مطالعه تاثیر محلول‌پاشی اسپرمیدین، اسید سیتریک و پرولین بر رشد و گلدهی همیشه بهار (*Calendula officinalis* L.) تحت تنش خشکی

سوفیا سروری[۱*] (نویسنده مسئول) و حسن باقریان‌لمراسکی[۲]

۱*- دانشجوی دکتری، گروه علوم باغبانی، واحد علی‌آباد کتول، دانشگاه آزاد اسلامی، علی‌آباد کتول، ایران، Sophia_soroori@yahoo.com

۲- دانشجوی دکتری، گروه علوم باغبانی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران، hassan_bagherianl@yahoo.com

تاریخ دریافت: بهمن ۱۳۹۹ تاریخ پذیرش: اسفند ۱۳۹۹

Effect of foliar application of spermidine, citric acid and proline on growth and flowering in *Calendula officinalis* L. under drought stress

Sophia Soroori[*1] (Corresponding author) and Hassan Bagherian Lemraski[2]

1*- Ph.D student, Department of Horticulture, Ali Abad katoul Branch, Islamic Azad University, Ali Abad katoul, Iran. Sophia_soroori@yahoo.com

2- Ph.D student, Department of Horticulture Sciences, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran. hassan_bagherianl@yahoo.com

Received: February 2021 Accepted: March 2021

چکیده

تحقیق حاصل جهت ارزیابی اثر محلول‌پاشی اسپرمیدین، اسید سیتریک و پرولین (صفر، ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر) بر رشد و گلدهی همیشه‌بهار (*Calendula officinalis* L.) تحت تنش خشکی (بدون تنش(شاهد)، ۲۵، ۵۰ و ۷۵ درصد ظرفیت زراعی)، به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح آماری کاملا تصادفی در سه تکرار در گلخانه‌ای واقع در شمال ایران اجرا گردید. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد، افزایش سطوح تنش خشکی موجب کاهش معنی‌دار وزن تر و خشک اندام هوایی و ریشه، ارتفاع گیاه، طول ریشه، تعداد گل، ماندگاری گل روی بوته گردید. تیمار گیاهان با سطوح مختلف اسپرمیدین، اسید سیتریک و پرولین صفات مورد ارزیابی را بطور معنی‌داری افزایش داد، بطوریکه بیشترین وزن تر و خشک اندام هوایی و ماندگاری گل روی بوته در تیمار پرولین ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر و سطح آبیاری شاهد و بیشترین وزن تر و خشک ریشه و طول ریشه در تیمار پرولین ۱۰۰ میلی گرم در لیتر و سطح آبیاری ۷۵ درصد ظرفیت زراعی بود و همچنین بیشترین ارتفاع گیاه در تیمار اسپرمیدین ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر و سطح آبیاری شاهد و بیشترین تعداد گل در تیمار پرولین ۵۰ میلی‌گرم در لیتر و سطح آبیاری شاهد بدست آمد. بطورکلی نتایج این آزمایش نشان داد، محلول‌پاشی همیشه‌بهار با غلظت‌های ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسپرمیدین، اسید سیتریک و پرولین می‌تواند اثرات نامطلوب کم آبی را تا حدودی جبران کند، اما جهت بالابردن خصوصیات رشدی و فیزیولوژیک همیشه بهار محلول‌پاشی با پرولین ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر به همراه سطح آبیاری ۷۵ درصد ظرفیت زراعی توصیه می‌شود.

کلمات کلیدی: اسپرمیدین، اسید سیتریک، پرولین، خشکی، همیشه‌بهار

Abstract

To study the Evaluation of foliar application of spermidine, citric acid and proline (zero, 50 and 100 mg / l) on growth and flowering in pot marigold (*Calendula officinalis* L.) under drought stress (no stress (control), 25, 50 and 75% Crop capacity) was performed as a factorial experiment in a completely randomized design with three replications in a greenhouse located in northern Iran. The results of this study showed that increasing drought stress levels caused a significant decrease in fresh and dry weight of shoots and roots, plant height, root length, number of flowers, and longevity of the flower on the plant. Treatment of plants with different levels of spermidine, citric acid and proline significantly increased the evaluated traits, so that the highest fresh and dry weight of shoots and longevity of the flower on the plant was in proline 100 mg/l and control irrigation level and the highest fresh and dry weight of root and root length was in proline 100 mg/l and 75% of field capacity. Also, the highest plant height was in spermidine 100 mg/l and control irrigation level and the highest number of flowers were obtained in proline 50 mg/l and control irrigation level. In general, the results of this experiment showed that foliar application of 50 and 100 mg/l spermidine, citric acid and proline can partially compensate for the adverse effects of dehydration, but to enhance the growth and physiological characteristics of pot marigold, foliar application with proline 100 mg/l with 75% of field capacity is recommended.

