مقاله پژوهشی

نشریه علمی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران | شناسه دیجیتال (DOI): 10.22092/ijmapr.2020.343042.2797

جلد ۳۶، شماره ۶، صفحه ۱۰۵۱-۱۰۳۸ (۱۳۹۹) | شناسه دیجیتال (DOR): 98.1000/1735-0905.1399.36.1038.104.6.1575.41

اثر کاربرد اسید جیبرلیک و اسید سالیسیلیک بر شاخص‌های مورفوفیزیولوژیکی و بازده اسانس گیاه سرخارگل (*Echinacea purpurea* (L.) Moench)

حدیث حسن‌بیگی[۱]، مهدی صیدی[۲*] و میثم محمدی[۳]

۱- فارغ‌التحصیل کارشناسی ارشد گیاهان دارویی، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران

۲*- نویسنده مسئول، دانشیار، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران، پست الکترونیک: M.Saidi@ilam.ac.ir

۳- استادیار، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران

تاریخ دریافت: اردیبهشت ۱۳۹۹ | تاریخ اصلاح نهایی: مهر ۱۳۹۹ | تاریخ پذیرش: آبان ۱۳۹۹

چکیده

به‌منظور بررسی تأثیر محلول‌پاشی اسید جیبرلیک و اسید سالیسیلیک بر شاخص‌های مورفوفیزیولوژیکی، بیوشیمیایی و عملکرد گیاه دارویی سرخارگل *Echinacea purpurea* (L.) Moench این پژوهش طی سال‌های ۱۳۹۷ و ۱۳۹۸ به‌صورت آزمایش فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه ایلام اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل غلظت‌های صفر، ۱۰۰ و ۲۰۰ppm اسید جیبرلیک و اسید سالیسیلیک و همچنین ترکیب آنها بود که به‌صورت محلول‌پاشی طی دوره رشد رویشی روی گیاه سرخارگل طی دو سال زراعی مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج نشان داد که تیمارها در هر دو سال بررسی باعث بهبود شاخص‌های مورد مطالعه در گیاه سرخارگل شدند، به‌طوری که بیشترین ارتفاع بوته، تعداد گل، وزن تر و خشک بوته در سال اول و دوم مربوط به تیمار اسید جیبرلیک ۲۰۰ppm و بیشترین میزان کلروفیل کل و کاروتنوئید در هر دو سال بررسی مربوط به اسید جیبرلیک ۱۰۰ppm بود. همچنین بیشترین قطر کاپیتول و وزن تر و خشک گل در سال اول و بیشترین محتوای آنتوسیانین در سال دوم مربوط به تیمار اسید جیبرلیک ۲۰۰ppm بود. از سویی بیشترین قطر کاپیتول در سال دوم و بیشترین میزان آنتوسیانین سال اول نیز مربوط به اسید سالیسیلیک ۱۰۰ppm بود. علاوه‌براین بیشترین وزن تر و خشک گل در سال دوم نیز مربوط به تیمار اسید سالیسیلیک ۲۰۰ppm بود. بیشترین میزان اسانس گل، اسانس شاخساره و اسانس کل در سال اول و دوم در ترکیب اسید جیبرلیک ۱۰۰ppm و اسید سالیسیلیک ۱۰۰ppm بدست آمد. با توجه به اینکه افزایش عملکرد وزن خشک بوته و همچنین میزان اسانس از مهمترین اهداف این پژوهش هستند، برترین تیمار پیشنهادی در این پژوهش برای افزایش وزن خشک بوته تیمار اسید جیبرلیک ۲۰۰ppm و برای افزایش میزان اسانس ترکیب اسید جیبرلیک ۱۰۰ppm و اسید سالیسیلیک ۱۰۰ppm است.

واژه‌های کلیدی: ارتفاع بوته، اسانس، قطر کاپیتول، محلول‌پاشی، وزن خشک.

مقدمه

گیاهان دارویی با دارا بودن خواص درمانی مختلف از نظر تأمین سلامت جهانی و نیز ارزش اقتصادی و تجارت بین‌المللی حائز اهمیت هستند (Nyalambisa *et al.*, 2017). این گیاهان از دیرباز برای پیشگیری و درمان بیماری‌های مختلف مورد استفاده قرار می‌گرفته‌اند، زیرا منبع گسترده‌ای از مواد طبیعی گیاهی مانند ترکیب‌های فنولی، فلاونوئیدها، آلکالوئیدها و دیگر ترکیب‌های مفید هستند، بنابراین مطالعه در حوزه به‌زراعی گیاهان دارویی امری ضروریست (Mehalaine *et al.*, 2017؛ Ramawat *et al.*, 2009).

سرخارگل با نام علمی *Echinacea purpurea* گیاهی علفی و چندساله از خانواده کاسنیان (Asteraceae) است. این گیاه دارویی از دیرباز توسط بومیان آمریکا برای تقویت سیستم ایمنی بدن مورد استفاده قرار می‌گرفته است (Ghatas & Abdallah, 2016) و در حال حاضر برای مقابله با بیماری‌های عفونی قارچی، باکتریایی، ویروسی (Barnes *et al.*, 2005)، درمان سرماخوردگی، آنفولانزا، سرفه و گلودرد (Yousef *et al.*, 2013) استفاده می‌شود. سرخارگل همچنین برای درمان عفونت‌های مزمن دستگاه تنفسی و دستگاه ادراری (منشأ ویروسی و باکتری) مورد استفاده قرار می‌گیرد (Ghatas & Abdallah, 2016). این گیاه دارویی به‌دلیل خواص ارزشمند و ترکیب‌های بیولوژیکی موجود در گلها، اندام‌های سبز و ریشه‌های آن از نظر اقتصادی دارای اهمیت زیادی است (Wist & Davis, 2006). محصولات تجاری اکیناسه (*Echinacea*) به‌صورت قرص، چای، کپسول، عصاره و سایر فرآورده‌ها برای درمان زخم‌ها، اگزما، سوختگی، تبخال و یا برای درمان عفونت دستگاه تنفسی فوقانی در شروع علائم سرماخوردگی و آنفولانزا کاربرد دارند (Barnes *et al.*, 2005؛ Barrett, 2003). امروزه با شناخت شرایط مطلوب برای رشد بهینه و شناسایی عواملی که در تغییرات کمّی و کیفی گیاهان دارویی مؤثر هستند، می‌توان ضمن کاهش هزینه تولید باعث افزایش درآمد بهره‌برداران گیاهان دارویی شد و گام مهمی در تأمین نیاز صنایع داروسازی کشور برداشت (Yazdani *et al.*, 2014). در نیل به این هدف تنظیم‌کننده‌های رشد به‌دلیل نقش مؤثری که در فعالیت‌های فیزیولوژیکی و فرایندهای بیوشیمیایی گیاه دارند از فاکتورهای مهم در به‌زراعی و افزایش تولید گیاهان محسوب می‌شوند. مطالعات نشان می‌دهد که تیمار اسید جیبرلیک رشد برگی بعضی گیاهان را تشدید می‌کند و گلدهی، تعداد و وزن گل‌های تولیدی را افزایش می‌دهد. این تنظیم‌کننده رشد گیاهی بر کیفیت گل، زمان گلدهی و رشد گل‌ها مؤثر است. در این رابطه تیمار اسید جیبرلیک ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر باعث افزایش عملکرد اسانس، وزن تر و خشک در برگ و ساقه، تعداد گیاهان گل‌دهنده و ارتفاع گیاه اسطوخودوس (*Lavandula officinalis* Chaix.) شد (Hajisamadi *et al.*, 2011). جیبرلین باعث زود گلدهی در گیاهان دوساله که نیاز به یک دوره سرد (نیاز به سرمادهی) دارند، می‌شود. همچنین اثر محرک بر جوانه‌زنی دارد و رشد و تقسیم سلول‌ها را تحریک می‌کند که از این طریق منجر به افزایش سطح برگ و همچنین تعداد برگ‌ها می‌شود (Sajid *et al.*, 2016؛ Shohani *et al.*, 2014). به‌طوری که تیمار اسید جیبرلیک رشد برگی زعفران زراعی (*Crocus sativus* L.) را تشدید می‌کند و گلدهی، تعداد و وزن گل‌های تولیدی را افزایش می‌دهد (Moein & Mortezaeinejad, 2014). کاربرد اسید جیبرلیک در غلظت ۵۰ میلی‌گرم در لیتر نیز موجب دستیابی به حداکثر میزان مواد مؤثره در گیاه استویا (*Stevia rebaudiana* Bertoni.) شد (Sedghi *et al.*, 2018). اسید سالیسیلیک نیز به عنوان یکی دیگر از تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی در گیاهان نقش حفاظتی دارد و سبب افزایش مقاومت به تنش و بهبود عملکرد در گیاهان می‌شود. همچنین القاء گلدهی، رشد و نمو، سنتز اتیلن، تأثیر در باز و بسته شدن روزنه‌ها و تنفس از نقش‌های مهم اسید سالیسیلیک در گیاهان است (Moein & Mortezaeinejad, 2014). مطالعات نشان داد که محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک سبب بهبود ویژگی‌های کمّی، کیفی و عملکرد تنظیم‌کننده‌های اسمزی ریحان در شرایط تنش خشکی شد (Ramroodi & Khamar, 2013). در پژوهشی دیگر مشخص شد که اسید سالیسیلیک می‌تواند

