ارزیابی اثر پرولین و گلایسین‌بتائین بر برخی خصوصیات مورفوفیزیولوژیک، آنزیمی، رشد و گلدهی شمعدانی(*Pelargonium* spp.) تحت تنش خشکی

مجید خدابخش[1] و الهام دانائی[2*]

۱- کارشناسی‌ارشد، گروه علوم باغبانی، واحد گرمسار، دانشگاه آزاد اسلامی، گرمسار، ایران،
majid.khodabakhsh1657@gmail.com

۲*- استادیار، گروه علوم باغبانی، واحد گرمسار، دانشگاه آزاد اسلامی، گرمسار، ایران، dr.edanaee@yahoo.com

*نویسنده مسئول: الهام دانائی

تاریخ دریافت: مهر ۱۳۹۸ تاریخ پذیرش: آذر ۱۳۹۸

Evaluation the effect of glycine betaine and proline on some morphophysiological, enzymatic, growth and flowering characteristics in *Pelargonium* spp. in drought stress

Majid Khodabakhsh[1] and Elham Danaee[2*]

1- M.Sc, Department of Horticulture, Garmsar Branch, Islamic Azad University, Garmsar, majid.khodabakhsh1657@gmail.com

2*- Assistant Professor, Department of Horticulture, Garmsar Branch, Islamic Azad University, Garmsar, Iran, dr.edanaee@yahoo.com

*Corresponding author: Elham Danaee

Received: October 2019 Accepted: December 2019

چکیده

تحقیق حاضر جهت ارزیابی اثر پرولین و گلایسین‌بتائین بر برخی خصوصیات مورفوفیزیولوژیک، آنزیمی، رشد و گلدهی شمعدانی(*Pelargonium* spp.) تحت تنش خشکی، به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح آماری کاملاً تصادفی با ۱۳ تیمار، سه تکرار و هر تکرار حاوی سه گیاه، در مجموع ۱۱۷ گیاه اجرا شد. تیمارها شامل اثرمتقابل محلول‌پاشی با پرولین و گلایسین‌بتائین هر کدام با دو غلظت ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر و اعمال تنش خشکی ۲۵، ۵۰ و ۷۵ درصد ظرفیت زراعی بود. اعمال تیمارهاحدود یک ماه پس از کاشت قلمه‌های ریشه‌دار شده در بستر مناسب، انجام و نمونه‌برداری و ارزیابی صفات مورد نظر نیز در زمان تشکیل جوانه‌های گل صورت گرفت. مورفوفیزیولوژیک و آنزیمی گیاه مانند وزن تر و خشک اندام هوایی و ریشه، شاخص ثبات غشاء سلول، آنتوسیانین گلبرگ، کلروفیل کل برگ، پرولین، پروتئین، فعالیت آنزیم‌های سوپراکسید دیسموتاز و پراکسیداز و ماندگاری گل روی بوته ارزیابی گردید. نتایج نشان داد بیشترین وزن تر و خشک اندام هوایی و ریشه، شاخص ثبات غشاء سلول، میزان پروتئین، فعالیت آنزیم‌های سوپراکسید دیسموتاز و پراکسیداز و ماندگاری گل روی بوته در تیمار Control و بیشترین و کمترین میزان پرولین به ترتیب در تیمار DS 75% Fc+GB50ppm و Control بود. همچنین بیشترین ماندگاری گل روی بوته با ۸/٦ روز مربوط به تیمار Control و کمترین ماندگاری گل روی بوته با ٤/۳ روز مربوط به تیمار DS 75% Fc+GB50ppm بود.

کلمات کلیدی: پرولین، پراکسیداز، سوپراکسید دیسموتاز، شمعدانی، گلایسین‌بتائین.

Abstract

This study for evaluation the effect of glycine betaine and proline on some morphophysiological, enzymatic, growth and flowering characteristics in *Pelargonium* spp. in drought stress, in factorial experiment in a completely randomized design with 13 treatments, 3 replication and each treatment with 3 plant, a total 117 plant were conducted. Treatments includ reaction between glycine betaine and proline spray each on by two concentration 50 and 100 ppm and drought stress 25, 50 and 75 field capacity, done. Apply the treatments about one month after planting rootstock cuttings in a suitable media, done and sampling and evaluation of the desired traits were also performed at the time of formation of flower buds. Morphophysiological and enzymatic traits of the plant such as air and root fresh weight, air and root dry weight, cell membrance stability index, anthocyanine of petals, total chlorophyll of leaves, proline, protein, superoxide dismutase and peroxidase activity and flower life on plant were evaluated. The results showed that Control had the most effect on the improvement of traits such as air and root fresh weight, air and root dry weight, cell membrance stability index, anthocyanine of petals, total chlorophyll of leaves, protein, superoxide dismutase and peroxidase activity and flower life on plant and highest nnd lowest proline respectively in DS 75% Fc+GB50ppm and Control, done. Also Control treatment with 8.6 days was highest and DS 75% Fc+GB50ppm treatment with 4.3 days had the least flower life on plant.

Keywords: Glycine betaine, *Pelargonium* spp., Peroxidase, Proline, Superoxid dismutase.