Keywords: *Calendula officinalis L.*, Citric Acid, Drought, Proline, Spermidine

مقدمه و کلیات

گیاه همیشه بهار (*Calendula officinalis* L.) متعلق به خانواده آستراسه (Asteracea) می‌باشد که برای اهداف دارویی یا غذایی و زینتی استفاده می‌شود (Khalida and Teixeira, 2010). همیشه بهار حاوی ترکیبات فعالی نظیر سسکویی ترپن‌های گلیکوزیده، ساپونین‌ها، زانتوفیل‌ها، تریول‌ها، ترپن‌ها و فلاونوییدها، ویتامین E، روغن‌های فرار (اسانس) و ماده‌ای به نام کالندولین است (Gazim *et al.*, 2008). گل این گیاه علاوه بر مصارف خوراکی (طعم دهنده و رنگ دهنده غذاهای مختلف) دارای مواد موثره و ترکیباتی است که در صنعت (تهیه رنگ‌های نقاشی و نایلون صنعتی) و داروسازی (تهیه انواع کرم‌ها و لوسیون‌ها) کاربرد دارد (مرادی‌مرجانه و گلدانی، ۱۳۹۰). تنش خشکی عمده‌ترین عامل محیطی است که رشد و عملکرد گیاهان را تحت تاثیر قرار می‌دهد (باقی‌زاده و همکاران، ۱۳۹۹). تنش ناشی از کمبود آب سبب کاهش رشد قسمت‌های مختلف گیاه اعم از ریشه‌ها، سطح برگ، ارتفاع بوته، وزن خشک، فتوسنتز، و بسته شدن روزنه‌ها، تعرق، تخریب آنزیم‌ها، پروتئین‌ها و کاهش کلروفیل می‌شود (Koocheki *et al.*, 2004) در طی تنش خشکی سازوکارهای متعددی گیاهان را قادر می‌سازد تا با آن سازش پیدا نموده و رشدشان را تحت شرایط تنش خشکی حفظ نمایند، که تنظیم اسمزی و افزایش ترکیب‌های آنتی‌اکسیدانی از جمله مهمترین سازوکارهای گیاهان در مواجه با خشکی می‌باشند (Liu *et al.*, 2011). بررسی‌ها نشان داد، افزایش تنش خشکی موجب کاهش ارتفاع بوته، تعداد و سطح برگ، تعداد گل و میزان اسانس در گیاه ریحان (*Ocimum basilicum* L.) گردید (قائمی و همکاران، ۱۳۹۷). همچنین در گیاه نعناع فلفلی (*Mentha piperita* L.) طول شاخه فرعی، وزن تر و خشک بوته، محتوای کلروفیل a، b و کل، درصد وعملکرد اسانس را کاهش داد (فتاحی سیاه‌کمری و همکاران، ۱۳۹۹). امروزه کاربرد خارجی ترکیبات متفاوت مانند پلی آمین‌ها، اسیدهای آلی و اسیدهای آمینه در کاهش اثرات منفی تنش‌ها نقش موثری داشته‌اند (Ashraf *et al.*, 2011; Soroori *et al.*, 2021). اسپرمیدین متعلق به پلی آمین‌های گیاهی است، پلی آمین‌ها کاتیون‌های مولکولی کم وزنی هستند که برای رشد و نمو موجودات پروکاریوت و یوکاریوت ضروری هستند و معمولاً در گیاهان به شکل دی آمین (پوترسین)، تری آمین (اسپرمیدین) و تتراآمین (اسپرمین) یافت می‌شوند (Pang *et al.*, 2007). این ترکیبات، به عنوان پیام رسان‌های ثانویه هورمونی و یکی از منابع تامین کننده کربن و نیتروژن نیز شناخته می‌شوند و در فرآیندهای فیزیولوژیک زیادی مانند رویان زایی، تقسیم سلولی، تمایز، گلدهی، رسیدن میوه‌ها، ریشه‌زایی، جلوگیری از پیری و مقاومت به تنش‌های زیستی و غیرزیستی نقش دارد (رضوانی‌پور و همکاران، ۱۳۹۵). بررسی‌ها نشان داد کاربرد اسپرمیدین در گیاه ریحان (*Ocimum basilicum* L.) وزن تر و خشک اندام هوایی و ریشه و درصد اسانس را افزایش داد (دانائی و عبدوسی، ۱۳۹۷). همچنین در گیاه بادرشبو (*Deracocephalum moldavica*) نیزکاربرد پلی آمین‌ها موجب افزایش

ارتفاع، وزن تر و خشک گیاه و میزان اسانس گردید (راحتی و همکاران، ۱۳۹۳). اسید سیتریک یکی از آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی موجود در گیاه است که نقش مهمی در چرخه کربس به عنوان منبع کربن و انرژی، سیستم انتقال علایم، پایداری غشا و فعال کردن آنزیم‌های ناقل، متابولیسم و انتقال کربوهیدرات‌ها دارد، همچنین نقش مثبت آنتی اکسیدان‌ها در کلاته کردن رادیکال‌های آزاد و تحریک رشد گیاهان گزارش‌شده‌است (da Silva, 2003). مطالعات انجام شده در گیاه آویشن (*Thymus vulgaris* L.) نشان داد، محلول‌پاشی با اسید سیتریک میزان کلروفیل، کاروتنوئید، وزن تر و خشک و درصد اسانس را افزایش داد (Miri *et al.*, 2015). همچنین در گیاه آفتابگردان (*Helianthus annuus*) محلول‌پاشی اسید سیتریک میزان پروتئین محلول و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان را افزایش داد (Mujahid *et al.*, 2017). پرولین اسید آمینه‌ای با وزن مولکولی کم است که در شرایط تنش غیر زنده بسته به گونه و شدت تنش در گیاه تجمع می‌یابد (Kishor *et al.*, 2005). پرولین با تنظیم فشار اسمزی و حفظ ساختار پروتئین‌ها از گیاه در برابر آسیب‌های تنش محافظت می‌کند (غفاری و تدین، ۱۳۹۷). در گیاه بابونه آلمانی (*Matricaria chamomila* L.) کاربرد پرولین تعداد گل در بوته، وزن تر و خشگ گل‌ها، تعداد شاخه‌های فرعی گل‌دهنده، ارتفاع بوته، میزان پرولین و کاتالاز را تحت تنش خشکی افزایش داد (درویژه و زواره، ۱۳۹۷). در مطالعه‌ای دیگر در شرایط مواجه با تنش خشکی در گیاه شاهدانه (*Lepidium sativum* L.)، محلول‌پاشی پرولین موجب افزایش خصوصیات مورفولوژیک، میزان پرولین، کربوهیدرات، عملکرد و درصد روغن گردید (Khalil soha and El-Noemani, 2012).

این آزمایش با هدف ارزیابی اثر محلول‌پاشی اسپرمیدین، اسید سیتریک و پرولین بر رشد و گلدهی، گیاه همیشه‌بهار (*Calendula officinalis* L.) تحت تنش خشکی اجرا شد.

فرآیند پژوهش

پژوهش حاضر در سال ۱۳۹۷ در گلخانه ای واقع در ۱۵ کیلومتری شهرستان بهشهردر استان مازندران با دمای روز و شب ۲۵ و ۱۵ درجه سانتیگراد و فتوپریود ۱٤ساعت روز و ۱۰ ساعت شب و رطوبت نسبی ۵۰-٦۰ درصد انجام شد. آزمایش بصورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۲۸ تیمار، هر کدام با سه تکرار و هر تکرار حاوی دو گیاه و در مجموع ۱٦۸ گلدان اجرا شد. ابتدا بذرهای همیشه بهار در داخل سینی کشت که شامل کوکوپیت و پرلیت بود، کشت گردید. پس از گذشت حدود ۲ هفته، گیاهچه‌ها به گلدان سایز ۱۵ انتقال یافتند. خاک گلدان شامل (خاک لومی، شن، کمپوست) به نسبت ۱-۱-۱ بود. همچنین پیش از اعمال تنش خشکی و تا زمان استقرار کامل گیاهان، آبیاری به طور منظم انجام شد. اعمال تیمارهای تنش خشکی (بدون تنش(شاهد)، ۲۵، ۵۰ و ۷۵ درصد ظرفیت زراعی) در مرحله ٦ برگی، به روش وزنی و پس از اندازه‌گیری ظرفیت زراعی خاک (FC) انجام شد، ابتدا یکی از گلدان‌ها به صورت تصادفی انتخاب و به طور کامل آبیاری گردید. پس از خروج آب ثقلی از گلدان و

ثابت شدن وزن گلدان، نمونه‌های خاک از گلدان مورد نظر برداشته و با ترازو وزن گردید (به عنوان وزن خاک مرطوب)، سپس نمونه خاک مرطوب در داخل آون در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد و به مدت ٤٨ ساعت قرار گرفته تا کاملا خشک شود. پس از خشک شدن، نمونه خاک به وسیله ترازو وزن گردید (Mohammadi *et al*., 2020). به این ترتیب FC به دست آمد:

ظرفیت زراعی خاک = (وزن تر خاک- وزن خشک خاک/ وزن خشک خاک) ×۱۰۰

محلول‌پاشی اسپرمیدین، اسید سیتریک و پرولین (صفر، ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر) در سه مرحله با فواصل حدود ۲۰ روز شامل شش برگ قابل روئیت، پنجه‌دهی کامل و ظهور اولین غنچه اعمال گردید. همچنین گیاهان شاهد با آب مقطر محلول پاشی شدند. سپس در مرحله مناسب (گلدهی) نمونه‌برداری انجام شد و صفات مورد نظر ارزیابی گردید.