اثرهای نامطلوب تنش شوری را در گیاه برنج کاهش دهد (Jini & Joseph, 2017). همچنین در جهت کاهش اثرهای نامطلوب تنش سرمایی در طی انبارداری کدو تنبل، اسید سالیسیلیک باعث افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان، حفظ یکپارچگی غشاء، جلوگیری از قهوه‌ای شدن بافت میوه و افزایش ماندگاری محصول در انبار شد (Cong *et al.*, 2017). بنابراین با توجه به اهمیت به‌زراعی گیاه سرخارگل و عدم کشت این گیاه دارویی در منطقه ایلام، در این پژوهش اثر تیمارهای اسید جیبرلیک و اسید سالیسیلیک بر عملکرد و برخی ویژگی‌های مورفوفیزیولوژیکی این گیاه دارویی در شرایط مزرعه‌ای شهرستان ایلام و طی دو سال زراعی مورد مطالعه قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

طراحی آزمایش

این پژوهش به‌صورت آزمایش فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار طی سال‌های ۱۳۹۷ و ۱۳۹۸ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه ایلام طراحی و اجرا شد. قبل از کشت نشاءها زمین از علف‌های هرز پاکسازی و به‌طور کامل شخم زده شد. سپس طبق کرت‌بندی انجام شده سیستم آبیاری قطره‌ای توسط نوار تیپ نصب گردید. زمین مورد نظر به ۳ بلوک با فاصله ۱/۵ متر از همدیگر تقسیم شد. هر بلوک دارای ۹ کرت یا واحد آزمایشی بود که هر کرت با کرت مجاور یک متر فاصله داشت (مساحت هر کرت یا واحد آزمایشی ۰/۵ × ۳ متر بود). نشاءهای سه برگی گیاه سرخارگل از شرکت زرین گیاه ارومیه تهیه و با فاصله بین ردیف ۰/۵ متر و روی ردیف ۲۵ سانتی‌متر (جمعاً ۲۴ گیاه در هر کرت آزمایشی) در ۲۶ اردیبهشت ۱۳۹۷ کاشته شدند. اسید جیبرلیک و اسید سالیسیلیک (Merck) نیز از شرکت مریان طب تهیه و بعد محلول‌ها در غلظت‌های مورد نظر توسط آب مقطر تهیه شدند. تیمارهای آزمایش شامل غلظت‌های صفر، ۱۰۰ و ۲۰۰ppm اسید جیبرلیک و اسید سالیسیلیک و ترکیب آنها با همدیگر بود. تیماردهی گیاهان در هر سال ۳ نوبت تکرار شد، به‌طوری که در سال اول ۴، ۸ و ۱۲ هفته (مشاهده اولین غنچه‌ها در مزرعه) پس از استقرار نشاءها در زمین و در سال دوم پس از رسیدن گیاهان به ارتفاع ۲۰ سانتی‌متر و ۴ و ۸ هفته پس از آن (مشاهده اولین غنچه‌ها در مزرعه) به‌صورت محلول‌پاشی بر روی اندام‌های هوایی گیاهان (شاخساره) توسط سمپاش دستی انجام گردید. برای تأثیرگذاری بیشتر و همچنین بدلیل حساسیت جیبرلین به نور، محلول‌پاشی هنگام غروب آفتاب انجام شد. از سوی دیگر برای بررسی دقیق اثر تیمارهای مورد استفاده در این پژوهش به غیر از محلول‌پاشی اسید جیبرلیک و اسید سالیسیلیک هیچ‌گونه کود و سم دیگری مورد استفاده قرار نگرفت. همچنین در دوره رشد سرخارگل در سال اول و دوم آفت و بیماری خاصی مشاهده نشد. در طول دوره رشد گیاه نیز برای رشد مناسب گیاهان زمین به‌طور مرتب وجین و از علف‌های هرز پاکسازی شد. برای اندازه‌گیری صفات از هر کرت آزمایشی پنج بوته به‌صورت تصادفی اتیکت‌گذاری گردید و میانگین صفات مطالعه شده این پنج گیاه برای هر کرت آزمایشی در نظر گرفته شد. برداشت و نمونه‌برداری در هر سال در مرحله گلدهی کامل انجام شد. این زمان در سال اول مصادف با شهریورماه ۱۳۹۷ و در سال دوم تیرماه ۱۳۹۸ بود (در سال اول به‌دلیل کشت نشاء گلدهی با تأخیر انجام شد).

صفات مورد مطالعه

ارتفاع گیاهان در زمان به حداکثر رسیدن رشد و مرحله گلدهی کامل بر حسب سانتی‌متر توسط خط‌کش و قطر کاپیتول گل‌ها نیز در قسمت وسط آن (قطورترین قسمت کاپیتول) با کولیس دستی با دقت ۰/۰۲ اندازه‌گیری شد. تعداد گل در بوته‌های سرخارگل در مرحله گلدهی کامل برای پنج بوته از هر واحد آزمایشی شمارش گردید. برای اندازه‌گیری وزن تر و خشک گل از بوته‌های اتیکت‌گذاری شده نیز در مرحله گلدهی کامل تعداد مساوی گل از هر بوته از قسمت میانی بوته‌ها جدا و وزن تر آنها با ترازوی

دیجیتال با دقت ۰/۰۱ گرم اندازه‌گیری شد. سپس نمونه‌ها به مدت ۴۸ ساعت به آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد منتقل و پس از آن وزن خشک آنها با ترازو اندازه‌گیری شد. همزمان بوته‌ها نیز از بالای طوقه برداشت و با قیچی باغبانی به قطعات کوچکتر تقسیم و بلافاصله وزن تر آنها با ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۱ گرم اندازه‌گیری شد. وزن خشک بوته‌ها نیز پس از خشک شدن در سایه به مدت دو هفته اندازه‌گیری گردید. برای اندازه‌گیری محتوای کلروفیل کل از روش Porra (۲۰۰۲) و برای کاروتنوئید از روش لیختن (Lichtenthaler & Wellburn, 1983) استفاده شد. به این منظور ۰/۵ گرم از بافت تازه برگ در ۵ میلی‌لیتر استون ۸۰٪ همگن گردید و پس از سانتریفیوژ نمونه‌ها با سرعت ۱۳۰۰۰ دور در دقیقه و دمای ۴ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۱۵ دقیقه، محلول رویی نمونه‌ها را برداشته و حجم آن با استون ۸۰٪ به ۱۰ میلی‌لیتر رسانده شد. سپس به‌وسیله دستگاه اسپکتروفتومتر (Analytik Jena مدل Specrd 50 Plus ساخت آلمان) میزان جذب نمونه‌ها در طول موج‌های ۶۶۳/۶، ۶۴۶/۶ و ۴۷۰ نانومتر قرائت شد (Porra, 2002؛ Lichtenthaler & Wellburn, 1983). در نهایت محتوای کلروفیل کل و کاروتنوئید بر حسب میلی‌گرم در گرم وزن تر و براساس رابطه‌های ۱ و ۲ محاسبه شد.

