



## Investigating the effect of seed priming and foliar application of seaweed extract and salicylic acid on thymus under drought stress

Faezeh Samandari Bahr Aseman<sup>1</sup> | Anahita Rashtian<sup>2✉</sup> | Afagh Tabandeh Saravi<sup>3</sup> |  
Mojtaba Soleimani Sardo<sup>4</sup>

1. Department of Range and Watershed Management, Faculty of Natural Resources and Desert studies, Yazd University, Yazd, Iran. E-mail: [f.samandari75@gmail.com](mailto:f.samandari75@gmail.com)
2. Corresponding Author, Department of Range and Watershed Management, Faculty of Natural Resources and Desert studies, Yazd University, Yazd, Iran. E-mail: [arashtian@yazd.ac.ir](mailto:arashtian@yazd.ac.ir)
3. Department of Environment, Faculty Natural Resources and Desert studies, Yazd University, Yazd, Iran. E-mail: [tabandeh@yazd.ac.ir](mailto:tabandeh@yazd.ac.ir)
4. Department of Environment, Faculty Natural Resources, Jiroft University, Jiroft, Iran. E-mail: [mojtaba.solaimani@ujiroft.ac.ir](mailto:mojtaba.solaimani@ujiroft.ac.ir)

### Article Info

**Article type:**  
Research Article

**Article history:**

Received 5 April 2022  
Received in revised form  
7 February 2023  
Accepted 31 May 2023  
Published online  
20 September 2023

**Keywords:**

*Aerial organs*  
*Crop capacity*  
*Germination*  
*Morphological characteristics*  
*Morphology*

### ABSTRACT

**Objective:** Considering the importance (*Thymus vulgaris* L.) and the effects of seaweed extract and salicylic acid priming in increasing drought resistance at different stages of plant growth, an experiment was done as a factorial layout based on a completely randomized factorial design with three replications in the research greenhouse of Jiroft University (2020).

**Methods:** Three levels of 100% (control), 50%, and 35% field capacity were considered as test factors for drought treatment, seed preparation and seedling spraying including zero (control), 0.3%, 3.5%, and 1% algal extract and 1mM salicylic acid, 2 mM salicylic acid and composition of algae, and salicylic acid extract were considered as second factors.

**Results:** The results of this study showed a significant difference in examined factors such as germination rate, root, and shoot length and root and shoot weight treatment at a 1% probability level and in drought stress treatment of 35%, salicylic acid priming treatment had the best performance with an improvement of 6 traits compared to the control. The results of the foliar application of seedlings also showed that the highest shoot weights of seedlings were under the combined treatment of algal extract plus salicylic acid treatment.

**Conclusion:** General results showed that priming and foliar spraying with salicylic acid had been more effective than algae extract on plant drought resistance, and of course, the combined treatment of salicylic acid and salicylic acid extract plus algae extract with a higher concentration is able to improve plant resistance to drought in the vegetative stage.

**Cite this article:** Samandari Bahr Aseman, F., Rashtian, A., Tabandeh Saravi, A., & Soleimani Sardo, M. (2023). Investigating the effect of seed priming and foliar application of seaweed extract and salicylic acid on thymus under drought stress. *Journal of Crops Improvement*, 25 (3), 703-718. DOI: <https://doi.org/10.22059/jci.2023.341068.2694>



## بررسی تأثیر پرایمینگ بذر و محلول پاشی عصاره جلبک دریایی و سالیسیلیک اسید روی گیاه دارویی آویشن باغی تحت تنش خشکی

فائزه سمندری بحرآسمان<sup>۱</sup> | آناهیتا رشتیان<sup>۲</sup> | آفاق تابنده ساروی<sup>۳</sup> | مجتبی سلیمانی ساردو<sup>۴</sup>

۱. گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی و کویرشناسی، دانشگاه یزد، یزد، ایران. رایانامه: [f.samandari75@gmail.com](mailto:f.samandari75@gmail.com)
۲. نویسنده مسئول، گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی و کویرشناسی، دانشگاه یزد، یزد، ایران. رایانامه: [arashtian@yazd.ac.ir](mailto:arashtian@yazd.ac.ir)
۳. گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و کویرشناسی، دانشگاه یزد، یزد، ایران. رایانامه: [tabandeh@yazd.ac.ir](mailto:tabandeh@yazd.ac.ir)
۴. گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه جیرفت، جیرفت، ایران. رایانامه: [mojtaba.solaimani@ujiroft.ac.ir](mailto:mojtaba.solaimani@ujiroft.ac.ir)

| اطلاعات مقاله   | چکیده   |
|---|---|
| <b>نوع مقاله:</b><br>مقاله پژوهشی   | <b>هدف:</b> با توجه به اهمیت گیاه دارویی آویشن باغی ( <i>Thymus vulgaris L.</i> ) و اثر عصاره جلبک دریایی و سالیسیلیک اسید در افزایش مقاومت به خشکی در مراحل مختلف رشد، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه جیرفت در سال ۱۳۹۹ انجام شد.   |
| <b>تاریخ دریافت:</b> ۱۴۰۱/۰۱/۱۵   | روش پژوهش: تیمار خشکی در سه سطح ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی (شاهد)، ۵۰ درصد ظرفیت زراعی و ۳۵ درصد ظرفیت زراعی و فاکتوردوم پرایمینگ بذر و نشاها شامل صفر (شاهد)، ۱ درصد حجمی عصاره جلبک، ۳/۵ درصد حجمی عصاره جلبک، ۱ میلی مولار سالیسیلیک اسید، ۲ میلی مولار سالیسیلیک اسید و ترکیب عصاره جلبک و سالیسیلیک اسید، در نظر گرفته شد.   |
| <b>تاریخ بازنگری:</b> ۱۴۰۱/۱۱/۱۸  | <b>یافته‌ها:</b> نتایج پرایمینگ بذر نشان داد فاکتورهایی چون سرعت جوانه زنی، طول ریشه چه و ساقه چه و وزن ریشه چه و ساقه چه در اثر تیمارها در سطح احتمال ۱ درصد اختلاف معنی داری داشت و در تیمار تنش خشکی ۳۵ درصد ظرفیت زراعی پرایمینگ سالیسیلیک اسید با بهبود شش صفت نسبت به شاهد بهترین عملکرد را داشت. همچنین نتایج محلول پاشی گیاهچه‌ها نشان داد بیشترین وزن تر اندام‌های هوایی گیاهچه‌ها در تیمار ترکیبی عصاره جلبک به اضافه سالیسیلیک اسید حاصل شد. |
| <b>تاریخ پذیرش:</b> ۱۴۰۲/۰۳/۱۰  | <b>نتیجه گیری:</b> نتایج کلی نشان می‌دهد که پرایمینگ و محلول پاشی با سالیسیلیک اسید بهتر از عصاره جلبک بر مقاومت به خشکی گیاه مؤثر بوده و البته تیمار هم‌زمان سالیسیلیک اسید و عصاره جلبک و تیمارهای ترکیبی عصاره جلبک با غلظت بالاتر توانسته‌اند در مرحله رویشی مقاومت گیاه به خشکی را افزایش دهند.  |
| <b>تاریخ انتشار:</b> ۱۴۰۲/۰۶/۲۹   |   |
| <b>کلیدواژه‌ها:</b><br>اندام هوایی<br>جوانه زنی<br>صفات مرفولوژیکی<br>ظرفیت زراعی<br>مرفولوژی |   |

**استناد:** سمندری بحرآسمان، فائزه؛ رشتیان، آناهیتا؛ تابنده ساروی، آفاق؛ و سلیمانی ساردو، مجتبی (۱۴۰۲). بررسی تأثیر پرایمینگ بذر و محلول پاشی عصاره جلبک دریایی و سالیسیلیک اسید روی گیاه دارویی آویشن باغی تحت تنش خشکی. *بزرگای کشاورزی*، ۲۵ (۳)، ۷۱۸-۷۰۳.

DOI: <https://doi.org/10.22059/jci.2023.341068.2694>



## ۱. مقدمه

آویشن باغی (*Thymus vulgaris* L.) گیاهی است چندساله و معطر از خانواده Lamiaceae است که بومی منطقه مدیترانه، شمال آفریقا، جنوب اروپا و آسیا می‌باشد (Alavi-Samani *et al.*, 2015). از اسانس آویشن در نوشیدنی‌ها و صنایع دارویی - بهداشتی و از برگ آن در فرآورده‌های غذایی استفاده می‌شود. اسانس روغنی آویشن دارای خواصی نظیر ضداسپاسم، بادشکن، ضدکرم، ضدرماتیسم، خلط‌آور، آنتی‌اکسیدان و نگهدارنده طبیعی غذا می‌باشد (Abd Elbar *et al.*, 2019). اسانس این گیاه از جمله ده اسانس معروف می‌باشد که جایگاه خاصی در تجارت جهانی دارد (Abd Elbar *et al.*, 2019; Kuete, 2017). گیاه آویشن سرشار از ویتامین‌های مفیدی چون A، C و عناصری مهمی چون پتاسیم، آهن، کلسیم، منگنز، منیزیم و سلنیوم است. علاوه بر این آویشن دارای آنتی‌اکسیدان‌های قدرتمندی، چون لوتئین، زاکستین و تیمونین است هم‌چنین در بین ترکیبات این گیاه دارویی دو ماده ارزشمند به نام تیمول<sup>۱</sup> و کارواکرول<sup>۲</sup>، به چشم می‌خورد که خاصیت ضدباکتریایی و ضد قارچی بالایی دارند (Benamer *et al.*, 2019; Patilet *et al.*, 2021).

تنش خشکی مهم‌ترین عامل محدودکننده محیطی برای رشد و عملکرد بسیاری از گونه‌های گیاهی در مناطق خشک و نیمه‌خشک به‌شمار می‌رود. تنش خشکی می‌تواند سطوح مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی، بیوشیمیایی و آناتومیکی گیاه را تحت تأثیر قرار دهد (Fathi & Tari, 2016). به‌طور کلی پژوهش‌های مختلف نشان می‌دهد که درصد زیادی از گونه‌های گیاهان دارویی که بومی مناطق خشک و نیمه‌خشک هستند معمولاً با شرایط خشک سازگار هستند. علاوه بر این، ارزش بالای اقتصادی این گیاهان باعث شده است تا از آن‌ها به‌عنوان محصولات مناسب در زمین‌های خشک نام برد (Abd Elbar *et al.*, 2019).