وزن تر اندام هوایی و ریشه: اندازه‌گیری وزن تر اندام هوایی و ریشه توسط ترازوی دیجیتالی با دقت صدم گرم انجام شد (خدابخش و دانائی، ۱۳۹۸).

وزن خشک اندام هوایی و ریشه: جهت اندازه گیری وزن خشک اندام هوایی و ریشه، نمونه‌ها در آون ٦٠ درجه نگهداری شدند، و توسط ترازوی دیجیتالی با دقت صدم گرم توزین شد (دانائی و عبدوسی، ۱۳۹۷).

ارتفاع گیاه: ارتفاع گیاه به کمک متر فلزی از سطح خاک تا بلندترین قسمت گیاه، برحسب سانتیمتر اندازه گیری گردید (مستوفی، ١٣٨٤).

طول ریشه: طول ریشه توسط متر فلزی اندازه گیری شد و برحسب سانتیمتر بیان شد (مستوفی، ١٣٨٤).

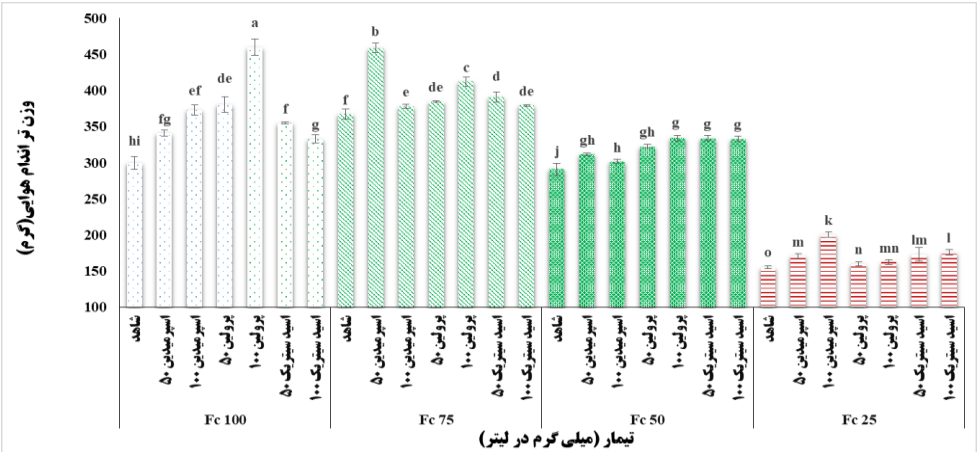
تعداد گل: تعداد گل‌های گیاهان از طریق شمارش محاسبه و میانگین آنها ثبت گردید (مستوفی، ١٣٨٤).

ماندگاری گل روی بوته: ماندگاری گل روی بوته از زمان باز شدن گلبرگ خارجی گل‌ها تا پژمردگی یا رنگ پریدگی گل‌ها محاسبه گردید و به صورت روز بیان شد (Ezhilmathi, 2007).

اطلاعات مورد نظر پس از اندازه‌گیری وارد نرم‌افزار Excelشده و توسط نرم‌افزار آماری SAS، آنالیز داده‌ها انجام گردید. مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۱ و ۵ درصد، ارزیابی و سپس رسم نمودارها با نرم‌افزار Excel انجام شد.

نتایج و بحث

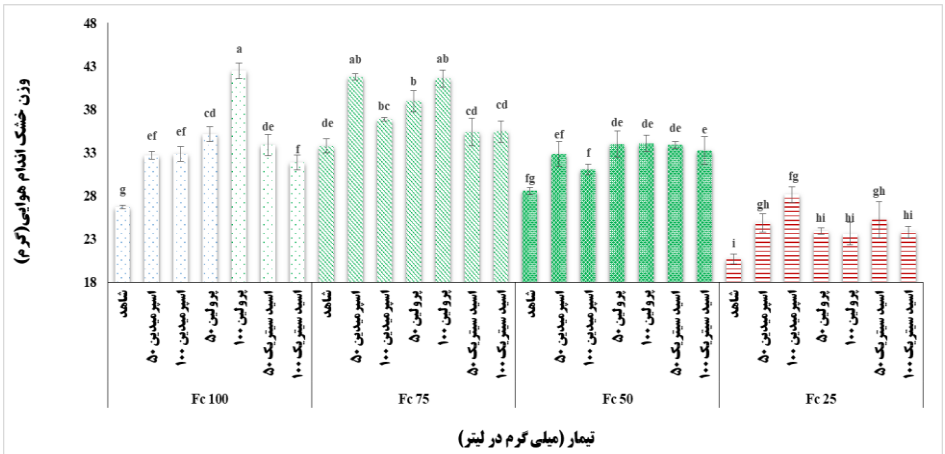
وزن تر اندام هوایی: تجزیه واریانس مربوط به وزن تر اندام هوایی نشان می‌دهد، اثر ساده و متقابل تنش خشکی و محلول‌پاشی‌ها در سطح ۱ درصد معنی دار شد. بیشترین وزن تر اندام هوایی با ٤٥٩/٦٨ گرم در تیمار پرولین ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر و ظرفیت زراعی شاهد و کمترین وزن تر اندام هوایی با ۱۵۵/۱۷ گرم در تیمار ۲۵ درصد ظرفیت زراعی بود (شکل ۱).



