



اثر جیبرلیک اسید بر ویژگی‌های کمی و کیفی دو گونه شیپوری در سامانه آبکشتی

اسماعیل خالقی^{*}، زهرا بهبهانی، مهرانگیز چهرازی

گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز

✉ khaleghi@scu.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۸/۲۳، تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۳/۳۰، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۴/۸

چکیده

جنس شیپوری (*Zantedeschia* sp.) گیاهی روز خنثی از تیره آراسه بوده که بومی نواحی آفریقای جنوبی و مرکزی است. تعداد و کیفیت این گل می‌تواند تحت تأثیر تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی از جمله جیبرلیک اسید قرار گیرد. برای ارزیابی تأثیر غلظت‌های مختلف جیبرلیک اسید (GA_3) (۰، ۵۰۰ و ۶۰۰ میلی‌گرم بر لیتر) بر صفات کمی و کیفی دو گونه شیپوری، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در گلخانه دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز انجام گرفت. نتایج به‌دست آمده نشان داد که کاربرد جیبرلیک اسید به‌ویژه در غلظت ۶۰۰ میلی‌گرم در لیتر، وزن تر و خشک برگ، وزن تر و خشک گل، سطح برگ، تعداد غنچه، طول اسپات، عمر گلجایی، میزان کلروفیل و کاروتنوئید برگ و اسپات، کریوئیدرات و نشاسته را در هر دو گونه *Z. rehmanii* و *Z. aethiopica* به‌طور معنی‌داری افزایش داد که این افزایش در بیشتر صفات از جمله وزن خشک برگ، وزن تر گل، تعداد غنچه، طول گل بریدنی، عمر گلجایی، کلروفیل و کاروتنوئید برگ و کلروفیل اسپات در گونه *aethiopica* نسبت به *rehmanii* بیشتر بود و به بالاترین میزان رسید. به‌طور کلی، نتایج نشان داد که کاربرد GA_3 به‌ویژه در غلظت ۶۰۰ میلی‌گرم در لیتر می‌تواند در بهبود صفات کمی و کیفی شیپوری مؤثر باشد.

واژه‌های کلیدی: تنظیم‌کننده رشد، جیبرلیک اسید، طول اسپات، عمر گلجایی.

مقدمه

جنس شیپوری^۱ گیاهی گل‌دار از تیره شیپوریان بوده و بومی نواحی آفریقای جنوبی و مرکزی است. این گیاه سوخوار یک محصول زینتی مهم است که افزون بر مناظر باغ و گلکاری دارای کاربردهای دارویی است و در مناطق معتدل در ارتفاعات ۱۰۰۰ تا ۲۰۰۰ متری به خوبی رشد می‌کند. همچنین، دارای گونه‌های همیشه سبز و خزان‌دار می‌باشد (Chandel et al., 2023). در حال حاضر شیپوری به‌عنوان گیاه زینتی به‌صورت گیاه گلدان یا گل بریدنی در سراسر جهان عرضه می‌گردد. در نیوزلند، از نظر اقتصادی این گل پس از ارکید دومین گل بریدنی است (Aitken & Hewett, 2009). کیفیت و