رابطه (۱) کلروفیل کل = ۱۷/۷۶(A۶۴۶/۶) + ۷/۳۴(A۶۶۳/۶)

رابطه (۲) کاروتنوئید = (۱۰۰۰(A۴۷۰) – ۳/۲۷(کلروفیل a) –۱۰۴(کلروفیل b) /۲۲۷

برای اندازه‌گیری میزان آنتوسیانین از روش Masukasu و همکاران (۲۰۰۳) با کمی تغییر استفاده شد. ابتدا ۰/۱ گرم بافت خشک گلبرگ گیاه را در هاون چینی با ۱۰ میلی‌لیتر متانول اسیدی (متانول خالص و اسید کلریدریک خالص به نسبت حجمی ۱:۹۹) کاملاً ساییده و به‌مدت ۱۲ ساعت در تاریکی و دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت. سپس به مدت ۱۰ دقیقه با سرعت ۴۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ و پس از آن جذب محلول رویی در طول موج ۵۵۰ نانومتر انجام شد. غلظت آنتوسیانین با استفاده از رابطه ۳ محاسبه و نتایج بر حسب میکرومول بر گرم وزن خشک ارائه گردید (Masukasu *et al*., 2003).

رابطه (۳) $A=\varepsilon bc$

A: جذب نمونه‌ها؛ ε: ضریب خاموشی برابر با ۳۳۰۰۰ سانتی‌متر بر مول؛ b: عرض کوت؛ c: غلظت محلول

استخراج اسانس نیز به‌وسیله روش تقطیر با آب توسط دستگاه کلونجر انجام شد (Burt, 2004). گل‌ها در محل دمگل و بوته‌ها از ۷ سانتی‌متری بالای سطح خاک برداشت شدند. برای اندازه‌گیری میزان اسانس گل میزان ۱۵۰ گرم از گل‌های آسیاب شده هر تیمار را در بالن شیشه‌ای ریخته و بعد یک لیتر آب مقطر به آن اضافه شد. در مرحله بعد بالن را به کلونجر متصل کرده و به‌مدت ۳ ساعت عمل تقطیر انجام و اسانس استخراج شد. برای اندازه‌گیری میزان اسانس شاخساره نیز مراحل طبق همین روش انجام گردید. میزان اسانس هر نمونه بر حسب میکرولیتر بر گرم وزن خشک از لوله مدرج کلونجر قرائت شد. اسانس کل نیز از جمع اسانس گل و اسانس شاخساره محاسبه گردید.

تجزیه‌وتحلیل آماری

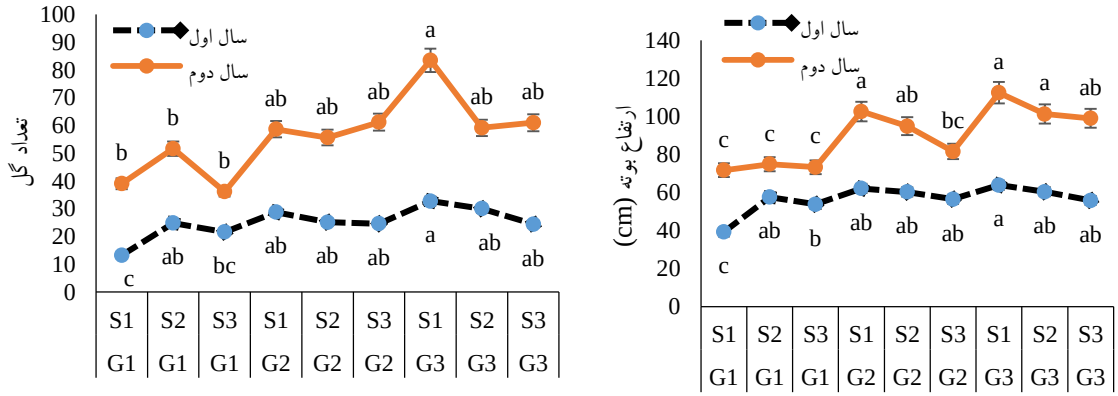
با توجه به اینکه گیاهان طی گذراندن سال اول در مزرعه در زمین استقرار یافته بودند، بنابراین در سال دوم طول دوره رشد رویشی و زمان برداشت گیاهان متفاوت از سال قبل (که گیاهان نشاء شده بودند) بود، ازاین‌رو نتایج هر

سال به‌صورت جداگانه تجزیه‌وتحلیل و گزارش شد. برای این منظور تجزیه آماری داده‌ها برای هر سال بررسی با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS نسخه ۹/۲ و مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال ۵٪ انجام شد.

نتایج

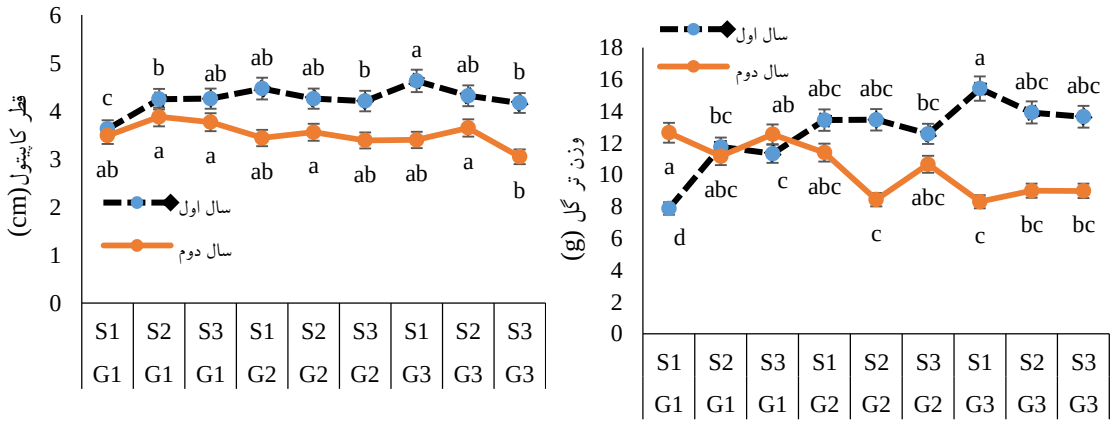
نتایج صفات مورفولوژیکی گیاه سرخارگل

مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بیشترین ارتفاع بوته و تعداد گل در سال اول و دوم مربوط به تیمار اسید جیبرلیک ۲۰۰ppm و کمترین میزان این صفات در هر دو سال مربوط به نمونه‌های شاهد بود (شکل ۱). همچنین در مورد تأثیر تیمارها بر قطر کاپیتول مشخص شد که در سال اول بیشترین قطر کاپیتول متعلق به تیمار اسید جیبرلیک ۲۰۰ppm و در سال دوم مربوط به اسید سالیسیلیک ۱۰۰ppm بود. کمترین قطر کاپیتول سال اول نیز مربوط به شاهد و در سال دوم مربوط به ترکیب اسید جیبرلیک ۲۰۰ppm و اسید سالیسیلیک ۲۰۰ppm بود (شکل ۲). در ادامه، بررسی مقایسه میانگین اثرهای متقابل نشان داد که بیشترین وزن تر و خشک گل در سال اول مربوط به تیمار اسید جیبرلیک ۲۰۰ppm و کمترین میزان آن مربوط به شاهد بود. در سال دوم بیشترین وزن تر و خشک گل مربوط به اسید سالیسیلیک ۲۰۰ppm و کمترین وزن تر و خشک گل مربوط به اسید جیبرلیک ۲۰۰ppm بود (شکل‌های ۲ و ۳). همچنین در مورد وزن تر و خشک بوته نیز مشخص شد که در هر دو سال بیشترین وزن تر و خشک بوته مربوط به اسید جیبرلیک ۲۰۰ppm بود (شکل‌های ۳ و ۴). بنابراین می‌توان گفت بهترین تیمار این بررسی برای افزایش عملکرد سرخارگل (وزن خشک بوته) کاربرد اسید جیبرلیک ۲۰۰ppm می‌باشد.