مقدمه و کلیات

شمعدانی گیاهی متعلق به گیاهان گل‌دار، چندساله علفی و همیشه‌سبز است که شامل ۳۰۰ گونه و دارای ۵ تا ٦ هزار رقم است و همگی در جنس پلارگونیوم قراردارند(خلیقی، ۱۳۷٤). موطن اصلی شمعدانی شامل مناطق آفریقای‌جنوبی، استرالیا، شمال نیوزلند، جنوب ماداگاسکار، شرق آفریقا، یمن، آسیای صغیر، قسمتی از ایرلند و جنوب اقیانوس اطلس است. اکثر شمعدانی‌ها در اروپا و شمال آمریکا کاشته می‌شوند(وزیری‌الهی، ۱۳۷٤). در کل شرایط آب و هوایی مطلوب برای رشد و نمو شمعدانی، آب و هوای معتدل و مدیترانه‌ای است. شمعدانی‌ها بسته به گونه اغلب تمام مدت بهار، تابستان و مقداری از پاییز را گل می‌دهد. از نظر طول روز همه شمعدانی‌ها روز خنثی بوده و سرعت نمو گل وابسته به انرژی نوری دریافت شده(اعم از شدت و طول دوره روشنایی) در دمای مناسب است که سطح برگ در آن مؤثر می‌باشد و حداقل ۱۵ گره قبل از گلدهی باید تشکیل شده باشد(Dole and Wilkins, 1999). انتخاب و آماده‌سازی یک محیط کشت مناسب رمز موفقیت در تولید شمعدانی است. pH مناسب برای آن ٦ – ۵/٦ بوده و یک خاک خوب باغ، محلی مناسب برای آن است. خاک گلدان آن باید زه‌کشی کافی داشته و مخلوطی از سه قسمت خاک لوم، یک قسمت کود دامی پوسیده و یک قسمت ماسه برای آن مناسب است(قاسمی‌قهساره و کافی، ۱۳۸٦). گیاهان در دوره رشد نمو خود با انواع تنش‌های محیطی مواجه می‌گردند، این تنش‌ها شانس نمو و بقای گیاهان را محدود می‌کنند. در مجموع تنش یعنی شرایط نامناسب برای رشد و نمو موجود زنده، که حتماً مرگ سریع را برای آن در پی نداشته و بطور دائم یا موقت در یک محل صورت گرفته و بر عملکردهای حیاتی موجود زنده اثر داشته باشد. تنش خشکی از جمله تنش‌های محیطی مهم است که با تاثیرگذاری بر رشد و نمو گیاهان می‌تواند منجر به کاهش رشد و عملکرد گیاهان شود(کافی و همکاران، ۱۳۸۸). گیاه با تجمع پرولین، پلی‌آمین، ترهالوز، افزایش فعالیت آنزیمی نیترات ردوکتاز، افزایش ذخیره‌سازی کربوهیدرات‌ها و پروتئین‌سازی می‌تواند در برابر تنش ایجاد شده مقاومت کند. از دیگر اثرات خشکی در گیاهان مختلف می‌توان به کاهش فتوسنتز و اختلالات روزنه‌ای، تاثیر در الگوی ساخت پروتئین‌ها، کاهش تولید ماده خشک و کاهش عملکرد ماده خشک و اسانس در این گیاهان اشاره نمود. گیاهان تحت تنش در برابر تأثیرات مخرب رادیکال‌های آزاد اکسیژن به وسیلهٔ آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی کاتالاز، آسکوربات پراکسیداز، گایاکول پراکسیداز) محفاظت می‌شوند و در واقع این سیستم آنتی‌اکسیدانی موجب تحمل گیاهان به تنش می‌شود(Pan *et al*., 2006). پرولین یک ایمونو اسید(و نه آمینواسید) و ترکیب منحصر به فرد در ساختمان پروتئین‌ها است. در واقع به جز پرولین، همه اسیدهای آمینه در مولکول خود یک گروه آمینی و کربوکسیلی دارند که به واسطه اتصال به کربن آلفا α– اسیدآمینه خوانده می‌شود. پرولین در گیاهان نقش عمده‌ای در کاهش اثرات تنش‌ها دارد(حسن‌زاده فرد و همکاران، ۱۳۹۲). گلایسین‌بتائین یک ترکیب آمفوتریک است که از نظر الکتریکی خنثی و در pH متفاوت فیزیولوژیک فعالیت دارد. این ماده دارای قدرت حل‌شوندگی بالا بوده و دارای یک بخش هیدروکربن غیرقطبی است که شامل سه دسته متیل می‌باشد. خصوصیت مولکول گلایسین بتائین مانند ترکیب‌های پروتئینی و آنزیمی به آن اجازه می‌دهد که با ماکرومولکول‌های آبدوست و چربی‌دوست واکنش