کمیت این گل می‌تواند تحت تأثیر فاکتورهای زیادی مانند کاربرد تنظیم کننده‌های رشد قرار بگیرد. تنظیم کننده‌های رشد گیاهی گروه بزرگی از مواد شیمیایی هستند که به صورت طبیعی یا مصنوعی ساخته می‌شوند و توسط پرورش دهندگان تجاری گیاهان زینتی به عنوان ابزار کمکی در سیستم تولیدی گیاهان گلدار استفاده می‌شوند. تنظیم کننده‌های رشد گیاهی تأثیر سریع‌تری بر رشد رویشی و گل‌دهی گیاهان دارند. از مهم‌ترین تنظیم کننده‌ها، جیبرلیک اسید (GA_3) نقش مهمی در کیفیت و کمیت محصولات گل‌دهنده دارد (Pradeepkumar et al., 2020). در واقع تنظیم کننده‌های گیاهی برای فرآیندهای گوناگون رشد و نمو گیاهی ضروری هستند. جیبرلیک اسید یک تنظیم کننده گیاهی طبیعی است که به دلیل تأثیر مثبت آن بر رشد و نمو گیاهان از جمله تسریع فرآیند گل‌دهی و کوتاه کردن دوره نونهالی، به طور گسترده در صنعت کشاورزی و باغبانی استفاده می‌گردد (Cornea-Cipcigan et al., 2020). در گزارشی، Othman و همکاران (2021) بیان کردند که کاربرد جیبرلیک اسید در ژربرا و سوسن، موجب افزایش طول و قطر شاخه گل‌دهنده و کوتاه کردن دوره نونهالی گردید که می‌تواند به طور بالقوه کیفیت گل را افزایش دهد.

در پژوهشی، Coelho و همکاران (2018) نیز گزارش کردند که محلول پاشی جیبرلین موجب افزایش ارتفاع شاخه و تعداد گل آذین در گل‌های بریدنی گردید. این ترکیب فرایند گل‌دهی را تسریع و پژمرده شدن گل‌ها را به تاخیر انداخت که در نهایت کمیت و کیفیت گل‌های بریدنی را افزایش داد. همچنین بیشترین طول اسپادیکس در گل آنتوریوم در گیاهانی به دست آمد که تحت تأثیر تنظیم کننده رشد گیاهی جیبرلین قرار گرفتند (Beena., 2000; Pradeepkumar et al., 2020). کاربرد این تنظیم کننده در گل رز موجب افزایش طول جوانه، قطر گل و تعداد گل در مقایسه با شاهد گردید (Pradeepkumar et al., 2020; Dhekney. 2000). کاربرد جیبرلیک اسید می‌تواند در افزایش طول عمر برگ‌ها و طولانی شدن عمر گلجایی گل‌های بریدنی مؤثر باشد (Ichimura & Goto, 2000). جیبرلیک اسید همچنین نقش مهمی در پیشرفت فرآیندهای گوناگون در طول رشد گیاه مانند گل‌انگیزی، افزایش طول و ارتفاع گیاه، تعداد برگ‌ها، تأخیر در پیری، حفظ کلروفیل و عملکرد گیاهان مختلف ایفا می‌کند (Emami et al., 2011; Rani & Singh, 2013).

شیپوری یکی از مهم‌ترین گیاهان زینتی است که در سراسر جهان به صورت گل‌های گلدانی و بریدنی عرضه می‌گردد و افزایش کیفیت و کمیت این گل می‌تواند اقتصاد تولیدکنندگان را تحت تأثیر قرار دهد و با توجه به اینکه اطلاعات محدودی از کاربرد تنظیم کننده‌های رشد گیاهی بر روی این گیاه وجود دارد. بنابراین، هدف از این پژوهش، بررسی اثر سطوح مختلف جیبرلیک اسید بر صفات کمی، کیفی و ماندگاری شیپوری و تعیین بهترین سطح این تنظیم کننده بود.

مواد و روش‌ها

برای ارزیابی اثر جیبرلین (GA_3) بر صفات کمی و کیفی واریته‌های دو گونه شیپوری، آزمایشی به صورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در گلخانه دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز با محدوده جغرافیایی ۳۱ درجه و ۳۰ دقیقه شمالی و ۴۸ درجه و ۶۵ دقیقه طول شرقی و ارتفاع حدود ۲۲ متر از سطح دریا با میانگین دمای شب و روز به ترتیب ۱۶ و ۳۳ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی ۷۰٪ طی سال ۱۳۹۵-۱۳۹۶ اجرا شد. برای انجام این آزمایش ابتدا نیساک‌های مربوط به واریته‌های دوگونه شیپوری در ۲۲ آذرماه ۱۳۹۵ تهیه و یک سوم ریزوم‌ها به مدت ۳۰ دقیقه در