## ۲. پیشینه پژوهش

پژوهش‌های مختلفی نشان می‌دهد که تنش خشکی باعث کاهش معنی‌دار رشد و عملکرد ماده خشک در گیاه آویشن باغی می‌شود (Mohammadi *et al.*, 2020; Arpanahi Abdollahiet *et al.*, 2019). از این‌رو، افزایش توان گیاهان برای تحمل تنش‌های محیطی ناشی از کمبود آب در افزایش عملکرد مهم به‌نظر می‌رسد. نتایج مطالعات متنوعی نشان می‌دهد که استفاده از تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی<sup>۳</sup> برخی از ریزمغذی‌ها و مواد شیمیایی که در جهت تنظیم اسمزی به‌کار می‌روند، می‌توانند نقش مهم و به‌سزایی در افزایش بهبود مقاومت به خشکی در مراحل مختلف رشد گیاهان داشته باشند (Li *et al.*, 2021; Shemiet *et al.*, 2020; Kayaet *et al.*, 2019).

سالیسیلیک‌اسید (SA) یک ترکیب فنلی طبیعی است که می‌تواند اثرات مضر ناشی از تنش‌های غیرزنده محیطی را به‌طور مؤثر کاهش دهد. علاوه بر این، می‌تواند نقش مهمی در تعدیل رشد و ویژگی‌های فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی در گیاهان داشته باشد (Hayat *et al.*, 2020; Fardus *et al.*, 2018; Noreen *et al.*, 2017; Li *et al.*, 2019; Kaya *et al.*, 2020; Shemi *et al.*, 2021). سالیسیلیک‌اسید در تنظیم بسیاری از فرایندهای فیزیولوژیکی مانند رشد و نمو و مقابله با تنش‌های خشکی و شوری نقش چشم‌گیری دارد (Li *et al.*, 2019; Kaya *et al.*, 2020; Shemi *et al.*, 2021).

وجود برخی از ترکیبات محرک رشد در برخی از جلبک‌ها باعث شده است تا از عصاره آن‌ها برای تولید کودهای که

1. Thymol  
2. Carvacrol  
3. Growth regulators

باعث افزایش میزان رشد و تولید گیاهان زراعی می‌شوند، استفاده گردد (EL Boukhari et al., 2020). عصاره جلبک دریایی در حفظ، اصلاح خاک و میکروفلور (وضعیت میکروبی خاک)، تأثیر مثبت دارند و می‌توانند منبع مواد مغذی قوی برای گیاهان باشند و ممکن است اثرات هورمونی را نیز در گیاهان نشان دهند (EL Boukhari et al., ; Du Jardin, 2015). کاربرد عصاره جلبک باعث افزایش رشد گیاه، تعداد برگ، تحریک رشد ریشه و بهبود مقاومت به تنش‌های محیطی (شوری و خشکی) و افزایش کمیت و کیفیت عملکرد گندم<sup>۱</sup>، آویشن و گندم دوروم<sup>۲</sup> می‌شود (Patel et al., 2018; Sharma et al., 2019).

با توجه به این‌که تنش خشکی در ایران همواره از مهم‌ترین مسائل و مشکلات کشاورزی بوده، به‌نظر می‌رسد که استفاده از عصاره جلبک دریایی و کاربرد سالیسیلیک‌اسید بتواند تا حدودی اثرات منفی ناشی از تنش خشکی را کاهش دهد و سبب بهبود عملکرد شود. لذا این پژوهش با هدف بررسی اثر پرایمینگ بذر و محلول‌پاشی عصاره جلبک دریایی و سالیسیلیک‌اسید بر آویشن باغی و برخی صفات مرفولوژیکی مرتبط با تحمل خشکی به‌صورت گلخانه‌ای اعمال شد.

### ۳. روش‌شناسی پژوهش

این آزمایش در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه جیرفت در سال زراعی ۱۴۰۰ در فاصله ۲۲۵ کیلومتری جنوب استان کرمان با مختصات جغرافیایی ۲۸ درجه و ۳۶ دقیقه و ۶ ثانیه عرض شمالی و ۵۷ درجه و ۴۵ دقیقه و ۴۹ ثانیه طول شرقی، در قالب طرح کاملاً تصادفی به‌صورت فاکتوریل در سه تکرار انجام شد. آزمایش شامل تیمار خشکی در سه سطح ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی (شاهد)، ۵۰ درصد ظرفیت زراعی و ۳۵ درصد ظرفیت زراعی و پرایمینگ شامل صفر (شاهد)، ۱ درصد حجمی عصاره جلبک، ۳/۵ درصد حجمی عصاره جلبک، ۱ میلی‌مولار سالیسیلیک‌اسید، ۲ میلی‌مولار سالیسیلیک‌اسید و ترکیب کردن عصاره جلبک و سالیسیلیک‌اسید، در نظر گرفته شد. این آزمایش در دو بخش انجام شد، بخش اول اعمال تیمارها به بذر و بررسی صفات جوانه‌زنی و بخش دوم محلول‌پاشی نشاها بود. قبل از انجام کشت و آماده‌سازی گلدان‌ها، بذرهای مورد استفاده به‌مدت ۲۴ ساعت در عصاره جلبک و سالیسیلیک‌اسید قرار گرفتند. خاک مورد استفاده برای گلدان‌ها، خاک معمولی (مزرعه)، پیت ماس و پرلیت به نسبت ۱:۱:۱ بود. که درون گلدان‌های پلاستیکی ریخته شد. مشخصات شیمیایی خاک گلدان در جدول (۱) آورده شده است.

جدول ۱. مشخصات شیمیایی خاک مورد استفاده

| فاکتورها | ماده آلی (درصد) | کربن آلی (درصد) | پتاسیم (پی‌پی‌ام) | فسفر (پی‌پی‌ام) | نیتروژن (درصد) | اسیدیته | شوری (دسی‌زیمنس بر متر) |
|----------|-----------------|-----------------|-------------------|-----------------|----------------|---------|-------------------------|
|          | ۲/۲             | ۱/۶             | ۱۶۲               | ۱۰/۲            | ۰/۸            | ۷۷/۲    | ۱/۵-۱                   |

گلدان‌های برای کشت بذر ۲۵۰ گرم خاک داشت و ۲۰ عدد بذر در هر گلدان و در عمق نیم‌سانتی‌متری کشت شدند. گلدان‌ها در شرایط گلخانه‌ای (دمای ۲۵ تا ۲۷ درجه سانتی‌گراد، رطوبت نسبی ۷۰ درصد و دوره نوری ۱۴ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی)، نگهداری شدند. به‌منظور اعمال تنش خشکی به گلدان‌هایی با ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی ۱۰۰ سی‌سی آب داده شد و بقیه تیمارها متناسب با آن آبیاری گردید. نشاهای که بذر آن‌ها بدون تیمار پرایمینگ بود شش هفته در گلدان‌هایی که ۱ کیلوگرم خاک را در خود جای می‌داد، قرار گرفتند و در گلخانه نگهداری شده و قبل از اعمال تنش خشکی، تیمار محلول‌پاشی عصاره جلبک و سالیسیلیک‌اسید بر نشای گیاهان انجام شد، یک هفته پس از محلول‌پاشی،

1. *Triticum aestivum*
2. *Triticum durum*

تنش خشکی با اعمال میزان ۳۰۰ سی سی آب در تیمار ظرفیت زراعی ۱۰۰ درصد آبیاری گردید و بقیه تیمارها ظرفیت زراعی متناسب با آن آبیاری شد؛ روش تعیین میزان آب مورد نیاز روش توزین گلدان بود. دو هفته بعد از قرار گرفتن گیاه در تنش مورد نظر برای بار دوم محلول پاشی نشاها انجام شد و بعد از دو ماه نگهداری از گیاهان در شرایط تنش خشکی نمونه برداری انجام گرفت.

صفات مورد نظر در این پژوهش در بخش بذر شامل سرعت جوانه زنی، سرعت جوانه زنی، طول ریشه چه، طول اندام هوایی، وزن تر ریشه چه، وزن خشک ریشه چه، وزن تر اندام هوایی نشا، وزن خشک اندام هوایی نشا، شاخص بنیه بذر و تعداد برگ بود. صفات مورد نظر در این پژوهش در بخش محلول پاشی نشاها شامل طول ریشه، طول اندام هوایی، وزن تر ریشه، وزن تر اندام هوایی، و وزن خشک ریشه، وزن خشک اندام هوایی و تعداد برگ بود. طول ریشه و ساقه و ارتفاع نشاها با کولیس تا دقت میلی متر و وزن تر و خشک آن‌ها نیز تا دقت هزارم گرم با ترازوی دیجیتال اندازه گیری شدند.

برای به دست آوردن وزن خشک، نمونه‌ها به طور جداگانه در داخل آون به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۷۰ درجه سانتی گراد قرار گرفتند. شاخص‌های درصد جوانه زنی و سرعت جوانه زنی بر اساس روابط زیر محاسبه شدند. درصد جوانه زنی تعداد بذرهایی است که از یک جمعیت بذر تولید گیاهچه می‌کنند و بر حسب درصد از طریق رابطه (۱) محاسبه می‌شود (Abdul-Baki & Anderson, 1973):

$$GP = n / s \times 100 \quad \text{رابطه (۱)}$$

که در آن، P درصد بذرسبز شده، n تعداد کل بذور سبز شده در دوره آزمون و S تعداد کل بذرهایی کاشته شده می‌باشند. سرعت جوانه زنی مفهوم مهمی است و می‌تواند ارزیابی خوبی را از استقرار محصول داشته باشد برای دستیابی به سرعت جوانه زنی از رابطه (۲) استفاده شد (Brown & Mayer, 1988).

رابطه (۲) = سرعت جوانه زنی

تعداد گیاهچه‌های طبیعی در روز اول شمارش / ۱ + تعداد گیاهچه‌های طبیعی در روز آخر شمارش / روز آخر  
به منظور تجزیه و تحلیل‌های آماری داده‌ها ابتدا نرمال بودن داده‌ها بررسی شد و در صورت غیر نرمال بودن مانند داده‌های سرعت و درصد جوانه زنی نرمال سازی آن‌ها انجام شد سپس با نرم افزار SAS (نسخه ۹/۱)، و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD<sup>۱</sup> در سطح احتمال ۵ درصد انجام گرفت و نمودارها با استفاده از نرم افزار Excel ترسیم گردیدند.