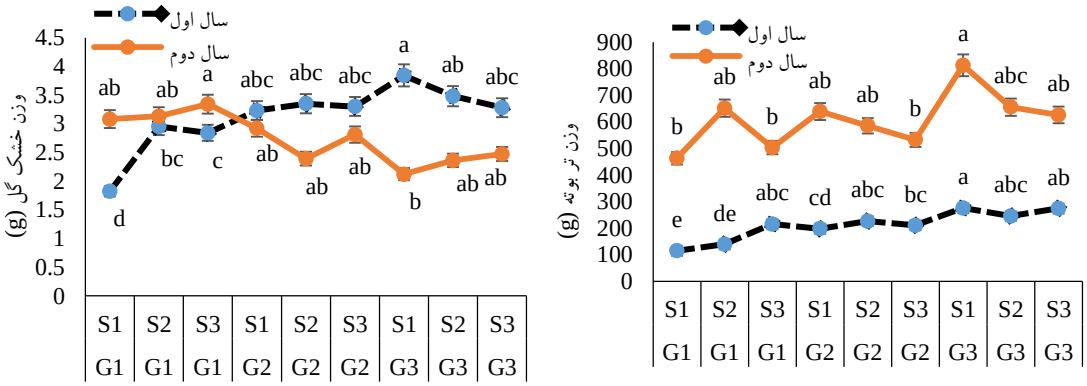
شکل ۱– مقایسه میانگین اثرهای متقابل اسید جیبرلیک و اسید سالیسیلیک بر ارتفاع بوته و تعداد گل سرخارگل

(در این شکل S1، S2 و S3 به‌ترتیب غلظت‌های صفر، ۱۰۰ و ۲۰۰ppm اسید سالیسیلیک و G1، G2 و G3 به‌ترتیب غلظت‌های صفر، ۱۰۰ و ۲۰۰ppm اسید جیبرلیک را نشان می‌دهند.)



شکل ۲- مقایسه میانگین اثرهای متقابل اسید جیبرلیک و اسید سالیسیلیک بر قطر کاپیتول و وزن تر گل سرخارگل

(در این شکل S1، S2 و S3 به‌ترتیب غلظت‌های صفر، ۱۰۰ و ۲۰۰ppm اسید سالیسیلیک و G1، G2 و G3 به‌ترتیب غلظت‌های صفر، ۱۰۰ و ۲۰۰ppm اسید جیبرلیک را نشان می‌دهند.)

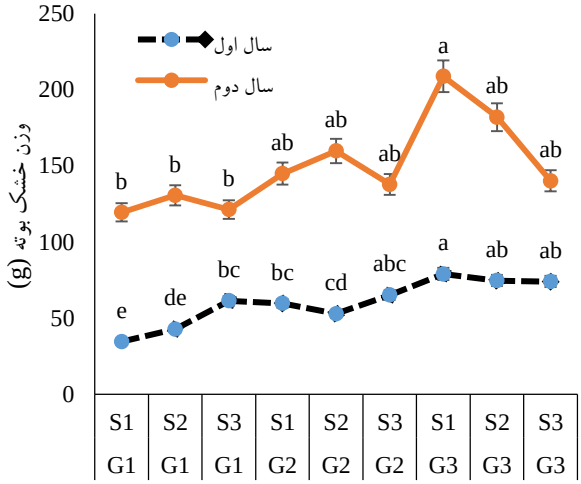


شکل ۳- مقایسه میانگین اثرهای متقابل اسید جیبرلیک و اسید سالیسیلیک بر وزن خشک گل و وزن تر بوته سرخارگل

(در این شکل S1، S2 و S3 به‌ترتیب غلظت‌های صفر، ۱۰۰ و ۲۰۰ppm اسید سالیسیلیک و G1، G2 و G3 به‌ترتیب غلظت‌های صفر، ۱۰۰ و ۲۰۰ppm اسید جیبرلیک را نشان می‌دهند.)

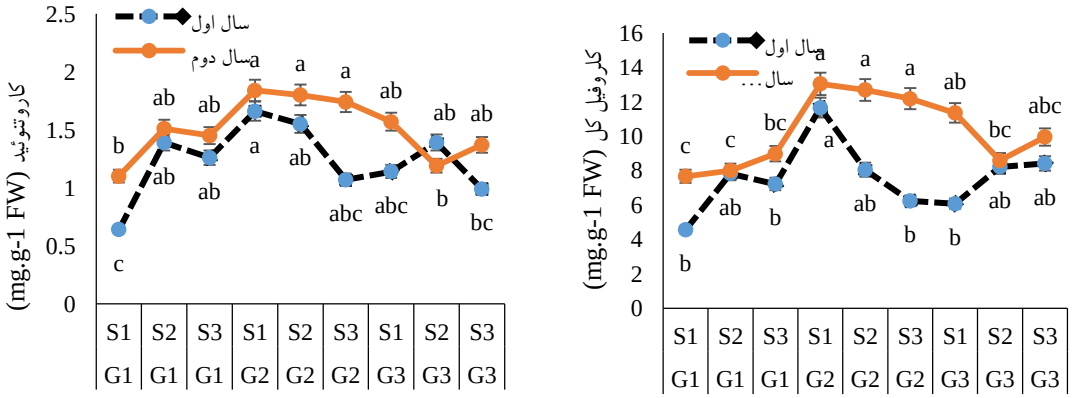
نتایج صفات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گیاه سرخارگل

نتایج نشان داد که بیشترین میزان کلروفیل کل و کاروتنوئید در سال اول و دوم مربوط به اسید جیبرلیک ۱۰۰ppm بود (شکل ۵). علاوه‌براین طبق مقایسه میانگین اثرهای متقابل تیمارها بیشترین میزان آنتوسیانین در سال اول مربوط به تیمار اسید سالیسیلیک ۱۰۰ppm و در سال دوم مربوط به اسید جیبرلیک ۲۰۰ppm بود. کمترین میزان آنتوسیانین در سال اول نیز مربوط به تیمار اسید جیبرلیک ۱۰۰ppm و در سال دوم مربوط به ترکیب اسید جیبرلیک ۱۰۰ppm و اسید سالیسیلیک ۱۰۰ppm بود (جدول ۱). همچنین بیشترین میزان اسانس گل، اسانس شاخساره و اسانس کل در سال اول و دوم مربوط به تیمار ترکیب اسید جیبرلیک ۱۰۰ppm و اسید سالیسیلیک ۱۰۰ppm و کمترین میزان این صفات نیز در هر دو سال مربوط به شاهد بود (جدول ۱). ازاین‌رو مؤثرترین تیمار برای افزایش متابولیت‌های ثانویه سرخارگل در این بررسی کاربرد ترکیب اسید جیبرلیک ۱۰۰ppm و اسید سالیسیلیک ۱۰۰ppm می‌باشد.



شکل ۴- مقایسه میانگین اثرهای متقابل اسید جیبرلیک و اسید سالیسیلیک بر وزن خشک بوته سرخارگل

(در این شکل S1، S2 و S3 به‌ترتیب غلظت‌های صفر، ۱۰۰ و ۲۰۰ppm اسید سالیسیلیک و G1، G2 و G3 به‌ترتیب غلظت‌های صفر، ۱۰۰ و ۲۰۰ppm اسید جیبرلیک را نشان می‌دهند.)



شکل ۵- مقایسه میانگین اثرهای متقابل اسید جیبرلیک و اسید سالیسیلیک بر کلروفیل کل و کاروتنوئید سرخارگل

(در این شکل S1، S2 و S3 به‌ترتیب غلظت‌های صفر، ۱۰۰ و ۲۰۰ppm اسید سالیسیلیک و G1، G2 و G3 به‌ترتیب غلظت‌های صفر، ۱۰۰ و ۲۰۰ppm اسید جیبرلیک را نشان می‌دهند.)