محلول‌هایی حاوی غلظت‌های مختلف GA₃ قرار گرفتند. سپس در گلدان‌هایی با حجم ۱۵ لیتر کشت شدند (بستر کشت شامل کوکوپیت و پرلیت به نسبت ۱ : ۱ بود. جهت تغذیه گیاهان بعد از ظهور گیاهچه‌ها از محلول غذایی کوپر استفاده گردید). تیمارهای آزمایشی شامل واریته‌های دو گونه شیپوری *Zantedeschia aethiopica* var. *zazu* و *rehmanii* var. *Zantedeschia summer sun* و سه سطح GA₃ (۰، ۵۰۰ و ۶۰۰ میلی گرم بر لیتر) بود. در ۸ تیرماه ۱۳۹۶ (۶ ماه بعد) صفات کمی و کیفی تعیین شد.

برای اندازه‌گیری وزن تر برگ، ابتدا در گلخانه برگ‌ها به وسیله تیغ ضدعفونی شده از گیاهان جدا شدند و در آزمایشگاه به وسیله ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۱ گرم وزن شدند. جهت تعیین وزن خشک برگ، برگ‌های متناظر هر تیمار در پاکت کاغذی قرار داده شدند و سپس به مدت ۴۸ ساعت در آون با دمای ۷۰ درجه سلسیوس تا رسیدن به وزن ثابت خشک شدند. در ادامه وزن نمونه‌های خشک با ترازوی دیجیتال (با دقت ۰/۰۱ گرم) تعیین شد. برای تعیین وزن تر گل، ابتدا گل‌ها همراه با دمگل در نزدیک به بستر کشت جدا شدند و سپس با استفاده از ترازوی ۰/۰۱ توزین گردیدند و در ادامه جهت تعیین وزن خشک، گل‌ها در پاکت کاغذی قرار داده شدند و به مدت ۴۸ ساعت در آون با دمای ۷۰ درجه سلسیوس قرار گرفته و سپس نمونه‌های خشک شده با ترازوی دیجیتال وزن شدند. جهت اندازه‌گیری سطح برگ از دستگاه سنجش سطح برگ (Delta-T Divises LTD, UK) استفاده گردید. در ادامه تعداد غنچه‌های گل شمرده شد و طول گل بریدنی و طول اسپات نیز توسط خط‌کش اندازه‌گیری گردید.

برای تعیین عمر گلجائی به صورت جداگانه در زمان مقرر (۲ ماه پس از کاشت)، در گلخانه، گل‌هایی با ساقه‌های گل‌دهنده بلندتر از هر گلدان به وسیله تیغ ضدعفونی شده با الکل، از پایین‌ترین سطح ممکن جدا شدند و گل‌ها در شرایط آزمایشگاه در بطری‌های شیشه‌ای ضدعفونی شده با ۲۰۰ میلی لیتر آب مقطر، قرار داده شدند و در ضمن برای جلوگیری از تبخیر آب بر روی دهانه هر بطری به وسیله فویل آلومینیومی پوشانده شد. بنابراین میزان عمر گلجایی واریته‌های دو گونه شیپوری از زمان برداشت گل‌ها تا شروع به تغییر رنگ و چروکیدگی نوک اسپات‌ها محاسبه گردید.

برای تعیین رنگیزه‌های فتوسنتزی کلروفیل و کاروتنوئید برگ و اسپات، از روش Arnon (1967) استفاده گردید. بدین منظور ۰/۱ گرم از بافت گیاهی در هاون چینی با استفاده از ۱۰ میلی لیتر استون ۸۰٪ عصاره‌گیری شد و پس از آن نمونه‌ها به مدت ۲۰ دقیقه با سرعت ۵۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شدند و در آخر میزان جذب روشناور در طول موج‌های ۶۶۳، ۶۴۵ و ۴۷۰ نانومتر به وسیله دستگاه اسپکتوفتومتر مدل shimadzu- uv-1201 خوانده شد. در پایان محتوای کلروفیل a، b و کلروفیل کل و کاروتنوئید بر اساس رابطه‌های ۴-۱ محاسبه شد.