شکل۱: اثر تنش خشکی و محلول‌پاشی اسپرمیدین، اسید سیتریک و پرولین بر وزن تر اندام هوایی

Fig 1: Effect of drought stress and foliar application of spermidine, citric acid and proline on fresh weight of plant

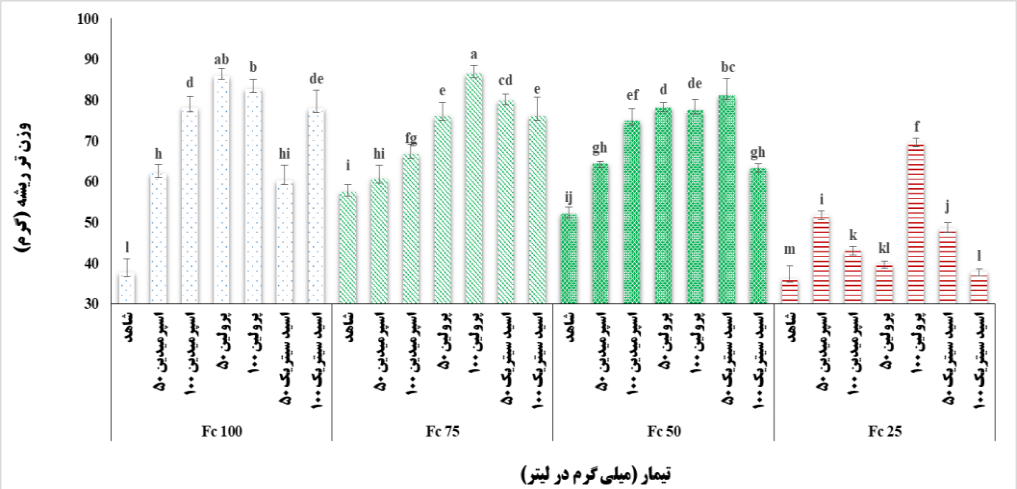
وزن خشک اندام هوایی: نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد، اثر ساده و متقابل تنش خشکی و محلول‌پاشی‌ها بر وزن خشک اندام هوایی معنی دار شد. بیشترین وزن خشک اندام هوایی با ٤٢/٤٥ گرم در تیمار پرولین ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر و ظرفیت زراعی شاهد و کمترین وزن خشک اندام هوایی با ۲۰/٦۹ گرم در تیمار ۲۵ درصد ظرفیت زراعی بود (شکل ۲).



شکل۲: اثر تنش خشکی و محلول‌پاشی اسپرمیدین، اسید سیتریک و پرولین بر وزن خشک اندام هوایی

Fig 2: Effect of drought stress and foliar application of spermidine, citric acid and proline on dry weight of plant

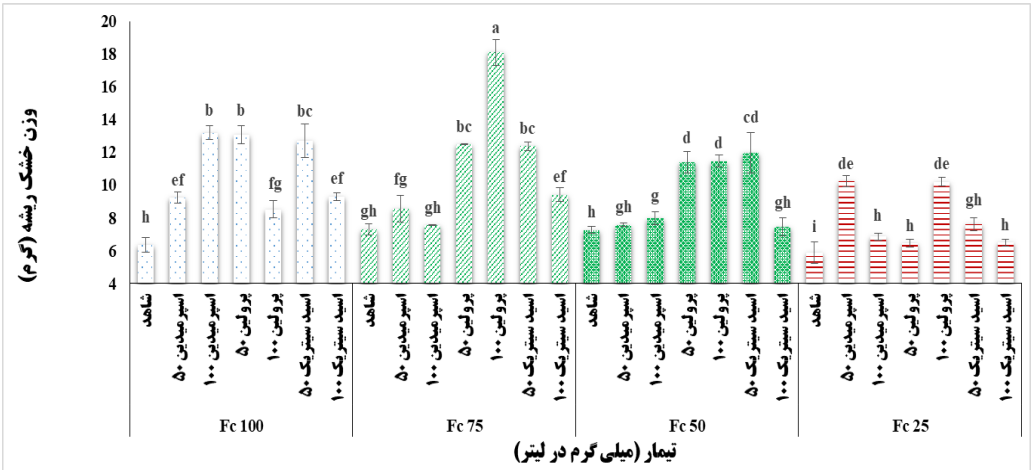
وزن تر ریشه: با توجه به نتایج جدول تجزیه واریانس اثر ساده و متقابل تنش خشکی و محلول‌پاشی‌ها بر وزن تر ریشه در سطح ۱ درصد معنی‌دار شد. همانطور که در شکل ۳ نمایان است، در تیمار پرولین ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر و ۷۵ درصد ظرفیت زراعی با ٨٦/٤ گرم بیشترین وزن تر ریشه و تیمار ظرفیت زراعی ۲۵ درصد با ۳٦/۲۳ گرم کمترین وزن تر ریشه مشاهده شد.



شکل۳: اثر تنش خشکی و محلول‌پاشی اسپرمیدین، اسید سیتریک و پرولین بر وزن تر ریشه

Fig 3: Effect of drought stress and foliar application of spermidine, citric acid and proline on fresh weight of root

وزن خشک ریشه: تجزیه واریانس مربوط به وزن خشک ریشه نشان می‌دهد، اثر ساده و متقابل تنش خشکی و محلول پاشی‌ها در سطح ۱ درصد معنی‌دار شد. در تیمار پرولین ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر و ۷۵ درصد ظرفیت زراعی با ۱۸/۱ گرم بیشترین وزن خشک ریشه و تیمار ظرفیت زراعی ۲۵ درصد با ۵/۸۸ گرم کمترین وزن خشک ریشه مشاهده شد (شکل ٤).

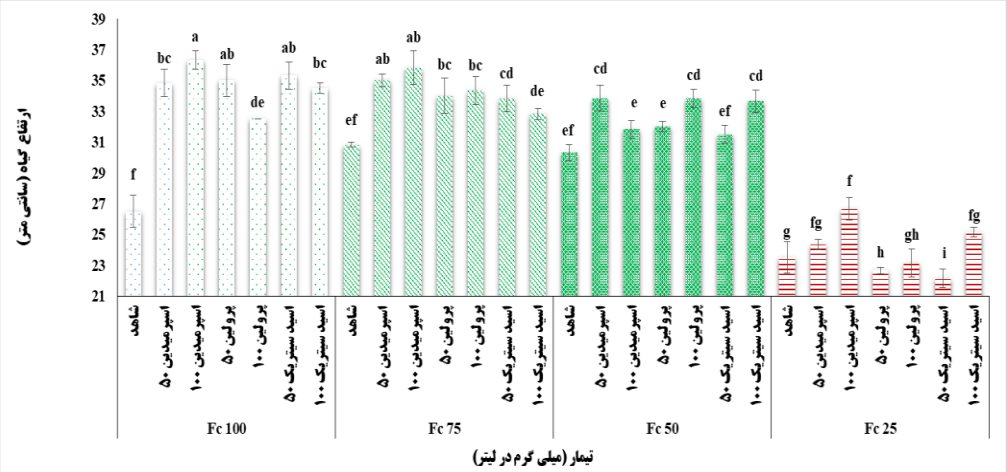


شکل٤: اثر تنش خشکی و محلول‌پاشی اسپرمیدین، اسید سیتریک و پرولین بر وزن خشک ریشه

Fig 4: Effect of drought stress and foliar application of spermidine, citric acid and proline on dry weight of root

ارتفاع گیاه: نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد، اثر تنش خشکی بر ارتفاع گیاه در سطح ۱ درصد معنی دار شد در حالیکه اثر محلول‌پاشی‌ها و اثر متقابل آنها در سطح ۵ درصد معنی‌دار شد. بیشترین ارتفاع گیاه با ۳٦/۳٤ سانتیمتر مربوط به تیمار اسپرمیدین ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر و سطح آبیاری شاهد و کمترین ارتفاع با ۲۲/۱٦ سانتیمتر مربوط به