جدول ۱- مقایسه میانگین اثرهای متقابل اسید جیبرلیک و اسید سالیسیلیک بر صفات بیوشیمیایی سرخارگل

اسید جیبرلیک (ppm)	اسید سالیسیلیک (ppm)	آنتوسیانین (µM. g^{-1} DW) سال اول	آنتوسیانین (µM. g^{-1} DW) سال دوم	اسانس گل (µL. g^{-1} DW) سال اول	اسانس گل (µL. g^{-1} DW) سال دوم	اسانس شاخساره (µL. g^{-1} DW) اول	اسانس شاخساره (µL. g^{-1} DW) سال دوم	اسانس کل (µL. g^{-1} DW) سال اول	اسانس کل (µL. g^{-1} DW) سال دوم
صفر	صفر	۶/۶۶b	۲/۷۴cd	۰/۲e	۰/۱۱d	۰/۱f	۰/۰۷c	۰/۳h	۰/۱۸e
صفر	۱۰۰	۱۰/۹۴a	۴/۰۵c	۰/۲e	۰/۱۵c	۰/۱۵e	۰/۱۲ab	۰/۳۵gf	۰/۲۷d
صفر	۲۰۰	۶/۳۱b	۲/۰۷d	۰/۳bc	۰/۱۸b	۰/۲c	۰/۱b	۰/۵c	۰/۲۸cd
۱۰۰	صفر	۳c	۳/۶۳cd	۰/۲۳de	۰/۱۹b	۰/۱f	۰/۰۸c	۰/۳۳gh	۰/۲۸cd
۱۰۰	۱۰۰	۴/۶۶bc	۱/۹۹d	۰/۴۲a	۰/۲۳a	۰/۳۳a	۰/۱۳a	۰/۷۵a	۰/۳۶a
۱۰۰	۲۰۰	۵/۲۵bc	۲/۷۶cd	۰/۳۳b	۰/۲b	۰/۳b	۰/۱b	۰/۶۳b	۰/۳bc
۲۰۰	صفر	۵/۰۲bc	۶/۷۴a	۰/۲۲de	۰/۱۵c	۰/۱۷ed	۰/۱b	۰/۳۹ef	۰/۲۵d
۲۰۰	۱۰۰	۱۰/۱۱a	۴/۳۸bc	۰/۲۶dc	۰/۲b	۰/۱۸cd	۰/۱۲ab	۰/۴۴ed	۰/۳۲b
۲۰۰	۲۰۰	۹/۷۷a	۶/۱۶ab	۰/۲۵d	۰/۱۵c	۰/۲c	۰/۱۳a	۰/۴۵cd	۰/۲۸cd

*: حروف مشترک در هر ستون نشان‌دهنده عدم معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪ براساس آزمون LSD است.

بحث

در نتایج این بررسی مشخص شد که تیمار اسید جیبرلیک باعث افزایش بسیاری از صفات رشدی در گیاه سرخارگل شده است. در واقع می توان نتیجه گرفت که افزایش پارامترهای رشدی توسط اسید جیبرلیک باعث رشد بیشتر قسمت هوایی گیاه و در نهایت موجب بیشتر شدن وزن خشک برگ و قسمت‌های هوایی گیاه شده و نتیجه آن رشد قسمت هوایی گیاه و افزایش محتوای اسانس شاخساره خواهد بود (Hajisamadi *et al*., 2011). رشد طولی اندام‌های هوایی که به دلیل جیبرلین‌ها در گیاهان مختلف رخ می دهد، در نتیجه افزایش تقسیم سلولی، طویل شدن سلول‌ها و یا هر دو با هم است (Pazoki *et al*., 2012). به‌طوری که اسید جیبرلیک در خردل (Akter *et al*., 2007)، گلپر (*Angelica dahurica* var Formosana) (Hou *et al*., 2018) و اسطوخودوس (Hajisamadi *et al*., 2011) باعث افزایش ارتفاع گیاه شد. همچنین کاهش قطر کاپیتول در تیمارهای سال دوم را می‌توان به افزایش قابل توجه تعداد گل‌ها به ویژه در تیمار اسید جیبرلیک نسبت داد. به‌طوری که کمترین قطر کاپیتول در سال اول مربوط به شاهد و در سال دوم مربوط به تیمارهای ترکیبی اسید جیبرلیک بود. مشخص شده است که افزایش تعداد گل‌ها توسط اسید جیبرلیک ممکن است به‌دلیل افزایش تعداد برگ‌ها باشد، همچنین افزایش شاخص سطح برگ در مقایسه با شاهد ممکن است باعث افزایش فتوسنتز شده و گل‌های بیشتری تولید کند (Sharifuzzaman *et al*., 2011). در این رابطه غلظت های مختلف اسید جیبرلیک باعث افزایش تعداد گل‌ها در اسطوخودوس (Hajisamadi *et al*., 2011)، زعفران (Shakeri *et al*., 2018) و افزایش شمار گلچه در گل‌آذین گل‌میمون (*Antirrhinum majus*) (Chehrazi *et al*., 2017) شده است. کاهش وزن تر و خشک گل در بوته‌های تیمار شده سال دوم را نیز می‌توان به افزایش قابل توجه تعداد گل‌ها در تیمارهای اسید جیبرلیک نسبت داد. ازآنجایی‌که در سال دوم به علت افزایش معنی‌دار تعداد گل‌ها، قطر کاپیتول در تیمار اسید جیبرلیک نسبت به تیمارهای دیگر کاهش یافت، بنابراین کاهش وزن تر و خشک گل در تیمار اسید جیبرلیک قابل توجیه می‌باشد. همسو با این نتایج مصرف اسید جیبرلیک میزان عملکرد تر گل را در زعفران کاهش داد و بیشترین مقدار آن از تیمار عدم مصرف هورمون اسید جیبرلیک بدست آمد (Shakeri *et al*., 2018) که با نتایج حاصل از سال دوم در این بررسی همخوانی دارد. نتایج متناقضی نیز در مورد اثر اسید جیبرلیک بر وزن تر و خشک گل وجود دارد که می تواند نتایج حاصل از سال اول را توجیه کند. در این رابطه بررسی اثرهای هورمونی اسید جیبرلیک، اسید سالیسیلیک و کینتین بر صفات مورفولوژیکی زعفران زراعی مشخص کرد که تیمار اسید جیبرلیک رشد برگی گیاهان را تشدید می کند و گلدهی، تعداد و وزن گل‌های تولیدی را افزایش می‌دهد (Moein & Mortezaeinejad, 2014). از سویی علت تأثیر اسید سالیسیلیک در افزایش قطر کاپیتول در سال دوم می تواند مربوط به تأثیر این تیمار در افزایش تعداد و ابعاد سلول‌ها و همچنین کمتر بودن تعداد گل‌های این تیمار نسبت به اسید جیبرلیک باشد. علاوه‌براین اسید جیبرلیک تقسیم و طویل شدن سلولی را افزایش می دهد، بنابراین کاربرد خارجی این تنظیم‌کننده رشدی می تواند رشد شاخه، فتوسنتز و تجمع ماده خشک را در گیاهان افزایش دهد. اسید جیبرلیک همچنین منجر به طویل شدن میان‌گره‌ها در ساقه شده و این امر به نوبه خود افزایش وزن تر و خشک اندام‌های هوایی گیاه را در پی دارد (El-Aal *et al*., 2008). همسو با نتایج این بررسی مشخص شد که کاربرد تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی (PGRs) در کدو تنبل اثر معنی‌داری بر ویژگی‌های رویشی، گلدهی و عملکردی ازجمله شاخص سطح برگ و تعداد گل در بوته دارند (Shirzad *et al*., 2012). بررسی دیگر نشان داد که در شرایط شوری کلرید سدیم، کاربرد اسید جیبرلیک در پسته از طریق بهبود پارامترهای فیزیولوژی، عملکرد گیاه را افزایش می‌دهد (Mozafari & Khaleghi, 2016). همچنین در آزمایشی که بر روی گیاه مریم‌گلی انجام شد تیمار ۱۰۰ میکرومولار اسید جیبرلیک باعث افزایش معنی‌دار