نشان دهد. مطالعات آزمایشگاهی نشان داده که گلایسین بتائین موجب پایداری و استحکام ساختار و فعالیت آنزیمی و ترکیب‌های پروتئینی شده و پایداری دیواره سلولی در مقابل اثرات آسیب‌رسانی بیش از حد نمک، سرما، گرما و یخ‌زدگی از جمله فعالیت‌های آن به شمار می‌رود(Savari *et al.*, 2009). تاکنون تحقیقات متعددی در مورد کاربرد پرولین و گلایسین‌بتائین در گیاهان زینتی جهت مهار اثرات تنش‌ها انجام شده است. رستگار و همکاران در سال ۱۳۹۵ آزمایشی به منظور مطالعه اثرهای تنش خشکی بر رشد رویشی و تغییرات بیوشیمیایی شش گونه زینتی شامل نیلوفر درختچه‌ای (*Ipomoeacarnea*)، پانسانیا(*Delonix regia*)، شاهپسند درختچه‌ای(*Lantana camara*)، کاغذی (*Bougainvillea glabra*)، ناترک(*Dodonaea viscosa*) و شمشاد اهوازی(*Clerodendron inerme*) انجام دادند. آزمایش به صورت فاکتوریل، در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار به مرحله اجرا در آمد. تنش خشکی از طریق توقف آبیاری، شروع و تا پژمردگی برگ‌ها ادامه یافت. نمونه‌های شاهد بطور منظم، آبیاری گردید. در نهایت میزان رشد شاخساره، محتوای نسبی آب برگ، محتوای رنگدانه‌ای(کلروفیل b، a و کارتنوئید) و پرولین نمونه‌های شاهد و تنش دیده اندازه‌گیری شد. بر اساس نتایج بدست آمده، تنش خشکی رشد رویشی گیاه را در بیشتر گونه‌های مورد بررسی کاهش داد. رشد طولی ناترک نسبت به سایر گونه‌ها کمتر تحت تاثیر قرارگرفت. محتوای نسبی آب برگ، محتوای رنگدانه‌ای (کلروفیلb، a و کارتنوئید) در تمام گونه‌های تیمار شده نیز کاهش معنی‌داری نسبت به شاهد نشان داد. نیلوفر درختچه‌ای و ناترک اختلاف کلروفیل کمتری نسبت به شاهد نشان دادند. در تمام گونه‌ها، میزان پرولین بطور قابل توجهی در پاسخ به خشکی افزایش یافت. پانسانیا و شاهپسند بیشترین افزایش محتوای پرولین را نشان دادند. به طور کلی واکنش گیاهان به تنش خشکی بسته به نوع گیاه متفاوت بود. پاسخ برخی به صورت کاهش رشد در حالیکه در برخی محتوای کلروفیل کاهش می‌یافت. همچنین ابراهیمی و همکاران در سال ۱۳۹٦ آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار انجام دادند. فاکتورهای مورد مطالعه شامل تنش خشکی در چهار سطح(به ترتیب ۸۰، ٦۰، ٤۰ و ۲۰ درصد آب قابل استفاده خاک) و دو تیپ گیاه همیشه‌بهار(تیپ دارویی و تیپ زینتی) بود. نتایج آزمایش نشان داد که با افزایش تنش، از میزان فعالیت آنزیم آسکوربات پروکسیداز کاسته شد و فعالیت دو آنزیم سوپراکسیددسموتاز و کاتالاز نیز در ابتدا افزایش و سپس کاهش یافت. تجمع بیش از حد گونه‌های اکسیژن فعال(ROS) و ناکارآمدی سیستم آنتی‌اکسیدانی گیاه در مواجهه با آن احتمالا دلیل کاهش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان در بالاترین سطح تنش بوده است. میزان پرولین با افزایش تنش افزایش یافت، به طوری که در بالاترین سطح تنش از ٤ برابر شاهد نیز بیشتر بود. با افزایش خشکی، میزان کاروتنوئیدها، کلروفیل a و b نیز به دلیل خسارت به غشاهای کلروپلاستی کاهش یافت. تنش خشکی علاوه بر خسارت به غشاء سلولی که سبب افزایش میزان MDA شد، کارایی فتوسیستم II را نیز کاهش داد. تنش خشکی همچنین وزن خشک(۲۷٪)، ارتفاع (۳۲٪)، تعداد شاخه جانبی(۳۳٪)، تعداد گل (۵۰٪) و عملکرد گل(٦۰٪) همیشه‌بهار را نیز کاهش داد. همچنین مشخص شد که پتانسیل تولید گل تیپ