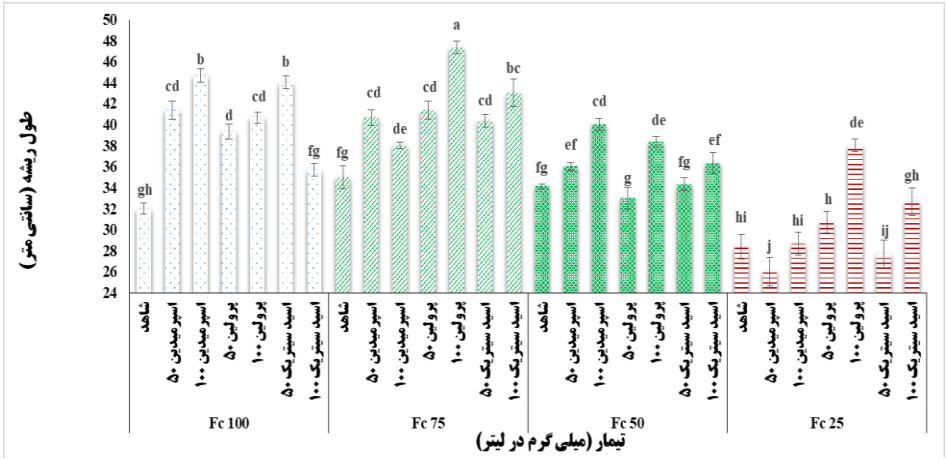
تیمار اسید سیتریک ۵۰ میلی‌گرم در لیتر و ۲۵ درصد ظرفیت زراعی بود. (شکل ۵)



شکل۵: اثر تنش خشکی و محلول‌پاشی اسپرمیدین، اسید سیتریک و پرولین بر ارتفاع اندام هوایی

Fig 5: Effect of drought stress and foliar application of spermidine, citric acid and proline on plant height

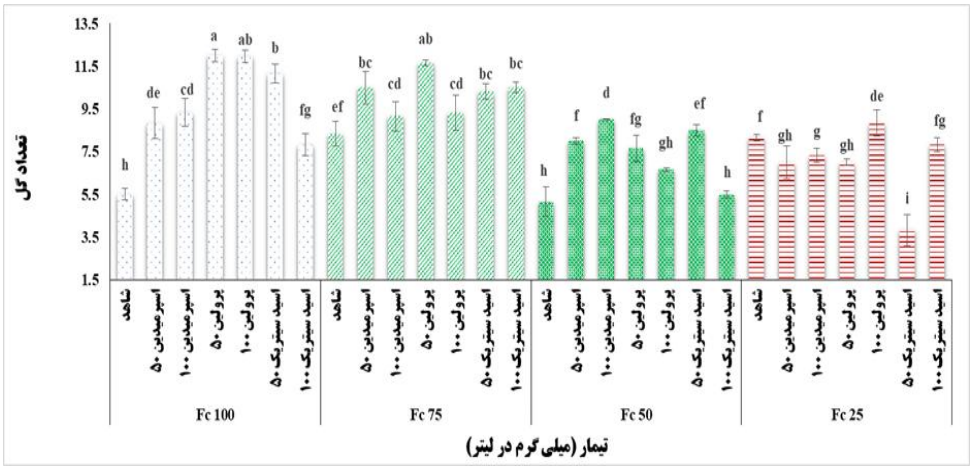
طول ریشه: با توجه به نتایج جدول تجزیه واریانس اثر ساده و متقابل تیمار تنش خشکی و محلول‌پاشی‌ها بر طول ریشه در سطح ۱ درصد معنی‌دار شد. همانطور که از شکل ٦ نمایان است. بیشترین طول ریشه در تیمار پرولین ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر و ۷۵ درصد ظرفیت زراعی (٤٧/٣٣ سانتیمتر) و کمترین طول ریشه در تیمار اسپرمیدین ۵۰ میلی‌گرم در لیتر و ۲۵ درصد ظرفیت زراعی (٢٦ سانتیمتر) بدست آمد.



شکل٦: اثر تنش خشکی و محلول‌پاشی اسپرمیدین، اسید سیتریک و پرولین بر طول ریشه

Fig 6: Effect of drought stress and foliar application of spermidine, citric acid and proline on root length

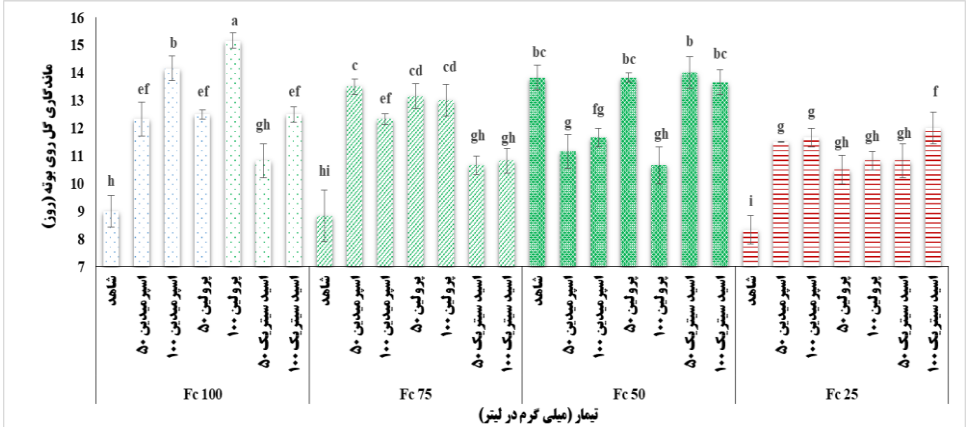
تعداد گل: نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد، اثر تنش خشکی بر تعداد گل در سطح ۱ درصد معنی دار شد در حالیکه اثر محلول پاشی‌ها و اثر متقابل آنها در سطح ۵ درصد معنی‌دار شد. بیشترین تعداد گل با ۱۲ عدد مربوط به تیمار پرولین ۵۰ میلی‌گرم در لیتر و ظرفیت زراعی شاهد و کمترین تعداد گل با ۳/۸۳ عدد مربوط به تیمار اسید سیتریک ۵۰ میلی‌گرم در لیتر و ۲۵ درصد ظرفیت زراعی بود (شکل ۷).



شکل۷: اثر تنش خشکی و محلول‌پاشی اسپرمیدین، اسید سیتریک و پرولین بر تعداد گل

Fig 7: Effect of drought stress and foliar application of spermidine, citric acid and proline on number of flowers

ماندگاری گل روی بوته: تجزیه واریانس مربوط به ماندگاری گل روی بوته نشان می‌دهد، اثر ساده و متقابل تنش خشکی و محلول‌پاشی‌ها در سطح ۱ درصد معنی‌دار شد. همانطور که از شکل ۸ نمایان است. بیشترین ماندگاری گل روی بوته با ۱۵/۱۶ روز مربوط به تیمار پرولین ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر و ظرفیت زراعی شاهد و کمترین ماندگاری گل روی بوته با ۸/۳۳ روز مربوط به تیمار ۲۵ درصد ظرفیت زراعی بود.