وزن تر و خشک گیاه شد (Liang *et al*., 2013). اسید جیبرلیک می تواند از طریق افزایش سطح برگ و بیشترین سطوح فتوسنتزی و تثبیت بیشتر CO_2 از طریق باز شدن بیشتر روزنه‌ها و افزایش فعالیت آنزیم روبیسکو و بالابردن فعالیت آنزیم ساکارز فسفات سنتتاز (SPS) رشد و نمو را تسریع نموده و موجب افزایش عملکرد بیولوژیک شود (Ashraf & Foolad, 2005). در مورد اثر اسید جیبرلیک بر رنگدانه‌های فتوسنتزی نیز می توان گفت که این تنظیم‌کننده رشدی با افزایش مؤلفه‌های رویشی مانند سطح و تعداد برگ می تواند سبب افزایش فعالیت‌های فتوسنتزی در گیاهان شود (Sifola & Barbieri, 2006). به‌طوری که کاربرد اسید جیبرلیک باعث افزایش معنی‌دار محتوای کلروفیل در کلزا (Nazarbeigi *et al*., 2014)، زعفران (Shakeri *et al*., 2018)، اسطوخودوس (Hassanpouraghdam *et al*., 2011) و کنجد (*Sesamum indicum* L.) (Pramanik *et al*., 2015) شده است. همچنین نتایج نشان داد که محلول‌پاشی اسید جیبرلیک باعث افزایش میزان کاروتنوئید در همیشه بهار (Sardoei & Shahdadneghad, 2014) و پسته (Mozafari & Khaleghi, 2016) شده است. این گزارش همسو با نتایج این بررسی مبنی بر ارتباط بین افزایش رنگدانه‌های فتوسنتزی توسط اسید جیبرلیک و اثر آن بر دیگر صفات مورفوفیزیولوژی مانند ارتفاع، تعداد گل، وزن تر و خشک بوته و دیگر صفات مورد بررسی است. یکی دیگر از رنگدانه‌های موجود در گیاه سرخارگل آنتوسیانین است. آنتوسیانین‌ها متعلق به گروه فلاونوئیدها هستند. آنها در تمام بافت‌های گیاهان عالی مشاهده می شوند، بیشتر در گل‌ها، میوه‌ها و همچنین در برگ‌ها، ساقه‌ها و به‌مقدار کمتر در ریشه‌ها وجود دارند (Góraj *et al*., 2014). مشخص شده است که انواع کمبودهای مغذی در گیاهان با تجمع فلاونوئیدها به‌ویژه آنتوسیانین‌های قرمز و بنفش همراه است (Stewart *et al*., 2001). در این رابطه گزارش شده است که اسید جیبرلیک اثر مهاری بر سنتز آنتوسیانین‌ها در برگ‌های ذرت دارد (Kim *et al*., 2006). در پژوهشی دیگر نیز استفاده از اسید جیبرلیک در گیاه بادرشبو سبب کاهش ترکیب‌های فلاونوئید و آنتوسیانین شد (Abbaspour & Rezaei, 2014). از سویی کمتر بودن میزان آنتوسیانین در تیمار اسید جیبرلیک در سال اول را می توان به بیشتر بودن تعداد گل‌ها در بوته های تیمار شده با اسید جیبرلیک نسبت به سایر تیمارها نسبت داد، زیرا افزایش رقابت بین گل‌های تولیدی باعث محدودیت دریافت آنتوسیانین در آنها می شود. در رابطه با اثر افزایشی اسید سالیسیلیک در هر دو سال و اثر مثبت اسید جیبرلیک در سال دوم بر محتوای آنتوسیانین مشخص شده است که انباشتگی آنتوسیانین‌ها با محرک‌های محیطی گوناگون مانند اشعه فرابنفش، دمای پایین، حمله عوامل بیماری‌زا و چندین تنظیم‌کننده رشد مانند سیتوکینین، جیبرلین‌ها، اتیلن و اسید سالیسیلیک افزایش می‌یابد (Khavarinezhad *et al*., 2004). به‌طوری که کاربرد اسید سالیسیلیک باعث افزایش محتوای آنتوسیانین در گیاه استویا (Gerami *et al*., 2019)، جعفری و لوبیای چشم‌بلبلی (Latunde-Dada & Lucas, 2001) و گیاهان مینای چمنی آلوده به قارچ (Khavarinezhad *et al*., 2004) شده است.

از سوی دیگر به خوبی مشخص شده است که اسید جیبرلیک رشد گیاه و تولید متابولیت‌های ثانویه آن را افزایش می‌دهد (Jones *et al*., 2009). در این رابطه می‌توان گفت که اسید جیبرلیک با تأثیر بر افزایش مؤلفه‌های رویشی گیاه مانند سطح و تعداد برگ و فعالیت‌های فتوسنتزی در برگ‌ها منجر به افزایش دسترسی مسیرهای بیوسنتزی تولیدکننده اسانس به فتوآسیمیلات‌ها (Photoassimilates) و در نهایت افزایش محتوا و عملکرد اسانس خواهد شد. از سویی اسید جیبرلیک به‌عنوان یک ترکیب ترپنوئیدی ارتباط تنگاتنگ و مستقیمی با متابولیسم اولیه و ثانویه به‌ویژه مسیر بیوسنتزی اسانس‌ها و ترکیب‌های معطر دارد (Hajisamadi *et al*., 2011). به‌طوری که تیمار اسید جیبرلیک در غلظت ۰/۵ میلی‌گرم در لیتر باعث افزایش رشد و تجمع کومارین در کشت ریشه‌های موئین در گیاه کاسنی شد (Bais *et al*., 2001). همچنین کاربرد اسید جیبرلیک به‌عنوان تنظیم‌کننده

رشد گیاهی باعث افزایش عملکرد اسانس اسطوخودوس (Hajisamadi *et al*., 2011) و استویا (Sedghi *et al*., 2018) گردید. بنابراین می‌توان از اسید جیبرلیک برای افزایش ویژگی‌های رشدی و میزان اسانس گیاهان معطر استفاده کرد (Mostafa *et al*., 2005). از سویی کاربرد اسید سالیسیلیک خارجی ممکن است سبب افزایش مقدار اسید سالیسیلیک درونی شود و با توجه به مسیر بیوسنتزی آن ممکن است در افزایش متابولیت‌های ثانویه گیاهان مؤثر واقع شود (Seo *et al*., 1995). در این رابطه تیمار اسید سالیسیلیک در غلظت‌های مختلف باعث افزایش میزان اسانس در به‌لیمو (*Lippia citrodora* L.) (Farsaraei *et al*., 2019)، بابونه آلمانی (*Matricaria chamomilla*) (Malekian *et al*., 2014)، ریحان و مرزنجوش (Gharib, 2006) شده است.

پس از مطالعه نتایج بدست آمده از این بررسی و با توجه به اینکه افزایش عملکرد وزن خشک بوته و همچنین میزان اسانس از مهمترین اهداف این پژوهش هستند، می‌توان برترین تیمار پیشنهادی در این پژوهش را برای افزایش وزن خشک بوته تیمار اسید جیبرلیک ۲۰۰ppm و برای افزایش میزان اسانس گیاه سرخارگل ترکیب اسید جیبرلیک ۱۰۰ppm و اسید سالیسیلیک ۱۰۰ppm معرفی کرد.

سپاسگزاری

نویسندگان از معاون محترم پژوهشی دانشگاه ایلام برای تأمین مالی این پژوهش کمال تشکر را دارند.