دارویی همیشه‌بهار(۸۲٤/۳کیلوگرم در هکتار) از تیپ زینتی آن(٦٥٤/۹ کیلوگرم در هکتار) بیشتر است. در کل می‌توان نتیجه گرفت که سیستم آنتی‌اکسیدانی آنزیمی همیشه‌بهار از توانایی خوبی برای کاهش اثرات نامطلوب تنش خشکی برخوردار است. از این رو چنانچه فعالیت آنتی‌اکسیدانی همیشه‌بهار به نحوی افزایش یابد، احتمالاً توانایی این گیاه برای کاهش اثرات ناشی از تنش خشکی افزایش یافته و ممکن است منجر به بهبود عملکرد آن شود. مرتضایی‌نژاد و جزی‌زاده در سال ۱۳۹٦ تحقیقی به منظور ارزیابی اثر تنش خشکی بر شاخص‌های فیزیولوژیک و مورفولوژیک گیاه دارویی کاسنی جهت معرفی در فضای سبز شهری، در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ٤ تیمار تنش خشکی شامل ۹۰، ۷۵،٦۰ و ٤٥ درصد ظرفیت زراعی، در ۳ تکرار در خزانه اجرا نمودند. نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تنش خشکی بر تمام صفات مورفولوژیک و فیزیولوژیک مورد اندازه‌گیری در این پژوهش در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد. تنش خشکی موجب افزایش محتوای پرولین، آنتوسیانین گل، آنتوسیانین برگ، میزان کارتنوئید و کاهش محتوای کلروفیل a، b و کل در سطح تیمار تنش ٤٥ درصد گردید. با افزایش شدت تنش از میزان عملکرد زیست توده(وزن تر و خشک اندام هوایی) در گیاه کاسته شد. تمام صفات مورفولوژیک مورد بررسی که شامل ارتفاع گیاه، طول برگ، تعداد برگ، قطرگل، تعداد گل، زمان ظهور گل، طول دوره گلدهی و زمان ظهور تمام گل بود، با افزایش شدت تنش کاهش یافت و تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد مشاهده نشد. نتایج حاصل از پژوهش مورد نظر حاکی از مقاومت نسبی این گیاه به تنش خشکی و تامین کننده اهداف مورد نظر در زیباسازی فضای سبز شهری بود. همچنین درویژه و همکاران در سال ۱۳۹٦ تحقیقی جهت بررسی اثر محلول‌پاشی پرولین بر عملکرد کمی و کیفی بابونه آلمانی در شرایط تنش کم آبی انجام دادند. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با دو فاکتور تنش کم آبی(صفر، ۲۵ ، ۵۰ و ۷۵ تخلیه از حد ظرفیت زراعی) و محلول‌پاشی پرولین(صفر، ۵۰ و ۱۰۰ میلی گرم در لیتر) و با سه تکرار انجام شد. مقدار پرولین درون‌زاد، فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی مانند کاتالاز، آسکوربات پراکسیداز و پراکسیداز، میزان کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل، کلروفیل a/b و کارتنوئیدها اندازه‌گیری شدند. نتایج نشان داد که، کم آبی به تنهایی روی مقدار کلروفیل a، فعالیت کاتالاز، پراکسیداز، آسکوربات پراکسیداز و پرولین درون‌زاد تاثیر معنی‌دار داشت. همچنین کاربرد پرولین برون‌زاد بر همه ویژگی‌های اندازه‌گیری شده تاثیر معنی‌دار داشت. در این آزمایش کلروفیل a، کلروفیل کل، کلروفیل a/b، فعالیت کاتالاز و پراکسیداز تحت تاثیر معنی‌دار برهمکنش کم آبی و کاربرد پرولین قرارگرفت. مقایسه میانگین اثر متقابل تنش کم آبی و پرولین نشان داد که، بیشترین مقدار کلروفیل a، کلروفیل کل و کلروفیل a/b مربوط به تیمار ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر پرولین در شرایط عدم تنش(شاهد) بود. هم چنین بیشترین میزان آنزیم کاتالاز و پراکسیداز در تنش خشکی ۷۵ درصد ظرفیت زراعی با کاربرد ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر پرولین بدست آمد. نتایج نشان داد که با افزایش شدت کم آبی فعالیت آنزیم‌های کاتالاز، آسکوربات پراکسیداز، پراکسیداز و میزان پرولین زیاد شده، در حالی که مقدار کلروفیل برگ‌ها کاهش می‌یابد. همچنین مشاهد شد که

افزایش شدت کمبود آب مقدار پرولین درون‌زاد را هم بیشتر می‌کند که یک پاسخ دفاعی در برابر کمبود آب می‌باشد. در کل افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان در کنار افزایش مقدار پرولین درون‌زاد در شرایط کم آبی و با کاربرد پرولین برون‌زاد بیانگر آن است که کاربرد پرولین برون‌زاد می‌تواند اثرات نامطلوب کم آبی را تا حدودی جبران کند. با توجه به تحقیقات انجام شده، این آزمایش جهت ارزیابی اثر پرولین و گلایسین‌بتائین بر برخی خصوصیات مورفوفیزیولوژیک، آنزیمی، رشد و گلدهی شمعدانی(*Pelargonium* spp.) تحت تنش خشکی، طراحی و اجرا گردید.

فرآیند پژوهش

این پژوهش در گلخانه‌ای تجاری با دمای حدود ۱۷ تا ۲۰ درجه سانتیگراد، رطوبت نسبی حدود ٦۰ تا ۷۰ درصد و شدت نور حدود ٦۰ تا ۷۰ میکرومول بر مترمربع در ثانیه در شهرستان کرج در بهار و تابستان سال ۱۳۹۷ انجام شد. قلمه‌های گل‌های شمعدانی رقم *Pelargonium peltatum* در بهار به تعداد مورد نیاز در گلخانه انتخاب گردید. گلایسین‌بتائین و پرولین نیز از شرکت Sigma خریداری شد. آزمایش بصورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با دو عامل اعمال تنش خشکی(شاهد، ۲۵، ۵۰ و ۷۵ درصد ظرفیت زراعی) به عنوان عامل اصلی و محلول‌پاشی با پرولین و گلایسین‌بتائین(هر کدام با دو سطح ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر) به عنوان عامل فرعی و اثرمتقابل آنها طراحی و اجرا می‌گردد. آزمایش شامل ۱۳ تیمار و هر کدام با ۳ تکرار، هر تکرار حاوی ۳ گیاه و در مجموع ۱۱۷ گلدان است. اعمال تیمارها حدود یک ماه پس از کاشت قلمه‌های ریشه‌دار شده در بستر مناسب، انجام و نمونه‌برداری و ارزیابی صفات مورد نظر نیز در زمان تشکیل جوانه‌های گل صورت گرفت. صفات مورد ارزیابی به شرح زیر است:

وزن تر اندام هوایی و ریشه: در این آزمایش وزن تر اندام هوایی و ریشه در روز معین توسط ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۱ توزین شد(Clickle 2002 and Reid,).