شکل۸: اثر تنش خشکی و محلول‌پاشی اسپرمیدین، اسید سیتریک و پرولین بر ماندگاری گل روی بوته

Fig 8: Effect of drought stress and foliar application of spermidine, citric acid and proline longevity of the flower on the plant

در تحقیق حاضر نتایج نشان دادند، تنش خشکی تاثیر معنی‌داری بر کلیه صفات مورد بررسی داشت، تنش خشکی با کاهش سطح برگ، بسته شدن روزنه‌ها، فتوسنتز و اختلال در تولید و انتقال مواد فتوسنتزی به ریشه منجر به کاهش رشد گیاه می‌شود (Bhatt and Srinivasa-Rao, 2005). همچنین افزایش ROSها در تنش‌های شدید، موجب تخریب فسفولیپیدها و آزاد شدن اسیدهای چرب شده که در این حالت نفوذ پذیری غشا افزایش می‌یابد و در نتیجه تخریب غشا منجر به سنتز اتیلن و پیری گل‌ها می‌شود (Hossaina *et al.*, 2005). پیرامون تاثیر تنش خشکی برخصوصیات مورفولوژیک گیاهان، نتایج این پژوهش با نتایج جزی زاده و مرتضایی نژاد (۱۳۹۶)، در گیاه کاسنی (*Cichorium intybus* L.) و باقی‌زاده و همکاران (۱۳۹۹)، در گیاه زیره سبز (*Cuminum cyminum* L.)، سودائی زاده و همکاران (۱۳۹۵)، در گیاه مرزه (*Satureja hortensis*) و همچنین ناصری مقدم و همکاران (۱۳۹۸)، در گل نرگس (*Narsicuss tazetta* L.) مطابقت داشت. در مطالعات متعدد گزارش شده است که ترکیبات متفاوت مانند محلول‌های آلی (اسمولیت‌های آلی و تنظیم‌کننده‌های رشد، در کاهش اثرات تنش‌های اکسیداتیو نقش دارند (Singh *et al*., 2008; Ashraf *et al*., 2011; Soroori *et al*., 2021). نتایج این آزمایش نشان داد، در بین تیمارهای محلول پاشی پرولین نقش موثرتری در کاهش اثرات منفی تنش خشکی بر وزن تر و خشک اندام هوایی و ریشه، طول ریشه، تعداد گل و ماندگاری گل روی بوته داشت، پرولین از آنزیم‌ها و ساختارهای پروتئین‌ها و غشاهای اندام‌ها محافظت می‌کند و همچنین منبع انرژی را برای رشد گیاه فراهم می‌کند (Ashraf and Foolad, 2007). پرولین با افزایش میزان پتاسیم و فسفر قابل دسترس در گیاه، سطح برگ و تولیدات فتوسنتزی را در گیاه افزایش می‌دهد (Foyer and Spancer, 1986). همچنین به عنوان تنظیم کننده اسمزی عمل می‌کند و موجب کاهش پتانسیل اسمزی سلول و در نتیجه افزایش جذب آب می‌شود (Maiato *et al.*, 2004) و در نهایت موجب افزایش پارامترهای رشدی در گیاه می‌گردد (Foyer and Spancer, 1986)، علاوه بر نقش پرولین بر کاهش خسارت ناشی از رادیکال‌های آزاد اکسیژن (Kumar *et al.*,2010) و اثرات مثبت آن روی آنزیم‌ها و استحکام غشا (حسن‌زاده فرد و آرویـن، ۱۳۹۲)، بررسی‌ها نشان داده است که اسیدهای آمینه فعالیت ACC اکسیداز را به تاخیر می‌اندازد و موجب تاثیر در سیستم‌های آنزیمی و غیر آنزیمی دخیل در تولید اتیلن شده و در نهایت منجر به کاهش تولید اتیلن و و به تاخیر انداختن پیری در گیاه می‌گردد (Zamani *et al*., 2011). نتایج این آزمایش با نتایج درویزه و زواره (۱۳۹۷)، در گیاه بابونه (*Matricaria chamomilla* L.)، منصوری‌متهور و همکاران (۱۳۹۷)، در گیاه پریوش (*Catharanthus roseus*)، Kumar و همکاران (۲۰۱۰)، گل شاخه بریده رز (*Rosa hybrida* L. Grand Gala) پیرامون تاثیر مثبت کاربرد پرولین بر خصوصیات مورفولوژیک گیاهان مطابقت داشت. نتایج پژوهش حاضر نشان داد، کاربرد اسپرمیدین ارتفاع گیاه را افزایش داد، که می‌تواند به دلیل نقش پلی آمین‌ها در افزایش تقسیم یاخته‌ای، بزرگ شدن

یاخته و افزایش طول میانگره‌ها باشد (Hosseini Farahi and Zadehbagheri, 2017). بهاری‌ساروی و همکاران (۱٤۰۰)، در گیاه استویا (*Stevia rebaudiana* Bertoni) و Rahati و همکاران (۲۰۱۵)، در گیاه بادرشبو (*Dracocephalum moldavica* L.). اثر اسپرمیدین بر افزایش ارتفاع گیاه را گزارش نمودند. همچنین کاربرد اسید سیتریک نیز توانست تا حدودی اثرات منفی تنش را بر صفات مورد ارزیابی کاهش دهد که می‌تواند به دلیل نقش آن در تنظیم پتانسیل اسمزی و چرخه کربس، کاهش pH خاک و کلات نمودن عناصر غذایی و در نتیجه افزایش رشد و عملکرد گیاه نسبت داد (Miri *et al.*, 2015). تحقیقات صورت گرفته توسط محبی نجم‌آبادی و همکاران (۱۳۹۸) و Mujahid و همکاران (۲۰۱۷)، افزایش خصوصیات مورفولوژیک گیاه آفتابگردان (*Helianthus annuus*) را با کاربرد اسید سیتریک گزارش نمودند.