#### ۴. یافته‌های پژوهش

نتایج به دست آمده از تجزیه واریانس پرایمینگ بذر آویشن باغی نشان داد که اثر سطوح خشکی و سطوح مختلف پرایمینگ بر کلیه صفات مورد مطالعه در سطح ۱ درصد معنی دار بود. همچنین اثرات متقابل آن‌ها در صفات سرعت جوانه زنی، طول ریشه چه، طول اندام هوایی، وزن تر ریشه چه، وزن تر اندام هوایی، وزن خشک ریشه چه، وزن خشک اندام هوایی و تعداد برگ در سطح احتمال ۱ درصد معنی دار بود، اما شاخص بنیه بذر در سطح احتمال ۵ درصد معنی دار بود (جدول ۱).

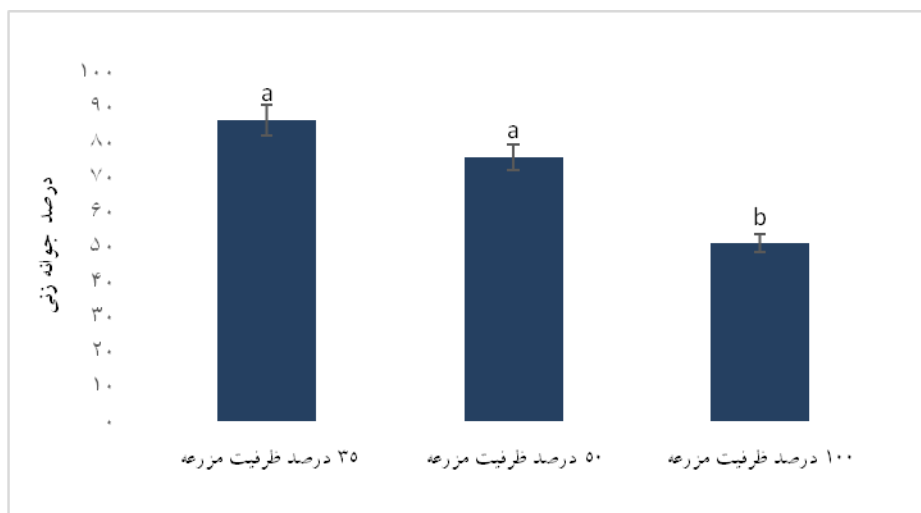
جدول ۱. آنالیز واریانس اثرات تنش خشکی و انواع پرایمینگ بذر بر صفات مورفولوژیکی آویشن باغی

| منابع تغییرات | درجه آزادی | درصد جوانه زنی | سرعت جوانه زنی | طول ریشه اندام هوایی | طول ریشه اندام هوایی | وزن تر ریشه اندام هوایی | وزن تر ریشه اندام هوایی | وزن خشک ریشه اندام هوایی | وزن خشک ریشه اندام هوایی | شاخص بنیه بذر | تعداد برگ |
|---------------|------------|----------------|----------------|----------------------|----------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------|-----------|
| تنش خشکی      | ۲          | ۶۹۳۷/۴ **      | ۱۸۷۴/۱ **      | ۱۰۲۵/۸ **            | ۹۲/۷ **              | ۰/۰۱ **                 | ۰/۰۳ **                 | ۰/۰۳ **                  | ۰/۰۳ **                  | ۰/۰۱۵ **      | ۳۱۳۶/۳ ** |

|       |       |        |        |        |        |      |       |        |        |    |                     |    |    |
|-------|-------|--------|--------|--------|--------|------|-------|--------|--------|----|---------------------|----|----|
| ۱۰۳/۲ |       |        |        |        |        |      |       |        |        |    |                     |    |    |
| **    | **    | **     | **     | **     | **     | **   | **    | **     | **     | ** | **                  | ** | ** |
| ۲۱۵/۸ | ۴۱۲/۶ | ۰/۰۲   | ۰/۰۰۳  | ۰/۰۰۲  | ۰/۰۰۲  | ۷/۴  | ۱۷۱/۶ | ۱۲۴۸/۶ | ۱۵۰۹/۳ | ۶  | پرایمینگ            |    |    |
| ۱۵/۴  | ۱۲۵/۶ | ۰/۰۰۱  | ۰/۰۰۴  | ۰/۰۱۲  | ۰/۰۰۲  | ۱۱/۵ | ۹۶/۸  | ۱۱۹/۴  | ۵۲۸/۵  | ۱۲ | خشکی × پرایمینگ     |    |    |
| ۱/۲   | ۵۵/۶۶ | ۰/۰۰۰۳ | ۰/۰۰۰۳ | ۰/۰۰۰۲ | ۰/۰۰۰۱ | ۰/۹  | ۵/۲   | ۳۱/۶   | ۳۹۵/۸  | ۴۰ | خطا                 |    |    |
| ۸/۵   | ۲۸/۹۴ | ۱۰/۸   | ۲۵/۶   | ۸/۶    | ۱۴/۷   | ۸/۴  | ۸/۷   | ۱۹/۹   | ۲۷/۹   | -  | ضریب تغییرات (درصد) |    |    |

ns و \*\*: بدون اختلاف معنی‌دار و اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

میانگین درصد جوانه‌زنی باغی نشان می‌دهد که با کاهش رطوبت از حد ظرفیت زراعی درصد جوانه‌زنی نیز به‌طور معنی‌داری کاهش می‌یابد، به‌طوری‌که بیش‌ترین میزان درصد جوانه‌زنی به مقدار ۸۶/۴۸ درصد در سطح رطوبت ظرفیت زراعی ۱۰۰ درصد محاسبه گردید و کم‌ترین مقدار آن در سطح ۳۵ درصد (تنش خشکی شدید) رطوبت ظرفیت زراعی به میزان ۵۱/۰۵ درصد مشاهده شد (شکل ۱).



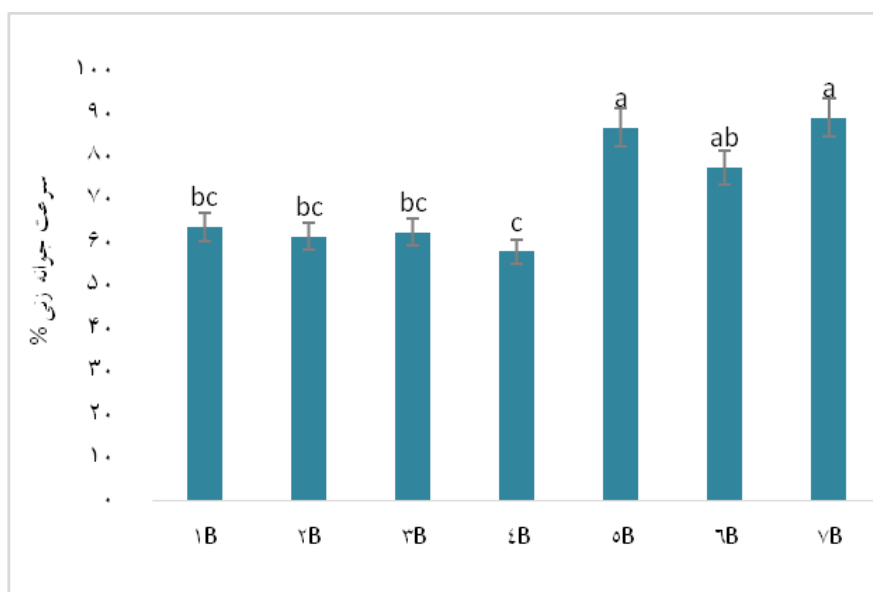
شکل ۱. اثر اصلی سطوح مختلف رطوبتی بر درصد جوانه‌زنی آویشن باغی

سطوح مختلف پرایمینگ بر درصد جوانه‌زنی بذر نشان‌دهنده آن بود که اعمال تیمارهای پرایمینگ باعث تحریک درصد جوانه‌زنی در مقایسه با تیمار شاهد شده است، به‌طوری‌که بیش‌ترین درصد جوانه‌زنی به مقادیر ۸۶/۶۷ و ۸۸/۸۹ درصد به‌ترتیب در تیمارهای ۳/۵ درصد حجمی جلبک و ۲ میلی‌مولار سالیسیلیک‌اسید مشاهده شد (شکل ۲).

بررسی مقایسه میانگین‌های سرعت جوانه‌زنی حاصل از اثرات متقابل سطوح خشکی و سطوح پرایمینگ آویشن باغی نشان داد در رطوبت ۵۰ درصد ظرفیت مزرعه (A2) بیش‌ترین سرعت جوانه‌زنی در تیمار سالیسیلیک‌اسید ۲ میلی‌مولار (B7) به‌دست آمد این در حالی است که در رطوبت ۳۵ درصد ظرفیت مزرعه (A3)، بیش‌ترین مقدار سرعت جوانه‌زنی در تیمارهای عصاره جلبک دریایی ۳/۵ درصد حجمی (B5) و سالیسیلیک‌اسید ۲ میلی‌مولار (B7) مشاهده شد (جدول ۲).

بررسی مقایسه میانگین‌های طول ریشه‌چه حاصل از اثرات متقابل سطوح خشکی و سطوح پرایمینگ آویشن باغی نشان داد در رطوبت ۵۰ درصد ظرفیت مزرعه (A2) بیش‌ترین طول ریشه‌چه با مقدار ۴۱/۷۱ در تیمار سالیسیلیک‌اسید ۲ میلی‌مولار (B7) به‌دست آمد. این در حالی است که در رطوبت ۳۵ درصد ظرفیت مزرعه (A3)، بیش‌ترین مقدار طول

ریشه‌چه در تیمار سالیسیلیک‌اسید ۲ میلی‌مولار (B7) مشاهده شد که این نشان از اثرات مثبت کاربرد سالیسیلیک‌اسید در پرایمینگ آویشن باغی دارد (جدول ۲). به‌نظر می‌رسد افزایش غلظت املاح و تحریک فعالیت آنزیم‌های درگیر در فرایند جوانه‌زنی با اعمال سطوح مختلف عصاره جلبک دریایی و سالیسیلیک‌اسید منجر به بهبود پتانسیل اسمزی شده که این امر در سطوح ۵۰ و ۳۵ درصد رطوبت مزرعه بیش‌تر نمایان است که این امر بهبود شرایط جوانه‌زنی و به‌دنبال آن بهبود رشد طولی ریشه‌چه را تحت تأثیر قرار داده است. به‌طور کلی نتایج نشان می‌دهد که حضور تیمارهای عصاره جلبک دریایی و سالیسیلیک‌اسید موجب بهبود طول ریشه‌چه می‌شوند.