وزن خشک اندام هوایی و ریشه: در این آزمایش وزن خشک اندام هوایی و ریشه در روز معین پس از ۷۲ ساعت قرارگیری در دمای ٦۰ درجه‌سانتیگراد، توسط ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۱ توزین شد(Clickle and Reid, 2002).

آنتوسیانین گلبرگ: سنجش محتوای آنتوسیانین گلبرگ‌ها با استفاده از ۰/۵ گرم گلبرگ که به کمک محلول استخراج متانول و اسیدکلریدریک ۱ نرمال با استفاده از اسپکتروفتومتردر دو طول موج ۵۳۰ و ٦۵۷ نانومتر قرائت و آنتوسیانین موجود در گلبرگ‌ها توسط فرمول زیر محاسبه شد(Meng and Wang, 2004).

A: میزان جذب نور

آنتوسیانین گلبرگ = $A_{530} - 1/4\ A_{657}$

کلروفیل کل برگ: اندازه‌گیری محتوای کلروفیل کل برگ نیز از روش Arnon در سال ۱۹٤۹ با سائیدن قطعات ۰/۳ گرمی از برگ در حلال استون ۸۰ درصد و قرائت جذب در طول موج‌های ٦٤۵ و ٦٦۳ بدست آمد. محاسبه محتوای کلروفیل کل برگ نیز از فرمول زیر انجام و در نهایت بصورت میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ بیان شد.

A: میزان جذب نور V: حجم استون نهایی

کلروفیل کل برگ= $20/2(A645\ nm) + 8/02\ (A645\ nm)$

پرولین: اندازه‌گیری پرولین به روش (Bates *et al.*, 1973) پس از آماده‌سازی محلول با دستگاه

اسپکتروفتومتر در طول موج ۵۲۰ نانومتر قرائت انجام شد.

پروتئین: سنجش محتوای پروتئین گلبرگ با استفاده از روش Bradford(۱۹۷٦) انجام و جذب در طول موج ۵۹۵ نانومتر یادداشت شد. برای تعیین مقادیر پروتئین از منحنی استاندارد حاصل از غلظت‌های معین پروتئین استفاده گردید.

آنزیم سوپراکسید دیسموتاز: عصاره آنزیم بر اساس روش Ezhilmathi و همکاران در سال ۲۰۰۷ از یک گرم گلبرگ به دست آمد و سپس فعالیت آنزیم بر اساس بازداشتن احیاء فتوشیمیایی Nitro-blue tetrazolium (NBT) به روش Bayer and Fridovich در سال ۱۹۸۷ اندازه‌گیری شد.

آنزیم پراکسیداز: عصاره آنزیم بر اساس روش Ezhilmathi و همکاران در سال ۲۰۰۷ از یک گرم برگ با بافر استخراج شامل بافر فسفات ۰/۱M(۱۰۰mM) با pH7.5 و 0.5mM Na_2-EDTA و اسیدآسکوربیک ۵۰ mM انجام شد. در نهایت نیز فعالیت آنزیم برحسب تغییرات جذب نمونه‌ها در ۵۳۰nm در دقیقه به ازای هر گرم وزن تر گزارش گردید(Putter, 1974).

ماندگاری گل روی بوته: ماندگاری گل‌ها روی بوته از زمان باز شدن گل‌ها و نمایان شدن رنگ تا پژمردگی، رنگ‌پریدگی و ریزش گل‌ها محاسبه و به صورت روز بیان گردید(Ezhilmathi, [2007]).

تجزیه و تحلیل داده‌ها: داده‌های حاصل از آزمایش وارد نرم‌افزارExcel شد. سپس آنالیز داده‌ها توسط نرم‌افزار آماری SPSS انجام و مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۱٪ و ۵٪ ارزیابی شد. رسم نمودارها نیز با استفاده نرم‌افزار Excel انجام شد.

نتایج و بحث

آنالیز آماری صفات مورد ارزیابی نشان داد که اثر تیمار بر وزن تر و خشک اندام هوایی و ریشه، میزان پرولین و پروتئین، فعالیت آنزیم‌های سوپراکسید دیسموتاز و پراکسیداز و ماندگاری گل روی بوته در غلظت‌های مختلف تیماری در سطح ۱٪ و اثر تیمارهای مختلف آزمایش بر محتوای آنتوسیانین گلبرگ کلروفیل کل برگ در سطح ۵٪ معنی‌دار شد.

وزن تر اندام هوایی و ریشه: تیمار Control با ٦٦/۷۸ گرم، بیشترین و تیمار DS 75% Fc+GB50ppm با ٤۹/۲۳ گرم، کمترین وزن تر اندام هوایی و تیمار Control با ۱۵/٤۱ گرم، بیشترین و تیمار DS 75% Fc+GB50ppm با ۱۱/۰۲ گرم، کمترین وزن تر ریشه را داشتند. نتایج حاصل از پژوهش با یافته‌های درویژه و همکاران(۱۳۹٦) پیرامون بررسی اثر محلول‌پاشی پرولین بر عملکرد کمی و کیفی بابونه آلمانی در شرایط تنش کم آبی، مرتضایی‌نژاد و جزی‌زاده(۱۳۹٦) پیرامون ارزیابی اثر تنش خشکی بر شاخص‌های فیزیولوژیک و مورفولوژیک گیاه دارویی کاسنی و اسلامی و همکاران(۱۳۹۰) پیرامون بررسی تأثیر گلایسین‌بتائین بر مراحل جوانه‌زنی و رشد رویشی آفتابگردان و سویا در شرایط تنش‌خشکی، مطابقت داشت.