نتیجه‌گیری کلی

بطورکلی نتایج پژوهش نشان داد محلول‌پاشی گیاه همیشه‌بهار با غلظت‌های مختلف اسپرمیدین، اسید سیتریک و پرولین به دلیل خاصیت آنتی‌اکسیدانی آن‌ها موجب کاهش اثرات منفی تنش خشکی بر پارامترهای رشدی گیاه گردید و تحمل به خشکی را در گیاه همیشه‌بهار افزایش داد. نتایج به دست آمده نشان داد، بیشترین وزن تر و خشک اندام هوایی و ماندگاری گل روی بوته در تیمار پرولین ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر و سطح آبیاری شاهد بیشترین وزن تر و خشک ریشه و طول ریشه در تیمار پرولین ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر و سطح آبیاری ۷۵ درصد ظرفیت زراعی بدست آمد. همچنین بیشترین ارتفاع گیاه در تیمار اسپرمیدین ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر و سطح آبیاری شاهد و بیشترین تعداد گل در تیمار پرولین ۵۰ میلی‌گرم در لیتر و سطح آبیاری شاهد مشاهده شد. بنابراین با توجه به نتایج حاصل از پژوهش می‌توان آبیاری در سطح ۷۵ درصد ظرفیت زراعی و محلول پاشی با پرولین ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر را جهت افزایش خصوصیات مورفولوژیکی گیاه همیشه بهار توصیه نمود.

منابع

۱) باقی‌زاده، ا.، وکیلی شهربابکی، م.، بیانی، ا. و توحیدی، ز. ۱۳۹۹. بررسی برهمکنش تنش خشکی با اسید آسکوربیک بر برخی ویژگی‌های مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی گیاه دارویی زیره سبز (*Cuminum cyminum* L.). فصلنامه گیاه و زیست فناوری ایران، ۱۵(۳): ۱۱-۲۲.

۲) بهاری‌ساروی، س.، غلامی، ا.، پیردشتی، ه.، برادران فیروزآبادی، م. و اصغری، ح. ۱٤۰۰. پاسخ رشدی و فیزیولوژیک گیاه دارویی استویا (*Stevia rebaudiana* Bertoni) به همزیستی قارچ‌های اندوفیت و محلول‌پاشی پلی‌آمین اسپرمیدین در شرایط شور. تنش‌های محیطی در علوم زراعی، Doi: 10.22077/escs.2019.2646.1686

۳) جزی‌زاده، ا. و مرتضایی‌نژاد. ف. ۱۳۹٦. اثرات تنش خشکی بر شاخص‌های فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی گیاه کاسنی (*Cichorium intybus* L.). جهت معرفی در فضای سبز شهری. فرآیند و کارکرد گیاهی، ٦(۲۱): ۲۸۰-۲۹۰.

٤) حسن‌زاده فرد، ش. و آرویـن، م ج. ۱۳۹۲. نقش گلایسین بتائین و پرولین در افزایش مقاومت به خشکی با تاکید بر جنبه‌های کاربردی آن. اولین همایش ملی علوم کشاورزی با تاکید بر تنش‌های غیر زیستی.

۵) خدابخش، م. و دانائی، ا. ۱۳۹۸. ارزیابی اثر پرولین و گلایسین‌بتائین بر برخی خصوصیات مورفوفیزیولوژیک، آنزیمی، رشد و گلدهی شمعدانی(*Pelargonium spp*) تحت تنش خشکی. فصلنامه گیاه و زیست فناوری ایران. ۱٤(۳): ٤٥-٥٤.

٦) دانائی، ا. و عبدوسی، و. ۱۳۹۷. پاسخهای فیتوشیمیایی و مورفوفیزیولوژیکی گیاه ریحان (*Ocimum basilicum L.*) به محلول‌پاشی برگی پلی‌آمین‌ها، فصلنامه گیاهان دارویی، ۱۸(۱): ۱۲۵-۱۳۳.

۷) درویژه. ح. و زواره. م. ۱۳۹۷. اثر محلولپاشی پرولین برکاهش اثرات ناشی از تنش کم آبی در بابونه آلمانی (*Matricaria chamomilla* L.). فصلنامه بوم شناسی گیاهان زراعی، ۱٤(۱): ٤۳-۳۳.

۸) راحتی، ر.، حکیمی، ل. و زارع نهندی، ف. ۱۳۹۳. تأثیر پلی آمین‌ها بر ارزیابیهای کمی و کیفی اسانس گیاه دارویی بادرشبو (*Dracocephalum moldavica* L). بیوتکنولوژی و میکروبیولوژی کاربردی، ۳(شماره ۱ و ۲): ٤۹-۵۸.

۹) رضوانی‌پور، ش.، حاتم‌زاده، ع.، الهی‌نیا، ع. و اصغری، ح. ۱۳۹۵. تأثیر پلی‌آمین‌های خارجی بر رشد، گل‌دهی و تولید پداژه در ارقام Golden Wave و Blue Sea فریزیا. مجله روابط خاک و گیاه، ۷(۳): ۷٦-٦۳.

۱۰) سودائی‌زاده، ح. شمسایی، م. تجملیان، م. میرمحمدی میبدی، ع. حکیم‌زاده، م. ۱۳۹۵. بررسی تأثیر تنش خشکی بر برخی صفات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی مرزه (*Satureja hortensis*). مجله فرآیند و کارکرد گیاهی، ۵(۱۵):۱۲-۱.

۱۱) غفاری، ح. و تدین، م. ۱۳۹۷. اثر پرولین بر شاخص‌های جوانه‌زنی بذر رقم کاستیل چغندرقند تحت تنش خشکی. علوم و فناوری بذر ایران، ۷(۲): ۱۷۱-۱۸۲.

۱۲) فتاحی سیاه‌کمری، س.، آزاد قوجه‌بیگلو، ح.، صالحی ساردویی، ع.، فلاح‌ایمانی، ا. و بابایی، خ. ۱۳۹۹. بررسی تاثیر تنش کمبود آب و سالیسیلیک اسید بر برخی صفات رشدی، رنگیزه‌های فتوسنتزی و عملکرد اسانس نعناع فلفلی (*Mentha piperita* L.). فصلنامه گیاه و زیست فناوری ایران، ۱۵(۲): ۳۹-۵۱.

۱۳) قائمی، م.، زارع، ز. و نصیری، ی. ۱۳۹۷. اثر تنش خشکی بر برخی ویژگی های مورفولوژیک و میزان تولید اسانس در گیاه دارویی ریحان (. *Ocimum basilicum* L) در مراحل مختلف رشد و نمو. زیست شناسی تکوینی، ۱۱(۱): ۱۵-۲٦.

۱٤) مرادی‌مرجانه، ا. و گلدانی، م. ۱۳۹۰. ارزیابی سطوح مختلف اسید سالیسیلیک بر تعدادی شاخص‌های رشد گیاه همیشه بهار (*Calendula officinalis* L.) تحت شرایط کم آبیاری. تنش‌های محیطی در علوم زراعی، ٤(۱): ۳۳-٤۵.

۱۵) محبی نجم‌آبادی، ا.، فتوت، ا.، حلاج‌نیا، ا. ۱۳۹۸. اثر اسید سیتریک، نیتریلو تری استیک اسید و پلی اکریل آمید آنیونی برگیاه پالایی نیکل به وسیله ذرت و آفتابگردان، تحقیقات آب و خاک ایران، ۵۰(٤):۹۲۲-۹۳۳.

