stress effects on photosynthetic apparatus and productivity of crop plants: Targeting sensory, transport, and signaling mechanisms. In *Salinity Responses and Tolerance in Plants* (pp. 85-136). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-75671-4_4

Mohammadnejad, M., Mahmoudi, J., Alizadeh, M. A., & Naseri, B. (2020). The effect of time and concentration of osmopriming on the germination indices of three pasture species from the genus Atriplex. *Iranian Journal of Seed Science and Research*, *10*(2), 22-30. https://doi.org/10.3390/agriculture10040094

Morachis-Valdez, A. G., Santillán-Álvarez, Á., Gómez-Oliván, L. M., García-Argueta, I., Islas-Flores, H., & Dublán-García, O. (2021). Effects of peppermint extract and chitosan-based edible coating on storage quality of common carp (Cyprinus carpio) fillets. *Polymers*, *13*, 3243. https://doi.org/10.3390/polym13193243

Omokolo, N. D., Tsala, N. G., & Djocgoue, P. F. (1996). Changes in carbohydrate, amino acid, and phenol content in cocoa pods from three clones after infection with *Phytophthora megakarya*. *Annals of Botany*, *77*, 153-158. https://doi.org/10.1006/anbo.1996.0017

Rahimian, A., EsnaAshari, M., & Sarikhani, H. (2019). Physiological and biochemical responses of strawberries affected by seaweed extract under iron deficiency conditions. *Journal of Horticultural Science*, *33*(1), 101-110. https://doi.org/10.22067/jhorts4.v33i1.67812

Saberi Riseh, R., Ebrahimi-Zarandi, M., Tamanadar, E., Moradi Pour, M., & Thakur, V. K. (2021). Salinity stress: Toward sustainable plant strategies and using plant growth-promoting rhizobacteria encapsulation for reducing it. *Sustainability*, *13*(22), 12758. https://doi.org/10.3390/su132212758

Saberi-Riseh, R., & Moradi-Pour, M. A. (2021). Novel encapsulation of *Streptomyces fulvissimus* Uts22 by spray drying and its biocontrol efficiency against *Gaeumannomyces graminis*, the causal agent of take-all disease in wheat. *Pest Management Science*, *77*, 4357–4364. https://doi.org/10.1002/ps.6469

Selvam, M., & Sivakumar, B. (2013). Effect of foliar spray from seaweed liquid fertilizer of *Ulvareticulata* (Forsk.) on *Vigna mungo* L. and their elemental composition using SEM-energy dispersive. *Journal of Biotechnology*, *2*(2), 119-125. https://doi.org/10.1016/S2305-0500(13)60131-1

Semary, N. A. H., Alouane, M. H., Nasr, O., Aldayel, M. F., Alhaweti, F. H., & Ahmed, F. (2020). Salinity stress mitigation using encapsulated biofertilizers for sustainable agriculture. *Sustainability*, *12*, 9218. https://doi.org/10.3390/su12219218

Sheikhzadeh, P., Zare, N., & Mahmoudi, F. (2021). The synergistic effects of hydro and hormone priming on seed germination, antioxidant activity, and cadmium tolerance in borage. *Acta Botanica Croatica*, *80*(1), 18-28. https://doi.org/10.37427/botcro-2021-007

Soltani, M., Alikooyi, A., Abbasi Sourki, S., Kiyani, M., & Dehkordi, M. (2020). Effect of plant growth-promoting bacteria on seed germination and seedling emergence of alfalfa (*Medicago sativa* L.; Hamedani ecotype) in the laboratory, morphological characteristics, and pigment contents in greenhouse conditions. *Iranian Journal of Seed Science and Technology*, *8*(2), 173-187. https://doi.org/10.22034/ijsst.2019.122512.1214

Spinelli, F., Fiori, G., & Noferini, M. (2010). A novel type of seaweed extract as a natural alternative to the use of iron chelates in strawberry production. *Scientia Horticulturae*, *125*(3), 263-269. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2010.03.011

Tavakoli, M., Poustini, K., & Alizadeh, H. (2016). Proline accumulation and related genes in wheat leaves under salinity stress. *Journal of Agricultural Science and Technology*, *18*, 707-716. https://doi.org/10.16807073.2016.18.3.12.4

Wu, B. Z., Peng, Y., Guo, L., & Li, C. (2014). Root colonization of encapsulated *Klebsiella oxytoca* Rs-5 on cotton plants and its promoting growth performance under salinity stress. *European Journal of Soil Science, 60*(1), 81-87. https://doi.org/10.1016/j.ejsobi.2013.11.008

Xu, C., & Leskovar, D. (2015). Effects of *Ascophyllum nodosum* seaweed extracts on spinach growth, physiology, and nutrition under drought stress. *Scientia Horticulturae*, *183*, 39–47. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2014.12.029

Yusuf, M., Muhardi, A., Syakur, H., Mas'ud, B., Latarang, K., D., & Kristiansen, P. (2021). Application of local seaweed extracts to increase the growth and yield of eggplant (*Solanum melongena* L.). *Environmental Earth Sciences*, *681*, 012019. https://doi.org/10.1088/1755-1315/681/1/012019

Zarnoosheh Farahani, M., Ashraf Jafari, A., & Ali Alizadeh, M. (2019). Effect of osmopriming, hormonal priming, and hydropriming on the enhancement of aged seed germination and seedling growth of Tansey (*Tanacetum polycephalum*). *Iranian Journal of Seed Research*, *6*(2), 257-267. https://doi.org/10.22124/JMS.2019.3604