وزن خشک اندام هوایی: تیمار Control با ۸/٤۲ گرم، بیشترین و تیمار DS 75% Fc+GB50ppm با ٤/۷۷ گرم، کمترین وزن خشک اندام هوایی و تیمار Control با ۳/۳۸ گرم، بیشترین و تیمار DS 75% Fc+GB50ppm با ۱/۰۵۹۲ گرم، کمترین وزن خشک ریشه را داشتند. نتایج حاصل از پژوهش با یافته‌های کدخدایی و همکاران(۱۳۹٤) پیرامون بررسی نقش گلایسین‌بتائین در افزایش مقاومت به خشکی گیاه

سورگم تحت تیمارهای مختلف تنش خشکی، میری و ضمانی‌مقدم(۱۳۹۳) پیرامون بررسی اثر محلول‌پاشی گلایسین‌بتائین بر گیاه ذرت تحت شرایط تنش خشکی و نوروزی‌باروق و زاهدی(۱۳۹۲) پیرامون بررسی تاثیر محلول‌پاشی پرولین و گلایسین‌بتائین بر عملکرد و راندمان مصرف آب آفتابگردان در سطوح مختلف رطوبت خاک، مطابقت داشت.

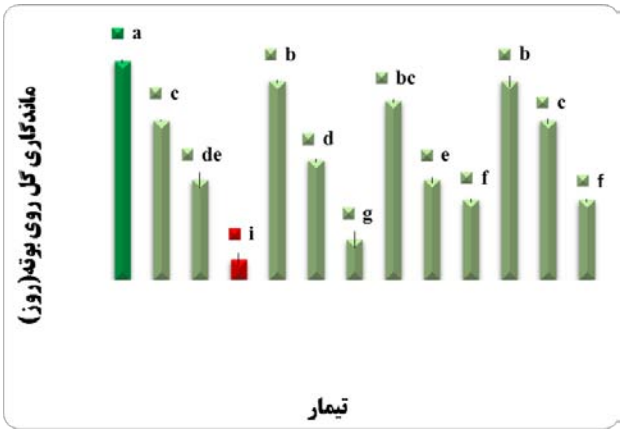
آنتوسیانین گلبرگ و کلروفیل کل برگ: تیمار Control با ۲/۸۳۷۲ میلی‌گرم در گرم وزن تر، بیشترین و تیمار DS 75% Fc+P50ppm با ۱/۷۷۳۷ میلی‌گرم در گرم وزن تر، کمترین آنتوسیانین گلبرگ و تیمار Control با ۱۵/۲۱۸۷ میلی‌گرم در گرم وزن تر، بیشترین و تیمار DS 75% Fc+P50ppm با ۱۱/۱۶۳۲ میلی‌گرم در گرم وزن تر، کمترین کلروفیل کل برگ را داشتند. نتایج حاصل از پژوهش با یافته‌های اسلامی و همکاران(۱۳۹۰) پیرامون بررسی تأثیر گلایسین‌بتائین بر مراحل جوانه‌زنی و رشد رویشی آفتابگردان و سویا در شرایط تنش‌خشکی، رستگار و همکاران(۱۳۹۵) پیرامون مطالعه اثرهای تنش خشکی بر رشد رویشی و تغییرات بیوشیمیایی شش گونه زینتی شامل نیلوفر درختچه‌ای (*Ipomoeacarnea*)، پانسانیا(*Delonix regia*)، شاهپسند درختچه‌ای(*Lantana camara*)، کاغذی (*Bougainvillea glabra*)، ناترک(*Dodonaea viscosa*) و شمشاد اهوازی(*Clerodendron inerme*) و میری و ضمانی‌مقدم(۱۳۹۳) پیرامون بررسی اثر محلول‌پاشی گلایسین‌بتائین بر گیاه ذرت تحت شرایط تنش خشکی، مطابقت داشت.

پرولین و پروتئین: تیمار DS 75% Fc+GB50ppm با ۳/۸۴ میلی‌گرم در گرم وزن تر، بیشترین و تیمار Control با ۱/۶۷ میلی‌گرم در گرم وزن تر، کمترین میزان پرولین و تیمار Control با ۵۴/۳۲ میکروگرم بر میلی‌گرم وزن تر، بیشترین و تیمار DS 75% Fc+GB50ppm با ۴۸/۱۲ میکروگرم بر میلی‌گرم وزن تر، کمترین میزان پروتئین را داشتند. نتایج حاصل از پژوهش با یافته‌های درویژه و همکاران(۱۳۹۶) پیرامون بررسی اثر محلول‌پاشی پرولین بر عملکرد کمی و کیفی بابونه آلمانی در شرایط تنش کم آبی، اسلامی و همکاران(۱۳۹۰) پیرامون بررسی تأثیر گلایسین‌بتائین بر مراحل جوانه‌زنی و رشد رویشی آفتابگردان و سویا در شرایط تنش‌خشکی و ابراهیمی و همکاران(۱۳۹۶) پیرامون تأثیر تنش خشکی بر دو تیپ گیاه همیشه بهار (تیپ دارویی و تیپ زینتی)، مطابقت داشت.