شکل ۲. اثر اصلی سطوح مختلف پرایمینگ بر درصد جوانه‌زنی آویشن باغی. B1 (شاهد)، B2 (آب مقطر)، B3 (عصاره جلبک ۰/۳ درصد)، B4 (عصاره جلبک ۱ درصد)، B5 (عصاره جلبک ۳/۵ درصد)، B6 (سالیسیلیک‌اسید ۱ میلی‌مولار)، B6 (سالیسیلیک‌اسید ۲ میلی‌مولار)

جدول ۲. مقایسه میانگین اثرات سطوح تنش خشکی و انواع پرایمینگ بذر بر صفات مورفولوژیکی آویشن باغی

| A1      |         |          |          |          |           |          | صفات                               |
|---------|---------|----------|----------|----------|-----------|----------|------------------------------------|
| B7      | B6      | B5       | B4       | B3       | B2        | B1       |                                    |
| ۴۸/۸۸ab | ۴۸/۷۷ab | ۴۸/۳۱ab  | ۳۸/۲۷bc  | ۴۰/۴۶abc | ۱۸/۸۱efgh | ۱۱/۰۱gh  | سرعت جوانه‌زنی (n/d)               |
| ۳۹/۸۶a  | ۳۹/۳۶a  | ۲۶/۱۶de  | ۳۴/۸۱b   | ۲۶/۰۸d   | ۲۵/۷۱de   | ۲۲/۸۶ef  | طول ریشه (میلی‌متر)                |
| ۱۵/۲۷b  | ۱۴/۷۱bc | ۱۳/۱bcd  | ۱۳/۷۷bc  | ۱۰/۳۴ghi | ۱۱/۷۷efg  | ۱۱/۲۱fgh | طول اندام هوایی هر بوته (میلی‌متر) |
| ۰/۱۱a   | ۰/۰۵jk  | ۰/۰۶hijk | ۰/۰۸defg | ۰/۰۹bcd  | ۰/۰۶ijk   | ۰/۰۸cdef | وزن تر ریشه هر بوته (گرم)          |
| ۰/۲۲ab  | ۰/۱۱g   | ۰/۱۱g    | ۰/۱۸cd   | ۰/۱۹cd   | ۰/۱۲g     | ۰/۱۳g    | وزن تر اندام هوایی هر بوته (گرم)   |
| ۰/۰۵a   | ۰/۰۲gh  | ۰/۰۲gh   | ۰/۰۳cd   | ۰/۰۳cd   | ۰/۰۱jz    | ۰/۰۴bc   | وزن خشک ریشه هر بوته (گرم)         |
| ۰/۱a    | ۰/۰۴f   | ۰/۰۴f    | ۰/۰۷c    | ۰/۰۵e    | ۰/۰۲hi    | ۰/۰۸b    | وزن خشک اندام هوایی هر بوته (گرم)  |
| ۵۰/۲۷a  | ۴۹/۲۵a  | ۲۹/۲۷bcd | ۳۶/۹۶b   | ۲۸/۲۶bcd | ۲۹/۴bcd   | ۲۹/۳۹bcd | شاخص بنیه بذر                      |
| ۲۵/۳۳a  | ۱۵/۳۳d  | ۱۸/۳۳c   | ۱۳ef     | ۱۴de     | ۸/۶۷ijk   | ۹/۶۷ hij | تعداد برگ هر بوته                  |

حروف مشابه در هر سطر، نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار بین تیمارها می‌باشد. سطوح رطوبتی A1 شاهد (رطوبت ظرفیت مزرعه)، A2 (۵۰ درصد رطوبت ظرفیت مزرعه)، A3 (۳۵ درصد رطوبت ظرفیت مزرعه)، سطوح پرایمینگ (B1 شاهد (بدون پرایمینگ)، B2 آب مقطر، B3 ۰/۳ درصد حجمی عصاره جلبک دریایی، B4 ۱ درصد حجمی عصاره جلبک دریایی، B5 ۳/۵ درصد حجمی عصاره جلبک دریایی، B6 ۱ میلی‌مولار سالیسیلیک‌اسید، B7 ۲ میلی‌مولار سالیسیلیک‌اسید).

جدول ۲. مقایسه میانگین اثرات سطوح تنش خشکی و انواع پرایمینگ بذر بر صفات مورفولوژیکی آویشن باغی

A2

| صفات                               | B1        | B2         | B3       | B4        | B5       | B6        | B7       |
|------------------------------------|-----------|------------|----------|-----------|----------|-----------|----------|
| سرعت‌جوانه‌زنی (n/d)               | ۱۷/۲fgh   | ۱۴/۲۲eh    | ۲۷/۰۳ef  | ۲۱/۱۴efg  | ۴۲/۵۳abc | ۳۸/۹۱bc   | ۵۰/۵a    |
| طول ریشه (میلی‌متر)                | ۲۴/۳۵de   | ۲۲/۹۶ef    | ۳۷/۷۱bc  | ۳۰/۹۲c    | ۲۳/۰۸def | ۲۶/۱۴de   | ۴۱/۷۱a   |
| طول اندام هوایی هر بوته (میلی‌متر) | ۱۲/۱۹def  | ۱۹/۲۲fgh   | ۱۷/۰۷a   | ۱۴/۳۵bc   | ۱۳/۲۴cde | ۱۱/۶۳efgh | ۱۲/۲۱def |
| وزن تر ریشه هر بوته (گرم)          | ۰/۰۹ bc   | ۰/۰۹bcd    | ۰/۰۶ki   | ۰/۰۵ki    | ۰/۱ab    | ۰/۰۹bcde  | ۰/۰۷fghi |
| وزن تر اندام هوایی هر بوته (گرم)   | ۰/۲bc     | ۰/۱۴c      | ۰/۱۱g    | ۰/۲۳a     | ۰/۲۲ab   | ۰/۱۴ef    | ۰/۱۵e    |
| وزن خشک ریشه هر بوته (گرم)         | ۰/۰۳ cd   | ۰/۰۲cd     | ۰/۰۲gh   | ۰/۰۲gh    | ۰/۰۲cd   | ۰/۰۴bc    | ۰/۰۲cd   |
| وزن خشک اندام هوایی هر بوته (گرم)  | ۰/۰۶d     | ۰/۱a       | ۰/۰۵e    | ۰/۰۷c     | ۰/۰۵e    | ۰/۰۹a     | ۰/۰۷c    |
| شاخص بنیه بذر                      | ۲۵/۱۲bcde | ۱۹/۰۶cdefg | ۲۸/۵۹bcd | ۲۲/۱۸cdef | ۳۰/۸۴bcd | ۲۷/۲bcde  | ۳۹/۴۶c   |
| تعداد برگ هر بوته                  | ۸jk       | ۹/۳۳hij    | ۱۲fg     | ۱۰/۳۳gh   | ۱۵/۳۳d   | ۱۵/۳۳d    | ۲۰c      |

حروف مشابه در هر سطر، نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار بین تیمارها می‌باشد. سطوح رطوبتی A1 شاهد (رطوبت ظرفیت مزرعه)، A2 (۵۰ درصد رطوبت ظرفیت مزرعه)، A3 (۳۵ درصد رطوبت ظرفیت مزرعه)، سطوح پرایمینگ (B1 شاهد (بدون پرایمینگ)، B2 آب مقطر، B3 ۰/۳ درصد حجمی عصاره جلبک دریایی، B4 ۱ درصد حجمی عصاره جلبک دریایی، B5 ۲/۵ درصد حجمی عصاره جلبک دریایی، B6 ۱ میلی‌مولار سالیسیلیک‌اسید، B7 ۲ میلی‌مولار سالیسیلیک‌اسید).

## ادامه جدول ۲. مقایسه میانگین اثرات سطوح تنش خشکی و انواع پرایمینگ بذر بر صفات مورفولوژیکی آویشن باغی

| صفات                               | B1         | B2       | B3      | B4       | B5        | B6       | B7       |
|------------------------------------|------------|----------|---------|----------|-----------|----------|----------|
| سرعت‌جوانه‌زنی (n/d)               | ۱۳/۳gh     | ۸/۷۶h    | ۱۱/۴۵gh | ۱۳/۵۷gh  | ۲۸/۳۶de   | ۲۰/۸۴efg | ۲۸/۴۲de  |
| طول ریشه (میلی‌متر)                | ۲۴/۰۷de    | ۱۷/۸۱fg  | ۱۰/۰۹h  | ۲۲/۰۷ef  | ۱۶/۶۱g    | ۱۴/۳۷g   | ۲۰/۲۴fg  |
| طول اندام هوایی هر بوته (میلی‌متر) | ۱۰/۱ ghij  | ۸/۶۳j    | ۶/۷k    | ۱۱/۸efg  | ۹/۰۷ij    | ۱۰/۰۳hij | ۹/۱۱ij   |
| وزن تر ریشه هر بوته (گرم)          | ۰/۰۴ im    | ۰/۰۷efgh | ۰/۰۳m   | ۰/۰۱n    | ۰/۰۱n     | ۰/۱ab    | ۰/۰۶ghij |
| وزن تر اندام هوایی هر بوته (گرم)   | ۰/۰۶ h     | ۰/۱۴ef   | ۰/۰۶h   | ۰/۰۱i    | ۰/۰۵h     | ۰/۲۲ab   | ۰/۱۳fg   |
| وزن خشک ریشه هر بوته (گرم)         | ۰/۰۱ij     | ۰/۰۱ij   | ۰/۰۱ij  | ۰/۰۰۱j   | ۰/۰۰۱j    | ۰/۰۱ij   | ۰/۰۲gh   |
| وزن خشک اندام هوایی هر بوته (گرم)  | ۰/۰۱ i     | ۰/۰۲hi   | ۰/۰۲hi  | ۰/۰۰۱j   | ۰/۰۱i     | ۰/۰۳g    | ۰/۰۴f    |
| شاخص بنیه بذر                      | ۱۵/۳۵ fghi | ۷/۷۴hi   | ۴/۴۹hi  | ۱۱/۷۱ghi | ۱۹/۱۷cdef | ۱۰/۱۳fgh | ۱۷/۴۳efg |
| تعداد برگ هر بوته                  | ۵i         | ۱۰hi     | ۱۰/۶۷gh | ۸ij      | ۷/۳۳hij   | ۹/۶۷hij  | ۲۲/۶۷b   |

حروف مشابه در هر سطر، نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار بین تیمارها می‌باشد. سطوح رطوبتی A1 شاهد (رطوبت ظرفیت مزرعه)، A2 (۵۰ درصد رطوبت ظرفیت مزرعه)، A3 (۳۵ درصد رطوبت ظرفیت مزرعه)، سطوح پرایمینگ (B1 شاهد (بدون پرایمینگ)، B2 آب مقطر، B3 ۰/۳ درصد حجمی عصاره جلبک دریایی، B4 ۱ درصد حجمی عصاره جلبک دریایی، B5 ۲/۵ درصد حجمی عصاره جلبک دریایی، B6 ۱ میلی‌مولار سالیسیلیک‌اسید، B7 ۲ میلی‌مولار سالیسیلیک‌اسید).