منابع مورد استفاده

- Abbaspour, H. and Rezaei, H., 2014. Effects of gibberellic effects of gibberellic acid on hill reaction, photosynthetic pigment and phenolic compounds in Moldavian dragonhead (*Dracocephalum moldavica* L.) in different drought stress levels. Plant Researches (Iranian Journal of Biology), 27(5): 893-903.
- Akter, A., Ali, E., Islam, M.M.Z., Karim, R. and Razzaque, A.H.M., 2007. Effect of GA3 on growth and yield of mustard. International Journal of Sustainable Crop Production, 2(2): 16-20.
- Ashraf, M. and Foolad, M.R., 2005. Pre-sowing seed treatment-A shotgun approach to improve germination, plant growth, and crop yield under saline and non-saline conditions. Advances in Agronomy, 88: 223-271.
- Bais, H.P., Sudha, G., George, J. and Ravishankar, G.A., 2001. Influence of exogenous hormones on growth and secondary metabolite production in hairy root cultures of *Cichorium intybus* L. cv. Lucknow local. In Vitro Cellular and Developmental Biology-Plant, 37(2): 293-299.
- Barnes, J., Anderson, L.A., Gibbons, S. and Phillipson, J.D., 2005. Echinacea species (*Echinacea angustifolia* (DC.) Hell., *Echinacea pallida* (Nutt.) Nutt., *Echinacea purpurea* (L.) Moench): a review of their chemistry, pharmacology and clinical properties. Journal of Pharmacy and Pharmacology, 57(8): 929-954.
- Barrett, B., 2003. Medicinal properties of *Echinacea*: a critical review. Phytomedicine, 10(1): 66-86.
- Burt, S., 2004. Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods-a review. International Journal of Food Microbiology, 94(3): 223-253.
- Chehrazi, M., Hosseini, H.R., Hashemi, D.E. and Asadi, V.K., 2017. The effects of gibberellic acid on some morpho-physiological characteristics of two varieties of white and yellow flowers (Alba and Apollo) Snapdragon (*Antirrhinum majus*). Iranian Journal of Horticultural Science, 48(2): 265-273.
- Cong, H.A.N., Zuo, J.H., Qing, W.A.N.G., Dong, H.Z. and Gao, L.P., 2017. Salicylic acid alleviates postharvest chilling injury of sponge gourd (*Luffa cylindrica*). Journal of Integrative Agriculture, 16(3): 735-741.
- El-Aal, F.S.A., Shaheen, A.M. and Rizk, F.A., 2008. The effect of foliar application of GA3 and soil dressing of NPK at different levels on the plant productivity of Potatoes (*Solanum tuberosum* L.). Research Journal of Agriculture and Biological Sciences, 4(5): 384-391.
- Farsaraei, S., Moghaddam, M. and Mehdizadeh, L., 2019. Effect of salicylic acid on growth and biochemical characteristics and essential oil percentage of *Lemon verbena* at different irrigation water salinity. Journal of Water Research in Agriculture (Soil and Water Science), 33(1): 95-107.
- Gerami, M., Akbarpour, V. and Mohammadian, A., 2019. The effect of putrescine and salicylic acid on physiological characteristics and antioxidant in

- Latunde-Dada, A.O. and Lucas, J.A., 2001. The plant defence activator acibenzolar-S-methyl primes cowpea [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.] seedlings for rapid induction of resistance. Physiological and Molecular Plant Pathology, 58(5): 199-208.
- Liang, Z., Ma, Y., Xu, T., Cui, B., Liu, Y., Guo, Z. and Yang, D., 2013. Effects of abscisic acid, gibberellin, ethylene and their interactions on production of phenolic acids in *Salvia miltiorrhiza* Bunge hairy roots. Plos One, 8(9): e72806.
- Lichtenthaler, H.K. and Wellburn, A.R., 1983. Determinations of total carotenoids and chlorophylls a and b of leaf extracts in different solvents. Biochemical Society. Transaction, 11: 591-592.
- Malekian, M., Hemmati, K., Ghasemnezhad, A. and Barzali, M., 2014. Effect of salicylic acid on quantitative and qualitative traits of *Matricaria chamomilla* ecotypes. Journal of Crops Improvement, 16(1): 185-196.
- Masukasu, H., Karin, O. and Kyoto, H., 2003. Enhancement of anthocyanin biosynthesis by sugar in radish (*Raphanus sativus*) hypocotyls. Plant Science, 164(2): 259-265.
- Mehalaine, S., Menasria, T., Bouguessa, S. and Yahia, A., 2017. In vitro seed germination of some Algerian medicinal plants and the effect of gibberellic acid (GA_3) on breaking dormancy. Journal of Materials and Environmental Sciences, 8(6): 2034-2039.
- Moein, P. and Mortezaeinejad, F., 2014. Investigation of the hormonal effects of gibberellic acid, salicylic acid and kinetin on morphological and reproductive traits of agricultural Saffron flowers (*Crocus sativus* L.). The 1st International Conference on New Ideas in Agriculture Islamic Azad University Khorasgan Branch, 25-26 January, Isfahan, Iran.
- Mostafa, H.A.M., El-Bassiouny, M.S., Khattab, K.I. and Sadak, M.S., 2005. Improving the characteristics of roselle seeds as a new source of protein and lipid by gibberellin and benzyladenine application. Journal of Applied Science Research, 2: 161-167.
- Mozafari, V. and Khaleghi, F., 2016. Effects of gibberellic acid and nitrogen on some physiology parameters and micronutrients concentration in *Pistachio* under salt stress. Journal of Water and Soil, 30(3): 955-967.
- Nazarbeigi, E., Fallahi, H.A., Naseri, R., Mirzaei, A. amd Rashidpour, M., 2014. Effect of different concentrations of salt (NaCl), salicylic acid (SA) and gibberellic acid (GA_3) on proline content and a, b chlorophylls of two cultivars of Canola (Hayola 401 & RGS). Journal of Applied Research of Plant Ecophysiology, 1(2): 25-37.
Stevia rebaudiana B. under salinity stress. Journal of Crop Breeding, 11(29): 40-54.
- Gharib, F.A., 2006. Effect of salicylic acid on the growth, metabolic activities and oil content of basil and marjoram. International Journal of Agriculture and Biology, 4: 485-492.
- Ghatas, Y.A.A. and Abdallah, W. H., 2016. Effect of Some Fertilization and Micro-Nutrients Treatments on Growth and Chemical Constituents of *Echinacea purpurea* plant. Journal of Plant Production, 7(7): 709-719.
- Góraj, J., Węgrzynowicz-Lesiak, E. and Saniewski, M., 2014. The effect of some plant growth regulators and their combination with methyl jasmonate on anthocyanin formation in roots of *Kalanchoe blossfeldiana*. Journal of Horticultural Research, 22(2): 31-40.
- Hajisamadi, A.B., Hassanpouraghdam, M.B. and Khalighi, A., 2011. Effects of gibberellic acid (GA_3) foliar application on growth characteristics and essential oil of Lavender (*Lavandula officinalis* Chaix.). Journal of Agricultural Science and Sustainable Production, 21: 23-32.
- Hassanpouraghdam, M.B., Asl, B.H. and Khalighi, A., 2011. Gibberellic acid foliar application influences growth, volatile oil and some physiological characteristics of lavender (*Lavandula officinalis* Chaix.). Romanian Biotechnological Letters, 16(4): 6322-6327.
- Hou, K., Li, J.Y., Chen, J.W., Shen, H., Wu, W. and Chen, L., 2018. Effect of gibberellic acid and chlormequat chloride on growth, coumarin content and root yield of *Angelica dahurica* var. formosana. Journal of Agricultural Science and Technology, 15(7): 1415-1423.
- Jini, D. and Joseph, B., 2017. Physiological mechanism of salicylic acid for alleviation of salt stress in rice. Rice Science, 24(2): 97-108.
- Jones, A.M.P., Saxena, P.K. and Murch, S.J., 2009. Elicitation of secondary metabolism in *Echinacea purpurea* L. by gibberellic acid and triazoles. Engineering in Life Sciences, 9(3): 205-210.
- Khavarinezhad, R.A., Mehrabian, S. and Asadi, A., 2004. The effect of salicylic acid on the concentration of anthocyanins in infected Daisy (*Bellis perennis* L.) plants by some of the fungi lines. Journal of Science (Kharazmi University), 4(3): 427-438.
- Kim, J.S., Lee, B.H., Kim, S.H., Oh, K.H. and Cho, K.Y., 2006. Responses to environmental and chemical signals for anthocyanin biosynthesis in non-chlorophyllous Corn (*Zea mays* L.) leaf. Journal of Plant Biology, 49(1): 16-25.