آنزیم‌های سوپراکسید دیسموتاز و پراکسیداز: تیمار Control با ۲/۹۷ واحد آنزیم بر گرم وزن تر، بیشترین و تیمار DS 75% Fc+GB50ppm با ۱/۵۹ واحد آنزیم بر گرم وزن تر، کمترین فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز و تیمار Control با ۱۶/۲۵ واحد آنزیم بر گرم وزن تر، بیشترین و تیمار DS 75% Fc+GB50ppm با ۱۳/۲۷ واحد آنزیم بر گرم وزن تر، کمترین فعالیت آنزیم پراکسیداز را داشتند. نتایج حاصل از پژوهش با یافته‌های میری و ضمانی‌مقدم (۱۳۹۳) پیرامون بررسی اثر محلول‌پاشی گلایسین‌بتائین بر گیاه ذرت تحت شرایط تنش خشکی، کدخدایی و همکاران(۱۳۹۳) پیرامون بررسی نقش گلایسین‌بتائین در افزایش مقاومت به خشکی گیاه کلزا تحت تیمارهای مختلف تنش رطوبتی و مرتضایی‌نژاد و جزی‌زاده(۱۳۹۶) پیرامون ارزیابی اثر تنش خشکی بر شاخص‌های

فیزیولوژیک و مورفولوژیک گیاه دارویی کاسنی، مطابقت داشت.

ماندگاری گل روی بوته: تیمار Control با ۸/٦ روز، بیشترین و تیمار DS 75% Fc+GB50ppm با ۵/۳ روز، کمترین ماندگاری گل روی بوته را داشتند. نتایج حاصل از پژوهش با یافته‌های نوروزی‌باروق و زاهدی(۱۳۹۲) پیرامون بررسی تاثیر محلول‌پاشی پرولین و گلایسین‌بتائین بر عملکرد و راندمان مصرف آب آفتابگردان در سطوح مختلف رطوبت خاک و ابراهیمی و همکاران(۱۳۹٦) پیرامون تأثیر تنش خشکی بر دو تیپ گیاه همیشه‌بهار(تیپ دارویی و تیپ زینتی)، مطابقت داشت.



نمودار: تغییرات ماندگاری گل شمعدانی(*Pelargonium* spp.) روی بوته

Fig: The longevity variations of *Pelargonium* spp. Flowers on plants

تنش خشکی از جمله تنش‌های محیطی مهم موثر در رشد و نمو گیاهان است که می‌تواند منجر به کاهش رشد و عملکرد گیاهان شود. از دیگر اثرات خشکی در گیاهان مختلف می‌توان به کاهش فتوسنتز و اختلالات روزنه‌ای، تاثیر در الگوی ساخت پروتئین‌ها، کاهش تولید ماده خشک و کاهش عملکرد ماده خشک و اسانس در گیاهان اشاره کرد. گیاهان تحت تنش در برابر اثرات مخرب رادیکال‌های آزاد اکسیژن به وسیلهٔ آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی کاتالاز، آسکوربات پراکسیداز، گایاکول پراکسیداز) محفاظت می‌شوند و در واقع این سیستم آنتی‌اکسیدانی موجب تحمل گیاهان به تنش می‌شود (Pan *et al*., 2006). گلایسین‌بتائین و پرولین دارای اثرات مثبتی روی آنزیم‌ها و استحکام غشاء همراه با نقش‌های تطبیقی به واسطه‌ی تنظیم اسمزی در گیاهان رشد یافته تحت تنش هستند. بیشتر مطالعات رابطه‌ی مثبت بین تجمع گلایسین‌بتائین و پرولین و مقاومت به تنش در گیاه را نشان دادند. در اغلب گیاهانی تا حدی پرولین و گلایسین‌بتائین بیشتری نسبت به دیگر گیاهان تولید می‌کنند، افزایش قابل توجهی در رشد و عملکرد نهایی محصول در شرایط تنش مشاهده می‌شود(حسن‌زاده فرد وآروین، ۱۳۹۲).

نتیجه‌گیری کلی

نتایج حاصل از پژوهش نشان داد که بیشترین وزن تر و خشک اندام هوایی و ریشه، شاخص ثبات غشاء سلول، میزان پروتئین، فعالیت آنزیم‌های سوپراکسید دیسموتاز و پراکسیداز و ماندگاری گل روی بوته در تیمار Control بود. بیشترین و کمترین میزان پرولین به ترتیب در تیمار DS 75% Fc+GB50ppmو Control بود. همچنین بیشترین ماندگاری گل روی بوته با ۸/٦ روز مربوط به تیمار Control و کمترین ماندگاری گل روی بوته با ٤/۳ روز مربوط به تیمار DS 75% Fc+GB50ppm بود.

منابع

۱) ابراهیمی، م، زمانی، غ ر و. ز، علیزاده. ۱۳۹٦. مطالعه اثر تنش خشکی بر صفات فیزیولوژیک و عملکردی همیشه بهار(*Calendula officinalis* L.). تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران. دوره ۳۳. شماره ۳.

۲) اسلامی، س و، بهدانی، م ع، سیاری‌زهان، م ح و. م، امیدوار. ۱۳۹۰. تأثیر گلایسین‌بتائین بر مراحل جوانه‌زنی و رشد رویشی گیاهان آفتابگردان(*Helianthus annuus* L.) و سویا(*Glycine max* L.) تحت شرایط تنش‌های شوری، خشکی و سرما. پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد. دانشگاه بیرجند.

۳) حسن‌زاده فرد، ش و. م ج، آروین. ۱۳۹۲. نقش گلایسین بتائین و پرولین در افزایش مقاومت به خشکی با تأکید بر جنبه های کاربردی آن. اولین همایش ملی علوم کشاورزی با تاکید بر تنش های غیرزیستی.