بررسی مقایسه میانگین‌های وزن تر ریشه‌چه حاصل از اثرات متقابل سطوح خشکی و سطوح پرایمینگ آویشن باغی نشان داد در رطوبت ۵۰ درصد ظرفیت مزرعه بیش‌ترین مقدار وزن تر ریشه‌چه در تیمار ۳/۵ درصد حجمی عصاره جلبک دریایی (B5)، مشاهده شد. هم‌چنین در رطوبت ۳۵ درصد ظرفیت مزرعه (A3)، بیش‌ترین مقدار وزن تر ریشه‌چه در تیمار سالیسیلیک‌اسید ۱ میلی‌مولار (B6) به‌دست آمد (جدول ۲). بررسی مقایسه میانگین‌های وزن تر اندام هوایی حاصل از اثرات متقابل سطوح خشکی و سطوح پرایمینگ آویشن باغی نشان داد که در رطوبت ۵۰ درصد ظرفیت مزرعه بیش‌ترین مقدار وزن تر اندام هوایی به میزان ۰/۲۳ گرم در تیمار ۱ درصد حجمی عصاره جلبک دریایی (B4) مشاهده گردید. هم‌چنین در رطوبت ۳۵ درصد ظرفیت مزرعه (A3)، تیمارهای پرایمینگ با آب مقطر و سالیسیلیک‌اسید ۲ میلی‌مولار توانسته است باعث افزایش معنی‌دار وزن تر اندام هوایی گردد (شکل ۲).

مقایسه میانگین‌های وزن خشک ریشه‌چه حاصل از اثرات متقابل سطوح خشکی و سطوح پرایمینگ آویشن باغی نشان داد در رطوبت ۵۰ درصد ظرفیت مزرعه بیش‌ترین مقدار وزن خشک ریشه‌چه در تیمار سالیسیلیک‌اسید ۱ میلی‌مولار (B6) مشاهده گردید، هم‌چنین در رطوبت ۳۵ درصد ظرفیت مزرعه (A3)، بیش‌ترین مقدار وزن خشک ریشه‌چه در تیمار سالیسیلیک‌اسید ۲ میلی‌مولار (B7) به‌دست آمد (جدول ۲).

بررسی مقایسه میانگین‌های وزن خشک اندام هوایی حاصل از اثرات متقابل سطوح خشکی و سطوح پرایمینگ آویشن



باغی نشان داد در رطوبت ۵۰ درصد ظرفیت مزرعه بیشترین مقدار وزن خشک اندام هوایی در تیمارهای آب مقطر و سالیسیلیک اسید ۱ میلی مولار (B6) مشاهده گردید، هم‌چنین در رطوبت ۳۵ درصد ظرفیت مزرعه (A3)، بیشترین مقدار وزن خشک اندام هوایی در تیمار سالیسیلیک اسید ۱ میلی مولار (B7) به دست آمد (جدول ۲).

مقایسه میانگین‌های شاخص بنیه بذر حاصل از اثرات متقابل سطوح خشکی و سطوح پرایمینگ آویشن باغی نشان داد که در رطوبت ۵۰ درصد ظرفیت مزرعه بیشترین شاخص بنیه بذر با مقدار ۵۰/۲۷ در تیمارهای سالیسیلیک اسید ۲ میلی مولار (B7) مشاهده گردید، هم‌چنین در رطوبت ۳۵ درصد ظرفیت مزرعه (A3)، بیشترین شاخص بنیه بذر در تیمار سالیسیلیک اسید ۲ میلی مولار (B7) به دست آمد (جدول ۲). نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد سالیسیلیک اسید نقشی کلیدی در کاهش تنش خشکی بر شاخص‌های جوانه‌زنی به‌ویژه شاخص بنیه بذر ایفا می‌کند. هم‌چنین مقایسه میانگین‌های تعداد برگ در آویشن باغی نشان داد که در رطوبت ۱۰۰ درصد ظرفیت مزرعه (A1) بیشترین تعداد برگ در تیمار سالیسیلیک اسید ۲ میلی مولار (B7) با مقدار ۲۵/۳۳ به دست آمد و در رطوبت ۵۰ درصد ظرفیت مزرعه بیشترین تعداد برگ با تعداد ۲۰ عدد در تیمار سالیسیلیک اسید ۲ میلی مولار (B7)، مشاهده شد، هم‌چنین در رطوبت ۳۵ درصد ظرفیت مزرعه (A3)، بیشترین تعداد برگ در تیمار سالیسیلیک اسید ۲ میلی مولار (B7) با مقدار ۲۲/۶۷ عدد گزارش شد (جدول ۲).

در جدول (۳)، تجزیه واریانس اثرات تنش خشکی و انواع محلول پاشی گیاه بر برخی صفات مورفولوژیکی آویشن باغی ارائه شده است. نتایج نشان داد که صفات ارتفاع گیاه، طول ریشه، تعداد برگ، وزن تر بخش‌های هوایی و وزن تر ریشه در سطح احتمال ۱ درصد تحت تأثیر تیمارهای تنش خشکی و پرایمینگ قرار گرفتند، درحالی‌که برهم‌کنش تنش خشکی × پرایمینگ عصاره جلبک و سالیسیلیک اسید تغییرات معنی‌داری بر صفات فوق ایجاد نکرد.

جدول ۳. تجزیه واریانس اثرات تنش خشکی و انواع محلول پاشی گیاه بر برخی صفات مورفولوژیکی آویشن باغی

| منابع تغییرات       | درجه آزادی | ارتفاع گیاه | طول ریشه  | تعداد برگ  | وزن اندام هوایی | وزن خشک اندام هوایی | وزن تر ریشه‌چه | وزن خشک ریشه |
|---------------------|------------|-------------|-----------|------------|-----------------|---------------------|----------------|--------------|
| تنش خشکی            | ۲          | ۹۶۸/۸۹**    | ۶۷۹۷/۱**  | ۱۵۵۳۲/۴**  | ۱۰/۴**          | ۱/۰۱*               | ۱۲/۱۶**        | ۲/۹۳**       |
| پرایمینگ            | ۵          | ۳۵۹۰/۸**    | ۳۰۲۹/۹**  | ۴۸۳۸۹/۴۱** | ۲۰/۶**          | ۶/۲۸**              | ۴/۱۸**         | ۳**          |
| خشکی × پرایمینگ     | ۱۰         | ۵۵/۴۹ns     | ۱۴۷/۰۳ ns | ۱۲۹۶/۳۷ns  | ۱/۱۶ns          | -/۰۵ ns             | -/۳۷ ns        | -/۱۱*        |
| خطا                 | ۳۶         | ۹۰/۳۱       | ۴۲۷/۰۱    | ۱۰۸۰/۸۸    | ۱/۳۹            | -/۲۳                | -/۵۹           | -/۰۵         |
| ضریب تغییرات (درصد) | -          | ۱۷/۷۱       | ۲۱/۲۳     | ۱۶/۴۲      | ۱۵/۷۱           | ۱۴/۶۵               | ۱۶/۲           | ۹/۹۳         |

ns، \* و \*\*: بدون اختلاف معنی‌دار و اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

مقایسه میانگین داده‌های مرتبط با تنش خشکی بر صفات مورفولوژیکی گیاه آویشن باغی (جدول ۴) نشان می‌دهد که بیشترین ارتفاع بوته (۶۰/۰۵ میلی‌متر) تحت تیمار آبیاری در ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی (بدون تنش رطوبتی) حاصل شد، اما با ارتفاع بوته در گیاهان تحت تیمار ۵۰ درصد ظرفیت زراعی (۵۵/۳۳ میلی‌متر) اختلاف معنی‌داری نداشت. علاوه بر این، نتایج جدول (۴) نشان دادند که گیاهان تحت تیمار ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی دارای حداکثر مقادیر در سایر صفات مورفولوژیک نسبت به تیمارهای تنش خشکی بودند. به‌طوری‌که تیمار ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی نسبت به تیمارهای ۵۰ و ۳۵ درصد ظرفیت زراعی به‌ترتیب سبب افزایش معنی‌دار ۱۲ و ۲۵ درصدی طول ریشه و افزایش ۱۱ و ۳۵ درصدی تعداد برگ در بوته شد (جدول ۴). نتایج صفات وزن تر و خشک بخش‌های هوایی و وزن تر ریشه نشان داد که گیاهان تحت تیمار ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی نسبت به گیاهان تحت تنش خشکی دارای حداکثر مقادیر بودند.