of salicylic acid β-glucosidase in tobacco leaves by exogenous salicylic acid. Plant and Cell Physiology, 36(3): 447-453.
- Shakeri, M., Aminifard, M.H., Behdani, M.A. and Tabatabaei, S.J., 2018. Study of the effect hormone of gibberellic acid and corm weight on vegetative and yield traits of Saffron (*Crocus sativus* L.). Journal of Plant Production Research, 25 (2): 153-165.
- Sharifuzzaman, S.M., Ara, K.A., Rahman, M.H., Kabir, K. and Talukdar, M.B., 2011. Effect of GA3, CCC and MH on vegetative growth, flower yield and quality of chrysanthemum. International Journal of Experimental Agriculture 2(1): 17-20.
- Shirzad, S.U.R.E., Arooie, H. and Azizi, M., 2012. Influence of plant growth regulators (PGRs) and planting method on growth and yield in oil Pumpkin (*Cucurbita pepo* var. styriaca). Notulae Scientia Biologicae, 4(2): 101-107.
- Shohani, F., Mehrabi, A.A., Khavarinegad, R.A., Safari, Z. and Kian, S., 2014. The effect of gibberellic acid (GA_3) on seed germination and early growth of Lentil seedlings under salinity stress. Middle East Journal of Scientific Research, 19(7): 995-1000.
- Sifola, M.I. and Barbieri, G., 2006. Growth, yield and essential oil content of three cultivars of basil grown under different levels of nitrogen in the field. Scientia Horticulturae, 108(4): 408-413.
- Stewart, A.J., Chapman, W., Jenkins, G.I., Graham, I., Martin, T. and Crozier, A., 2001. The effect of nitrogen and phosphorus deficiency on flavonol accumulation in plant tissues. Plant, Cell and Environment, 24(11): 1189-1197.
- Wist, T.J. and Davis, A.R., 2006. Floral nectar production and nectary anatomy and ultrastructure of *Echinacea purpurea* (Asteraceae). Annals of Botany, 97(2): 177-193.
- Yazdani, B.R., Bannayan, A.M., Khazaei, H.R. and Sodaeeizadeh, H., 2014. Investigating the effects of urea, azocompost and cutting on quantitative and qualitative characteristics of Oregano (*Origanum vulgare* Virid). Journal of Agricultural Ecology, 6(4): 798-811.
- Yousef, R.M., Khalil, S.E. and El-Said, N.A., 2013. Response of *Echinacea purpurea* L. to irrigation water regime and bio-fertilization in sandy soils. World Applied Sciences Journal, 26(6): 771-782.
- Nyalambisa, M., Oyemitan, I.A., Matewu, R., Oyedeji, O.O., Oluwafemi, O.S., Songca, S.P., Nkeh-Chungag, B.N. and Oyedeji, A.O., 2017. Volatile constituents and biological activities of the leaf and root of *Echinacea* species from South Africa. Saudi Pharmaceutical Journal, 25(3): 381-386.
- Pazoki, A. R., Rezaei, H., Habibi, D. and Paknejad, F., 2012. Effect of drought stress, asscorbate and gibberellin foliar application on some morphological traits, RWC and cell membrane stability of Thyme (*Thymus vulgaris* L.). Journal of Agronomy and Plant Breeding, 8(1): 1-13.
- Porra, R.J., 2002. The chequered history of the development and use of simultaneous equations for the accurate determination of chlorophylls a and b. Photosynthesis Research, 73(1-3): 149-156.
- Pramanik, K., Adhikari, A., Bera, A.K. and Mandal, B., 2015. Effect of seed priming and mulching on growth and productivity of rain-fed Sesame (*Sesamum Indicum* L.) during summer season. International Journal of Bioresource Science, 2(1): 25-31.
- Ramawat, K.G., Dass, S. and Mathur, M., 2009. The chemical diversity of bioactive molecules and therapeutic potential of medicinal plants: 7-32. In: Ramawat, K.G., (Ed.). Herbal Drugs: Ethnomedicine to Modern Medicine. Springer, Berlin, Heidelberg, 402p
- Ramroodi, M. and Khamar, A., 2013. Interaction effects of salicylic acid spraying and irrigation treatments on some quantitative, qualitative and osmotic regulators of Basil. Applied Research of Plant Ecophysiology Journal, 1(1): 19-32.
- Sajid, M., Amin, N., Ahmad, H. and Khan, K., 2016. Effect of gibberellic acid on enhancing flowering time in *Chrysanthemum morifolium*. Pakistan Journal of Botany, 48(2): 477-483.
- Sardoei, A.S. and Shahdadneghad, M., 2014. Effects of foliar application of gibberellic acid on chlorophyll and carotenoids of Marigold (*Calendula officinalis* L.). International Journal of Advanced Biological and Biomedical Research, 2(6): 1887-1893.
- Sedghi, M., Sheikhnavaz Jahed, P. and Seyed Sharifi, R., 2018. Effect of gibberellic acid and priming on germination and some constituents of Stevia (*Stevia rebaudiana* Bertoni). Journal of Plant Process and Function, 7(26): 199-208.
- Seo, S., Ishizuka, K. and Ohashi, Y., 1995. Induction

Effects of gibberellic acid and salicylic acid application on morphophysiological characteristics and essential oil yield of *Echinacea purpurea* (L.) Moench

H. Hasan-beigi[1], M. Saidi[2*] and M. Mohammadi[3]

1- M.Sc. graduated of medicinal plants, Department of Horticulture, College of Agriculture, Ilam University, Ilam, Iran
2*- Corresponding author, Department of Horticulture, College of Agriculture, Ilam University, Ilam, Iran
E-mail: M.Saidi@ilam.ac.ir
3- Department of Horticulture, College of Agriculture, Ilam University, Ilam, Iran

Received: May 2020 Revised: October 2020 Accepted: October 2020

Abstract

To investigate the effects of foliar application of gibberellic acid (GA_3) and salicylic acid (SA) on the morphophysiological, biochemical, and yield characteristics of *Echinacea purpurea* (L.) Moench, an experiment began as a factorial in a randomized complete blocks design with three replications at the research farm of Agriculture Faculty, Ilam University, Iran, by sowing the plants in 2018 and continued by evaluating the plant characteristics for the two consecutive years (2018 & 2019). The experimental treatments included the foliar spray of plants during vegetative growth period with GA_3 (0, 100, and 200 ppm) and SA (0, 100, and 200 ppm) as well as their combinations. The results showed that the highest plant height, number of flowers, and fresh and dry weight of the plants (in both years) were obtained in the GA_3-200 ppm treatment and the highest amount of total chlorophyll and carotenoids (in both years) in the GA_3-100 ppm one. The highest capitol diameter and fresh and dry weight of flowers in the first year and the highest anthocyanins content in the second year were observed in the GA_3-200 ppm treatment. Also, the highest capitol diameter in the second year and the highest anthocyanins content in the first year were obtained in the SA-100 ppm treatment. In addition, the highest fresh and dry weight of flowers in the second year was recorded in the SA-200 ppm treatment. The highest essential oil amount of flowers, shoots (without flowers), and total essential oil (in both years) were obtained in the GA_3-100 ppm+SA-100 ppm combination treatment. Considering that increasing the plant dry matter yield as well as essential oil content were the most important objectives of this study, the GA_3-200 ppm treatment for the plant dry weight increase and the GA_3-100 ppm+SA-100 ppm combination treatment for the essential oil content increase could be suggested as the best treatments.

Keywords: Plant height, essential oil, capitol diameter, foliar application, dry weight.