۱٦) مستوفی، ی. و ف، نجفی. ۱۳۸٤. روش‌های آزمایشگاهی تجزیه‌ای در علوم باغبانی. ترجمه انتشارات دانشگاه تهران، ۱۳٦صفحه

۱۷) منصوری‌متهور، م. ۱۳۹۷. اثر کاربرد پرولین برخصوصیات مورفوفیزیولوژیکی گیاه پریوش (*Catharanthus roseus*) تنش شوری. پایانامه کارشناسی ارشد دانشکده کشاورزی- فیزیولوژی و اصلاح گل و گیاهان زینتی. دانشگاه لرستان.

۱۸) ناصری‌مقدم، ع.، بیات، ح.، امینی‌فرد، م. و مرادی نژاد، ف. ۱۳۹۸. تأثیر تنشهای خشکی و شوری بر رشد، گلدهی و برخی از ویژگیهای بیوشیمیایی گیاه نرگس (*Narsicuss tazetta* L.). نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)، ۳۳(۳):٤۵۱-٤٦٦.

19) Ashraf, M. and Foolad M.R. 2007. Roles of glycinebetaine and proline in improving plant abioti stress tolerance. Environmental and Experimental Botany, 59: 206- 216.

20) Ashraf, M., Akram, N.A., Al-Qurainy, F. and Flooda, M. R. 2011. Drought tolerance: roles of organic osmolyts, growth, regulators, and mineral nutrients. Advance in Agronomy, 111, 249-296.

21) Bhatt, R.M. and Srinivasa Rao, N.K. 2005. Influence of pod load on response of okra to water stress. Indian J. Plant Physiol, 10: 54-59.

22) Da Silva, J.A.T. 2003.The cut flower: postharvest considerations. Journal of Biological Sciences, 3(4): 406–442.

23) Ezhilmathi, K., singh, V., Arora, P. and Sairam, R.K. 2007. Effect of 5-sulfocalicylic acid on antioxidant in relation to vase life of gladiolus cut flower. Plant Growth Regulation, 51: 99-108.

24) Foyer, C. and Spancer, C. 1986. The relationship between phosphate status and photosynthesis in leaves effects on intracellular orthophosphate distribution, photosynthesis and assimilate partitioning. Planta, 167: 369-375.

25) Gazim, Z., Rezende, C., Fraga, S., Dias Filho, B., Nakamura, C. and Cortez, D. 2008. Analysis of the essential oils from *Calendula officinalis* growing in Brazil using three different extraction procedures. Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences, 44: 391-395.

26) Hossaina, Z., Kalam, A., Mandala, A., Kumar Dattaa, S. and Krishna Biswasb, A. 2005, Decline in ascorbate peroxidase activity –A prerequisite factor for tepal senescence in Gladiolus, J. Plant Physiology, 163(2): 186-194.

27) Hosseini Farahi, M. and Zadehbagheri, M. 2017. Effect of foliar application of polamines on growth properties, vase life and endogenous plant growth regulators contents of cut rose flower (Rosa hybrid cv. Dolcvita). Iranian Journal of Horticultural Science, 47(4): 717-729.

28) Khalida, K.A. and Teixeira da Silva, J.A. 2010. Yield, essential oil and pigment content of *Calendula officinalis* L. flower heads cultivated under salt stress conditions. Sci. Hort, 126; 297-305.

29) Khalil Soha, E. and El-Noemani, AA. 2012. Effect of irrigation intervals and exogenous proline application in improving tolerance of garden cress plant (*Lepidium sativum* L.) to water stress. Journal of Applied Sciences Research, 8(1):157-167.

30) Kishor, P.K., Sangam, S., Amrutha, R.N., Laxmi, P.S., Naidu, K.R., Rao, K.R., Rao, S., Reddy, K.J., Theriappan, P. and Sreenivasulu, N. 2005. Regulation of proline biosynthesis, degradation, uptake and transport in higher plants: its implications in plant growth and abiotic stress tolerance. Current Science, 88:424-38.

31) Koocheki, A., Nassiri-Mahallati, M. and Azizi, G. 2004. The effects of water stress and defoliation on some of quantitative traits of *Zataria multiflora*, *Ziziphora clinopodioides*, *Thymus vulgaris* and *Teucrium polium*. Iranian J. Field Crops Res, 2(1): 89-105. [In Persian with English summary].

32) Kumar, N., Pal, M., Singh, A., SaiRam, R.K. and Srivastava, G.C. 2010. Exogenous proline alleviates oxidative stress and increase vase life in rose (*Rosa hybrida* L. 'Grand Gala'). Scientia Horticulturae, 127:79–85.

33) Liu, C., Liu, Y., Guo, K., Fan, D., Li, G., Zheng, Y., Yu, L. and Yang, R. 2011. Effect of drought on pigments, osmotic adjustment and antioxidant enzymes in six woody plant species in karst habitats of southwestern China. Journal of Environmental and Experimental Botany, 71:174–183.

34) Maiato, H., DeLuca, J., Salmon, E. and Earnshaw, W. C. 2004. The dynamic kinetochore-microtubule interface. Journal of Cell Science, 117: 5461-5477.

35) Miri, M. S., Ahmadi, S. and Moradi, P. 2015. Influence of Salicylic Acid and Citric Acid on the Growth, Biochemical Characteristics and Essential Oil Content of Thyme (*Thymus vulgaris* L.). Journal of Medicinal Plants, 2: 141-1466.

36) Mohammadi, H., Imani, A. Abdosi, V., Asghari, M. R. and Talaei, A. R. 2020. Exogenous salicylic acid mitigates adverse effects of salinity on some photosynthesis-related parameters of Almond. J. Agr. Sci. Tech., 22(2): 519-534.

37) Pang, X.M., Zhang, Z.Y., Wen, X.P., Ban, Y. and Moriguchi, T. 2007. Polyamines, all-purpose players in response to environment stresses in plants. Plant Stress, 1(2):173-188.

38) Rahati, R., Hakimi, L. and Zare Nahandi, F. 2015. The effect of polyamines on quantitative and qualitative evaluations of essential oil of *Dracocephalum moldavica*. Applied Biotechnology and Microbiology, 3 (1 and 2): 49-58.
39) Singh, A., Kumar, J. and Kumar, P. 2008. Effects of plant growth regulators and sucrose on post harvest physiology, membrane stability and vase life of cut spikes of gladiolus. Plant Growth Regulation, 55(3): 221-229.
40) Soroori, S., Danaee, E., Hemmati, K. and Ladan Moghadam, A. 2021. The Metabolic Response and Enzymatic Activity of *Calendula officinalis* L. to Foliar Application of Spermidine, Citric Acid and Proline under Drought Stress and in a Post-Harvest. Journal of Agricultural Science and Technology, 23(06).
41) Zamani, S., Kazemi, M. and Aran, M. 2011. Postharvest Life of Vut Rose Flowers as Affected by Salicylic Acid and Glutamin. World Applied Sciencs Journal, 12(9):1621-1624.