جدول ۴. مقایسه میانگین اثرات سطوح مختلف تنش خشکی و انواع محلول پاشی بر گیاهچه بر صفات مورفولوژیکی آویشن باغی

| منابع تغییرات | ارتفاع گیاه | طول ریشه | تعداد | وزن تر بخش | وزن خشک بخش | وزن تر ریشه |
|---------------|-------------|----------|-------|------------|-------------|-------------|
|---------------|-------------|----------|-------|------------|-------------|-------------|

| (میلی متر)                        | (میلی متر) | برگ      | هوایی هر بوته (گرم) | هوایی هر بوته (گرم) | هر بوته (گرم) |        |
|-----------------------------------|------------|----------|---------------------|---------------------|---------------|--------|
| تنش خشکی                          |            |          |                     |                     |               |        |
| ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی              | ۶۰/۰۵ a    | ۱۱۸/۲۹ a | ۲۳۰/۰۶a             | ۸/۲۴ a              | ۳/۵۳a         | ۵/۵۳ a |
| ۵۰ درصد ظرفیت زراعی               | ۵۵/۳۳ a    | ۹۳/۷۷ b  | ۱۹۹/۱۱ b            | ۷/۵۴ a              | ۳/۲۵ ab       | ۴/۷۹ b |
| ۳۵ درصد ظرفیت زراعی               | ۴۵/۶۵ b    | ۷۹/۹۱ b  | ۱۷۱/۳۳ c            | ۶/۷۲ b              | ۲/۰۶ b        | ۳/۸۹ c |
| LSD (در سطح ۵ درصد)               | ۶/۴۲       | ۱۳/۹۷    | ۲۲/۲۳               | ۰/۸                 | ۰/۳۲          | ۰/۵۲   |
| پرایمینگ بذری                     |            |          |                     |                     |               |        |
| شاهد                              | ۲۵/۵۶d     | ۶۴/۷c    | ۹۴/۳۳d              | ۴/۶۳c               | ۱/۶۷d         | ۳/۶۶c  |
| عصاره جلبک (۱ درصد حجمی)          | ۳۵/۹۸c     | ۹۸/۷۱b   | ۱۵۷/۸۹c             | ۸/۰۲ab              | ۴/۰۵a         | ۵/۱۲a  |
| عصاره جلبک (۳/۵ درصد حجمی)        | ۵۷/۸۱b     | ۱۱۸/۶۷a  | ۲۲۱/۵۶b             | ۸ab                 | ۳/۲۶c         | ۴/۷۹ab |
| سالیسیلیک اسید (۱ میلی مولار)     | ۵۴/۳۷b     | ۹۱/۴۶b   | ۲۱۴/۱۱b             | ۷/۲۸b               | ۳/۴۷bc        | ۴/۱۹bc |
| سالیسیلیک اسید (۲ میلی مولار)     | ۷۰/۰۹a     | ۱۰۶/۳۳ab | ۳۱۵/۲۲a             | ۸ab                 | ۳/۴۳bc        | ۵/۳۸a  |
| ترکیب عصاره جلبک و سالیسیلیک اسید | ۷۸/۲۵a     | ۱۰۴/۰۸ab | ۱۹۷/۸۹b             | ۹/۰۴a               | ۳/۷۸ab        | ۵/۲۹a  |
| LSD (در سطح ۵ درصد)               | ۹/۰۹       | ۱۹/۷۶    | ۳۱/۴۳               | ۱/۱۳                | ۰/۴۶          | ۰/۷۳   |

حروف مشابه در هر ستون و هر تیمار، نشان دهنده عدم اختلاف معنی دار بین تیمارها می باشد.

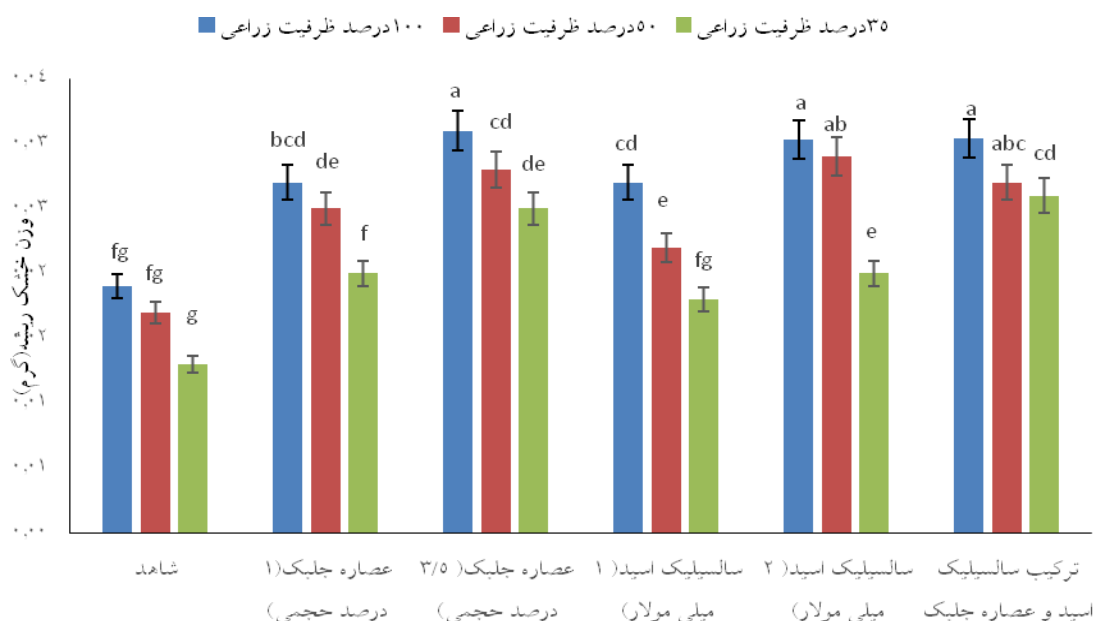
بررسی اثرات انواع پرایمینگ عصاره جلبک و سالیسیلیک اسید بر صفات مورفولوژیکی گیاهچه‌ها نشان داد که بیشترین ارتفاع بوته (۷۸/۲۵ میلی متر) تحت کاربرد تیمار ترکیبی عصاره جلبک و سالیسیلیک اسید حاصل شد، اما با ارتفاع بوته در گیاهان تحت تیمار با ۲ میلی مولار سالیسیلیک اسید (با متوسط ارتفاع ۷۰/۰۹ میلی متر) اختلاف معنی داری نداشت. محلول پاشی - سالیسیلیک اسید اثر منفی کمبود آب بر *T. vulgaris* را کاهش داده و عملکرد را افزایش می دهد. بیشترین طول ریشه گیاهچه‌ها (برابر با ۱۱۸/۶۷ میلی متر) تحت تیمار ۳/۵ درصد حجمی عصاره جلبک حاصل شد، اما اختلاف معنی داری با طول ریشه حاصل از کاربرد سالیسیلیک اسید ۲ میلی مولار و تیمار ترکیبی عصاره جلبک و سالیسیلیک اسید (با مقادیر ۱۰۶/۳۳ و ۱۰۴/۰۸ میلی متر) نداشت. بیشترین تعداد برگ (۳۱۵/۲۲ برگ) تحت کاربرد محلول پاشی غلظت ۲ میلی مولار سالیسیلیک اسید بود و در مقایسه با سایر محلول پاشی‌ها اختلاف معنی داری داشت (جدول ۴).

آنالیز آماری نتایج حاصل از کاربرد محلول پاشی‌های مختلف بر تعداد برگ به ترتیب نشان از افزایش معنی دار ۲۳۴/۱۷، ۹۹/۶۵، ۴۲/۲۷، ۴۷/۲۲ و ۵۹/۲۹ درصدی تعداد برگ تحت غلظت ۲ میلی مولار سالیسیلیک اسید نسبت به تیمارهای شاهد، عصاره جلبک (۱ درصد حجمی)، عصاره جلبک (۳ درصد حجمی)، غلظت ۱ میلی مولار سالیسیلیک اسید و ترکیب عصاره جلبک و سالیسیلیک اسید داشت (جدول ۴).

بیشترین و کمترین وزن تر اندام‌های هوایی (۹/۰۴ و ۴/۶۳ گرم) در گیاه‌ها به ترتیب تحت کاربرد محلول پاشی ترکیبی عصاره جلبک + سالیسیلیک اسید و تیمار شاهد حاصل شدند. براساس نتایج، استنتاج می شود که محلول پاشی ترکیبی عصاره جلبک و سالیسیلیک اسید در مقایسه با تیمار شاهد و پرایمینگ‌های عصاره ۱ درصد جلبک، عصاره ۳/۵ درصد جلبک، غلظت ۱ میلی مولار سالیسیلیک اسید و غلظت ۲ میلی مولار سالیسیلیک اسید به ترتیب منجر به افزایش ۹۵/۲۵، ۱۲/۷۲، ۱۳، ۲۴/۱۸ و ۱۳ درصدی وزن تر اندام‌های هوایی شد. از طرفی، بیشترین وزن خشک اندام‌های هوایی (۴/۰۵ گرم) تحت کاربرد تیمار عصاره جلبک (۱ درصد حجمی) ارزیابی شد و در مقایسه با تیمارهای شاهد، عصاره جلبک (۳/۵ درصد حجمی)، غلظت ۱ میلی مولار سالیسیلیک اسید، غلظت ۲ میلی مولار سالیسیلیک اسید و ترکیب عصاره جلبک و سالیسیلیک اسید به ترتیب افزایش معنی داری معادل ۱۴۲/۵۲، ۲۴/۲۳، ۱۶/۷۲، ۱۷/۰۸ و ۷/۱۴ درصد داشت (جدول ۴).

بررسی پرایمینگ‌ها بر صفات مورفولوژیکی، بیشترین وزن تر ریشه (برابر با ۵/۳۸ گرم) تحت کاربرد غلظت ۲ میلی مولار سالیسیلیک اسید حاصل شد و کمترین وزن تر ریشه (برابر با ۳/۶۶ گرم) نیز تحت کاربرد تیمار شاهد به دست آمد (جدول ۴). علاوه بر موارد فوق، از آنجاکه صفت وزن خشک ریشه به طور معنی دار تحت تأثیر برهمکنش تنش خشکی × انواع

پرایمینگ قرار گرفت (جدول ۳)، اطلاعات شکل (۳) حاکی از این است که بیشترین وزن تر ریشه (۳/۱ گرم) تحت برهمکنش رژیم آبیاری ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی × غلظت ۳/۵ درصد عصاره جلبک به دست آمد، در حالی که اختلاف معنی داری با میزان تغییرات وزن تر ریشه متأثر از برهمکنش‌های ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی × غلظت ۲ میلی مولار سالیسیلیک اسید (با میانگین عددی ۳/۰۳ گرم) و ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی × ترکیب عصاره جلبک + سالیسیلیک اسید (با میانگین ۳/۰۴) نداشت. در طرف مقابل، کمترین وزن خشک ریشه (۱/۱ گرم) تحت برهمکنش رژیم آبیاری ۳۵ درصد ظرفیت زراعی × تیمار شاهد حاصل شد (شکل ۳).