٤) خلیقی، ا. ۱۳۷٤. گلکاری و پرورش گیاهان زینتی ایران. انتشارات روزبهان، تهران. ۳۹۲ صفحه.

۵) درویژه، ح، زواره، م و. ق، محمودنژاد. ۱۳۹٦. تاثیر محلول‌پاشی پرولین بر ویژگی‌های بیوشیمیایی بابونه آلمانی(*Matricaria chamomilla* L.) در شرایط تنش آبی. دوفصلنامه تحقیقات کاربردی اکوفیزیولوژی گیاهی. دوره ٤. شماره ۱.

٦) رستگار، س، ذاکری، ا و. ب، ذاکری. ۱۳۹۵. اثرتنش خشکی بر رشد رویشی و تغییرات بیوشیمیایی شش گونه زینتی گرمسیری، فرآیند و کارکرد گیاهی. جلد ۵. شماره ۱٦.

۷) کافی، م و. م، قاسمی‌قهساره. ۱۳۸٦. گلکاری علمی و عملی. انتشارات آییژ تهران.

۸) کافی، م. برزوئی، ا. صالحی، م.کمندی، ع. معصومی، ع و. ج، نباتی. ۱۳۸۸. فیزیولوژی تنش‌های محیطی در گیاهان. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۵۰٤ صفحه.

۹) کدخدایی، ه، سودایی‌زاده، ح و. ا، مصلح‌آرانی. ۱۳۹۳. اثر محلول‌پاشی گلایسین بتائین بر رشد و برخی خصوصیات فیزیولوژیک گیاه کلزا تحت تنش خشکی در مزرعه. مهندسی اکوسیستم بیابان. دوره ۳. شماره ٤.

۱۰) کدخدایی، ه، سودائی‌زاده، ح، مصلح‌آرانی، ا و. م ع، حکیم‌زاده. ۱۳۹٤. بررسی نقش گلایسین‌بتائین در افزایش مقاومت به خشکی گیاه سورگم(*Sorghum bicolor* L.) در شرایط مزرعه. تنش‌های محیطی در علوم زراعی، دوره ۹. شماره ۲.

۱۱) مرتضایی‌نژاد، ف و. ا، جزی‌زاده. ۱۳۹٦. اثرات تنش خشکی بر شاخص‌های مورفولوژیک و فیزیولوژیک گیاه کاسنی (*Cichorium intybus*) جهت معرفی در فضای سبز شهری، فرآیند و کارکرد گیاهی. جلد ٦. شماره ۲۱.

۱۲) میری، ح ر و.ع، ضمانی‌مقدم. ۱۳۹۳. کاربرد خارجی گلایسین‌بتائین به منظور کاهش اثرات تنش خشکی در ذرت(*Zea mays* L.). پژوهش‌های زراعی ایران. دانشگاه فردوسی مشهد. جلد ۱۲. شماره ٤.

۱۳) نوروزی‌باروق، ع و. م،، زاهدی. ۱۳۹۲. اثرات محلول‌پاشی پرولین و گلایسین‌بتائین بر واکنش آفتابگردان به تنش خشکی. اولین همایش ملی تنش‌های گیاهی غیرزیستی.

۱٤) وزیری‌الهی، غ ر. ۱۳۷٤. گلکاری عملی. انتشارات روزبهان. صفحه ۲۷۸–۲۸۰.

15) Arnon, D I. 1949. Copper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenoloxidase in vulgaris. Plant Physiol., 24(1):1–15.

16) Bates, L S. Waldren, R P. Teare, I D. 1973. Rapid determination of free proline for water-stress studies. Plant and Soil. Volume 39, pp 205–207.

17) Bayer, W F. and I, Fridovich .1987. Assaying for superoxide dismutase activity: some large consequences of minor changes in condition. Annals Biochem. 161: 559–566.

18) Bradford, M M. 1976. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein dye binding. Analytical Biochemistry. 72: 248-254.

19) Celikel, F G. and M S, Reid. 2002. Postharvest handling of stock(*Matthiola incana*). Hort Sci. 37(1): 144-147.

20) Dole, J M. and F H, Wilkins. 1999. Floriculture, principles and species. Prentice Hal. 613p.

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

22) Meng, X. and Wang, X. 2004. Relation of flower development and anthocyanin accumulation in Gerbera hybride. Hort. Sci. Biotech. 79: 131-137.

23) Pan, Y. Wu, L. and Z, Yu. 2006. Effect of salt and drought stress on antioxidant

enzymes activites and SOD isoenzymes of liquorice (*Glycyrriza uralensis* Fisch). *Plant Growth Regulators*, 301, 564-571.

24) Putter, J. 1974. In: Methods in enzymatic analysis, 2(Ed Bergmeyer, A) Academic press. New York. P. 685.

25) Redman, R S. Freeman, S. Elifton, D R. Morre, D J. Brown, G. and R J, Rodringuez. 1999. Biochemical analysis of plant protection afforded by a non pathogenic endophytic mutant of *Colletotrichum magna*. Plant Physiol. 119: 795-804.

26) Savari, A. Fotokian, M. and M, Barzali. 2009. Evaluation of glycine betaine effects on some agronomic traits of cotton (*Gossypium hirsutum* L.) cultivars under water-droughts stress. Journal of Daneshvar Agronomy Sciences. 1(1), 67-76.