شکل ۳. اثرات تنش خشکی × محلول پاشی بر میزان تغییرات وزن خشک ریشه

حروف مشابه در هر ستون و هر تیمار، نشان دهنده عدم اختلاف معنی دار بین تیمارها می باشند. B1 (شاهد)، B2 (آب مقطر)، B3 (عصاره جلبک ۳/۵ درصد)، B4 (عصاره جلبک ۱ درصد)، B5 (عصاره جلبک ۳/۵ درصد)، B6 (سالیسیلیک اسید ۱ میلی مولار)، B6 (سالیسیلیک اسید ۲ میلی مولار)

## ۵. بحث

تنش خشکی سبب کاهش طول ساقه، وزن خشک ریشه، وزن خشک هوایی و محتوی نسبی آب برگ در گیاه آویشن شد (پازکی و همکاران، ۱۳۹۱). تنش خشکی در آویشن اثر معنی داری بر پارامترهای رشدی و عملکرد اندام رویشی دارد و با افزایش تنش خشکی ارتفاع بوته، تعداد ساقه جانبی، وزن تر و خشک اندام هوایی، حجم ریشه، وزن تر و خشک ریشه و طول ریشه کاهش می یابد (بابایی و همکاران، ۱۳۸۹) که با نتایج پژوهش حاضر مطابقت داشت. هم چنین قادری و همکاران (۱۳۹۶) گزارش کردند که با اعمال تنش کم آبی، وزن خشک ریشه و اندام هوایی آویشن باغی نسبت به شاهد کاهش یافتند، در حالی که طول ریشه افزایش نشان داد.

بررسی اثرات انواع پرایمینگ عصاره جلبک و سالیسیلیک اسید بر صفات مورفولوژیکی گیاهچه‌ها نشان داد که بیشترین ارتفاع بوته تحت کاربرد تیمار ترکیبی عصاره جلبک و سالیسیلیک اسید، ۲ میلی مولار سالیسیلیک اسید بود. محلول پاشی سالیسیلیک اسید اثر منفی کمبود آب بر *T. vulgaris* را کاهش داده و عملکرد را افزایش می دهد. شاید بتوان گفت که

افزایش ماده خشک احتمالاً به دلیل افزایش تثبیت CO<sub>2</sub> با کاربرد سالیسیلیک‌اسید است، که در فرایندهای مختلف فیزیولوژیکی مانند افزایش کارایی رنگدانه‌های فتوسنتزی، بهبود فعالیت آنزیم روبیسکو و بهبود فرایند تنفس نقش مهمی ایفا می‌کند (Mohammadi *et al.*, 2020). بیش‌ترین طول ریشه گیاهچه‌ها در تیمار ۳/۵ درصد حجمی عصاره جلبک سالیسیلیک‌اسید ۲ میلی‌مولار و تیمار ترکیبی عصاره جلبک و سالیسیلیک‌اسید بود و آنالیز آماری نتایج حاصل از کاربرد محلول‌پاشی‌های مختلف بر تعداد برگ به‌ترتیب نشان از افزایش معنی‌دار تعداد برگ تحت غلظت ۲ میلی‌مولار سالیسیلیک‌اسید نسبت به تیمارهای شاهد داشت (جدول ۴). پژوهش‌ها نشان داده است که استفاده از عصاره جلبک، باعث افزایش غلظت کلروفیل در برگ‌های گیاه شده و سطح آنزیم آمیلاز را در اندام‌های گیاهی بالا می‌برد و از این طریق، باعث شکسته‌شدن قندهای غیرقابل‌استفاده در گیاه می‌گردد که این امر موجب بهبود رشد گیاه می‌گردد (Elboukhari *et al.*, 2020). استفاده از عصاره مایع جلبک دریایی (۲۰ درصد) روی گندم منجر به افزایش درصد جوانه‌زنی، رشد و عملکرد (تعداد دانه و وزن خشک بذر) در گندم گردید (Kumar & Sahoo, 2011).

در مطالعه‌ای روی خیار<sup>۱</sup> اثر چند عصاره جلبک دریایی (دو نوع جلبک قرمز و یک جلبک سبز) بررسی شد، نتایج نشان داد که استفاده از عصاره جلبک دریایی سبز و قرمز و عصاره‌های تجاری جلبک دریایی با کمپوست، رشد رویشی و عملکرد خیار را بهبود بخشید (Sharma *et al.*, 2019). (Ahmed & Shalaby, 2012)، گزارش کردند استفاده از عصاره جلبک در گیاه گندم<sup>۲</sup> تحت تنش خشکی موجب شد تا زیست‌توده و عملکرد گندم به‌ترتیب ۵۷ و ۷۰ درصد افزایش یابد. استفاده از عصاره جلبک دریایی باعث افزایش جوانه‌زنی بذرها و افزایش عملکرد برنج<sup>۳</sup> گردید، همچنین باعث افزایش مقاومت به سرما، بیماری و آفات در برنج نیز شد (Sheela *et al.*, 2017). طی آزمایشی کاربرد عصاره جلبک دریایی، باعث افزایش ۱۳ درصدی در عملکرد گوجه‌فرنگی<sup>۴</sup> شد. همچنین در شرایط تنش شوری کاربرد جلبک دریایی، هر چند در عملکرد گوجه‌فرنگی، تغییر معنی‌داری ایجاد نکرد اما باعث تجمع عناصر معدنی، آنتی‌اکسیدانت‌ها و اسیدهای آمینه ضروری در میوه گوجه‌فرنگی گردید (Di Stasio *et al.*, 2018). نتایج یک پژوهش در مورد کاهش تأثیر تنش کم‌آبی در گیاه مریچ‌گلی<sup>۵</sup> توسط عصاره جلبک دریایی نشان داد که 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 (Mansori *et al.*, 2016).

بیش‌ترین وزن تر اندام‌های هوایی در گیاه‌ها به‌ترتیب تحت کاربرد محلول‌پاشی ترکیبی عصاره جلبک + سالیسیلیک‌اسید حاصل شدند. از طرفی، بیش‌ترین وزن خشک اندام‌های هوایی تحت کاربرد تیمار عصاره جلبک (۱ درصد حجمی) ارزیابی شد (جدول ۴). طی آزمایشی تأثیر عصاره جلبک دریایی بر شاخص‌های فیزیولوژیک و بیوشیمیایی ریحان<sup>۶</sup> در شرایط تنش کم‌آبی مورد بررسی قرار گرفت، نتایج نشان داد که با افزایش شدت تنش خشکی، صفات مورفولوژیک شامل تعداد انشعابات جانبی، وزن تازه و خشک تک‌بوته، تعداد برگ، سطح برگ، وزن خشک ریشه شد. محلول‌پاشی با غلظت ۲ گرم در لیتر عصاره جلبک دریایی به‌طور معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد باعث کاهش آثار تنش خشکی بر ریحان شد. به‌طور کلی، نتایج این پژوهش نشان داد که کاربرد عصاره جلبک دریایی، با افزایش میزان پرولین، ایجاد تنظیم اسمزی، کاهش تجزیه کلروفیل و کاهش نشت غشا سبب بهبود رشد ریحان در شرایط تنش خشکی شد (اسماعیلی‌پور و همکاران، ۱۳۹۹).

بررسی پرایمینگ‌ها بر صفات مورفولوژیک، بیش‌ترین وزن تر ریشه تحت کاربرد غلظت ۲ میلی‌مولار سالیسیلیک‌اسید

1. *Cucumis sativus*
2. *Triticum aestivum*
3. *Oryza sativa*
4. *Solanum lycopersicum*
5. *Salvia officinalis*
6. *Ocimum basilicum*

حاصل شد (جدول ۴). علاوه بر موارد فوق، از آنجا که صفت وزن خشک ریشه به طور معنی دار تحت تأثیر برهمکنش تنش خشکی × انواع پرایمینگ قرار گرفت (جدول ۳)، اطلاعات شکل (۳) حاکی از این است که بیشترین وزن تر ریشه (۳/۱ گرم) تحت برهمکنش رژیم آبیاری ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی × غلظت ۳/۵ درصد عصاره جلبک وزن تر و بر همکنش های ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی × غلظت ۲ میلی مولار سالیسیلیک اسید و ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی × ترکیب عصاره جلبک + سالیسیلیک اسید وجود داشت (شکل ۳).

طی پژوهشی نتایج نشان داد که محلول پاشی سالیسیلیک اسید منجر به کاهش محتوای شاخص های آسیب سلولی مانند پراکسید هیدروژن ( $H_2O_2$ )، مالون دی آلدئید (MDA) و بهبود ویژگی های رشد به ویژه جوانه زنی، تولید متابولیت ها و افزایش عملکرد آویشن باغی در شرایط تنش آبی می شود (Mohammadi et al., 2019). نتایج بررسی روش های مختلف کاربرد عصاره جلبک دریایی بر فیزیولوژی و کیفیت غذایی اسفناج<sup>۱</sup> در شرایط تنش خشکی نشان داد که کاربرد عصاره جلبک دریایی در تیمار آبیاری کامل تأثیری بر رشد اسفناج نداشت، اما این ماده با بهبود روابط آبی و کاهش محدودیت بازشدن روزنه ای گیاه سبب بهبود رشد اسفناج در شرایط تنش خشکی ملایم شد (Zhou et al., 2007). بررسی تأثیر عصاره جلبک سبزی روی شاخص های رشد گیاه کنجد<sup>۲</sup> نشان داد که صفات مورفولوژیکی از قبیل طول ساقه چه، طول ریشه چه، طول ساقه، قطر ساقه و سطح برگ تحت تأثیر غلظت های مختلف عصاره جلبکی به طور قابل توجهی نسبت به شاهد افزایش یافت (Moradi et al., 2019).

## ۶. نتیجه گیری و پیشنهادها

به طور کلی، با توجه با نتایج به دست آمده به نظر می رسد استفاده از پرایمینگ سالیسیلیک اسید و عصاره جلبک می تواند با بهبود جوانه زنی و افزایش و حفظ شاخص های رشدی و مورفوفیزیولوژیکی گیاهچه های آویشن باغی سبب بهبود مقاومت این گیاه در برابر تنش خشکی شود. به نظر می رسد عملکرد و واکنش مثبت و مطلوب سطوح مختلف سالیسیلیک اسید نسبت به سطوح کاربردی عصاره جلبک دریایی در تغییرات صفات مورد بررسی از عملکرد مناسب تر و مطلوب تری برخوردار بود البته تیمار هم زمان سالیسیلیک اسید و عصاره جلبک و عصاره جلبک با غلظت بالاتر توانسته اند مقاومت گیاه به خشکی را تا حدودی به ویژه در مرحله رشد رویشی افزایش دهند.

## ۷. تشکر و قدردانی

از دانشگاه یزد و دانشگاه جیرفت جهت همکاری در اجرای این پژوهش، تشکر و قدردانی می گردد.

## ۸. تعارض منافع

هیچ گونه تعارض منافع میان نویسندگان وجود ندارد.

## ۹. منابع

اسماعیلی پور، بهروز؛ فاطمی، حمیده و مرادی، معصومه (۱۳۹۹). تأثیر عصاره جلبک دریایی بر شاخص های فیزیولوژیک و بیوشیمیایی ریحان (*Ocimum basilicum* L.) در شرایط تنش کم آبی، مجله روابط آب و گیاه، ۱۱ (۱)، ۵۹-۶۹.

1. *Spinaciaoleracea*
2. *Sesamum indicum*

بابایی، کیوان؛ امینی، مجید؛ مدرس‌ثانوی، سید علی‌محمد و جباری، رضا (۱۳۸۹). اثر تنش خشکی بر صفات مورفولوژیک، میزان پرولین و درصد تیمول در (*Thymus vulgaris*) آویشن، فصلنامه علمی-پژوهشی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران، ۲۶ (۲)، ۲۳۹-۲۵۱.

پازکی، علیرضا؛ رضایی، حلیمه؛ حبیبی، داوود و پاک‌نژاد، فرزاد (۱۳۹۱). اثر تنش خشکی محلول‌پاشی آسکوربات و جیبرلین بر روی برخی صفات مورفولوژیک متحوی نسبی آب برگ و پایداری غشای سیتوپلاسمی گیاه آویشن (*Thymus vulgaris* L.)، فصلنامه زراعت و اصلاح نباتات، ۸ (۱)، ۱.

قادری، علی‌اصغر؛ فاخری، براتعلی و مهدی‌نژاد، نفیسه (۱۳۹۶). ارزیابی صفات مورفولوژیک و فیزیولوژیک آویشن باغی (*Thymus vulgaris*) تحت تنش کم آبی و محلول‌پاشی اسیدآسکوربیک، مجله به‌زراعی کشاورزی، ۱۹ (۴)، ۸۱۷-۸۳۵.

## References

- Abd Elbar, O. H., Farag, R. E., & Shehata, S. A. (2019). Effect of putrescine application on some growth, biochemical and anatomical characteristics of *Thymus vulgaris* L. under drought stress. *Annals of Agricultural Sciences*, 64(2), 129-137.
- Abdul-Baki, A. A., & Anderson, J. D. (1973). Vigor Determination in Soybean Seed by Multiple Criteria. *Crop Science*, 13, 630-633.
- Ahmed, Y. M., & Shalaby, E. A. (2012). Effect of different seaweed extracts and compost on vegetative growth, yield and fruit quality of cucumber. *Journal of Horticultural Science and Ornamental Plants*, 4(3), 235-240.
- Alavi-Samani, S. M., Kachouei, M. A., & Pirbalouti, A. G. (2015). Growth, yield, chemical composition, and antioxidant activity of essential oils from two thyme species under foliar application of jasmonic acid and water deficit conditions. *Horticulture, Environment, and Biotechnology*, 56(4), 411-420.
- Arpanahi Abdollahi, A., & Feizian, M. (2019). Arbuscular Mycorrhizae Alleviate Mild to Moderate Water Stress and Improve Essential Oil yield in Thyme. *Rhizosphere*, 10(3), 160-162.
- Babaei, K., Amini Dehaghi, M., Modares Sanavi, S. A. M., & Jabbari, R. (2010). Water deficit effect on morphology, prolin content and thymol percentage of Thyme (*Thymus vulgaris* L.). *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 26(2), 239-251. (In Persian).
- Benameur, Q., Gervasi, T., Pellizzeri, V., Pfluchtová, M., Tali-Maama, H., Assaous, F., Guettou, B., Rahal, K., Gruľová, D., Dugo, G., Marino, A., & Ben-Mahdi, M. H. (2019). Antibacterial activity of *Thymus vulgaris* essential oil alone and in combination with cefotaxime against blaESBL producing multidrug resistant Enterobacteriaceae isolates. *Natural product research*, 33(18), 2647-2654. <https://doi.org/10.1080/14786419.2018.1466124>.
- Brown, R. F., & Mayer, D. G. (1988). Representing cumulative germination.1.A critical analysis of single-value germination indices. *Annals of Botany*, 61, 117-125.
- Di Stasio, E., Van Oosten, M. J., Silletti, S., Raimondi, G., Dell'aversana, E., Carrillo, P., & Maggio, A. (2018). Ascophyllum nodosum-based algal extracts act as enhancers of growth, fruit quality, and adaptation to stress in salinized tomato plants. *Journal of Applied physiology*, 30(4), 2675- 2686.
- Du Jardin, P. (2015). Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and regulation. *Scientia Horticulturae*, 196, 3-14.
- El Boukhari, M. E. M., Barakate, M., Bouhia, Y., & Lyamlouli, K. (2020). Trends in seaweed extract based biostimulants: Manufacturing process and beneficial effect on soil-plant systems. *Plants*, 9(3), 359.
- Esmailpour, 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. (In Persian).

- Fardus, J., Matin, M. A., Hasanuzzaman, M., Hossain, M. A., & Hasanuzzaman, M. (2018). Salicylic acid-induced improvement in germination and growth parameters of wheat under salinity stress. *Jouranl Animal Plant Science*, 28, 197-207.
- Fathi, A., & Tari, D. B. (2016). Effect of Drought Stress and its Mechanism in Plants. *International Journal of Life Sciences*, 10, 1-6.
- Ghaderi, A. A., Fakheri, B. A., & Mahdi Nezhad, N. (2018). Evaluation of the morphological and physiological traits of thyme under water deficit stress and foliar application of ascorbic acid. *Journal of Crops Improvement*, 19(4), 817-835. <https://doi.org/10.22059/jci.2017.60460>. (In Persian).
- Hayat, Q., Hayat, S., Irfan, M., & Ahmad, A. (2010). Effect of exogenous salicylic acid under changing environment: a review. *Environmenta and. Exprimental Botany* 68, 14-25.
- Kaya, C., Ashraf, M., Alyemeni, M. N., Corpas, F. J., & Ahmad, P. (2020). Salicylic acid-induced nitric oxide enhances arsenic toxicity tolerance in maize plants by upregulating the ascorbate-glutathione cycle and glyoxalase system. *Journal Hazardous. Materials*, 399, 123020.
- Kuete, V. (2017). *Thymus vulgaris Medicinal Spices and Vegetables from Africa: Therapeutic Potential against Metabolic, Inflammatory, Infectious and Systemic Diseases*. Cameroon: Elsevier.
- Kumar, G., & Sahoo, D. (2011). Effect of seaweed liquid extract on growth and yield of *Triticum aestivum* var. pusa gold. *Journal of Applied Phycology*, 23(2), 251-255.
- Mansori, M., Chernane, H., Latique, S., Benaliat, A., Hsissou, D., & El Kaoua, M. (2016). Effect of seaweed extract (*Ulva rigida*) on the water deficit tolerance of *Salvia officinalis* L. *Journal Applied Phycology*, 28, 1363-1370.
- Mohammadi, H., Amirikia, F., Ghorbanpour, M., Fatehi, F., & Hashempour, H. (2019). Salicylic acid induced changes in physiological traits and essential oil constituents in different ecotypes of *Thymus kotschyanus* and *Thymus vulgaris* under well-watered and water stress conditions. *Industrial Crops and Products*, 129(6), 561-574.
- Mohammadi, H., Nikjoyan, J. M., Hazrati, S., & Hashempour, H. (2020). Improvement of yield and phytochemical compounds of *Thymus vulgaris* through foliar application of salicylic acid under water stress. *Agriculture and Forestry*, 66(1), 129-142.
- Noreen, S., Fatima, K., Athar, H. U. R., Ahmad, S., & Hussain, K. (2017). Enhancement of physio-biochemical parameters of wheat through exogenous application of salicylic acid under drought stress. *Journal Animal. Plant Science*, 27, 153-163.
- Patel, K., Agarwal, P., & Agarwal, P. K. (2018). *Kappaphycus alvarezii* sap mitigates abiotic-induced stress in *Triticum durum* by modulating metabolic coordination and improves growth and yield. *Journal Applied. Phycology*, 30, 2659-2673.
- Patil, S. M., Ramu, R., Shirahatti, P. S., Shivamallu, C., & Amachawadi, R. G. (2021). A systematic review on ethnopharmacology, phytochemistry and pharmacological aspects of *Thymus vulgaris* Linn. *Heliyon*, 7(5), e07054.
- Pazoki, A., Rezaee, A., Habibi, D., & Paknejad, F. (2012). Effects of drought stress, ascorbate and gibberellin spraying on some morphological traits, leaf relative water content and cell membrane stability of Thyme (*Thymus vulgaris* L.). *Journal of Agronomy and Plant Breeding*, 8(1), 1-13. (In Persian).
- Sharma, S., Chen, C., Khatri, K., Rathore, M. S., & Pandey, S. P. (2019). *Gracilaria dura* extract confers drought tolerance in wheat by modulating abscisic acid homeostasis. *Plant Physiology and Biochemistrey*, 136, 143-154.
- Sheela, S., Josephine, S. M., & Reginald Appavoo, M. (2017). Studies on the effect of seaweed liquid fertilizer (SLF) on different growth parameters, biochemical constituents and pigment production in a C4 plant, *Oryza sativa* L. *International Education and Research Journal*, 3(7), 40-42.
- Shemi, R., Wang, R., Gheith, E. S. M. S., Hussain, H. A., Hussain, S., Irfan, M., & Wang, L.

- (2021). Effects of salicylic acid, zinc and glycine betaine on morpho-physiological growth and yield of maize under drought stress. *Scientific Reports*, 11(1), 3195.
- Zhou, Y., Lam, H. M., & Zhang, J. (2007). Inhibition of photosynthesis and energy dissipation induced by water and high light stresses in rice. *Journal of experimental botany*, 58(5), 1207-1217. <https://doi.org/10.1093/jxb/erl291>.
- Zou, P., Lu, X., Zhao, H., Yuan, Y., Meng, L., Zhang, C., & Li, Y. (2019). Polysaccharides Derived from the Brown Algae *Lessonia nigrescens* Enhance Salt Stress Tolerance to Wheat Seedlings by Enhancing the Antioxidant System and Modulating Intracellular Ion Concentration. *Frontiers in plant science*, 10, 48. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00048>.