$$\text{Chlorophyll a (mg/g fresh weight)} = (((12.7 A_{663}) - (2.69 A_{645})) / W) \times V \quad (\text{رابطه ۱})$$

$$\text{Chlorophyll b (mg/g fresh weight)} = (((22.9 A_{645}) - (4.68 A_{663})) / W) \times V \quad (\text{رابطه ۲})$$

$$\text{Chlorophyll a+b (mg/g fresh weight)} = (((20.08 A_{645}) + (8.02 A_{663})) / W) \times V \quad (\text{رابطه ۳})$$

$$\text{Carotenoids} = (1000(A_{470}) - 1.8 (\text{Chl a}) - 52.2 (\text{Chl b})) / 198 \quad (\text{رابطه ۴})$$



قند محلول کل

بدین منظور، ۵/۰ گرم نمونه برگ منجمد شده، با ۵ میلی‌لیتر اتانول ۹۵٪ در هاون چینی ساییده شد. قسمت روشن‌آور عصاره به‌دست آمده جمع‌آوری شد و عملیات استخراج بر روی رسوبات برگ باقی مانده، طی دو مرحله شستشو و هر مرحله با ۵ میلی‌لیتر اتانول ۷۰٪ ادامه یافت. عصاره‌های الکلی جمع‌آوری شده، به‌مدت ۱۰ دقیقه در دمای ۴ درجه سلسیوس و سرعت ۳۵۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ گردید و تا زمان تعیین مقادیر قندهای محلول کل، داخل لوله‌های آزمایش درپوش‌دار، در دمای ۴ درجه سلسیوس نگهداری شدند (Irigoyen et al., 1992).

کربوهیدرات

برای اندازه‌گیری کربوهیدرات برگ ابتدا ۱/۰ میلی‌لیتر از عصاره الکلی با ۳ میلی‌لیتر از آنترون (۱۵۰ میلی‌گرم آنترون + ۱۰۰ میلی‌لیتر اسید سولفوریک ۷۲٪) مخلوط کرده و به‌مدت ۱۰ دقیقه در حمام آب گرم قرار داده شد تا واکنش انجام و محلول رنگی شود. پس از خنک شدن، میزان جذب نوری محلول با استفاده از اسپکتروفتومتر در طول موج ۶۲۵ نانومتر قرائت گردید. برای تهیه استاندارد قندها از گلوکز خالص در غلظت‌های صفر، ۲۵۰، ۵۰۰، ۷۵۰، ۱۰۰۰، ۱۲۵۰، ۱۵۰۰، ۱۷۵۰، ۲۰۰۰، ۲۲۵۰ و ۲۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر تهیه و میزان جذب آن‌ها اندازه‌گیری گردید. سپس با استفاده از رسم منحنی استاندارد غلظت قندهای محلول برحسب میلی‌گرم بر گرم وزن تازه برگ به‌دست آمد (Irigoyen et al., 1992).

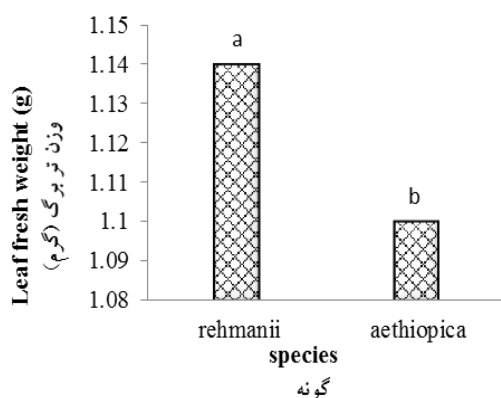
نشاسته

استخراج نشاسته به روش Marshall (1986) انجام شد. برای این کار به بقایای ته لوله‌ها پس از عصاره‌گیری با اتانول جهت اندازه‌گیری قندهای محلول مقدار ۵ میلی‌لیتر کلریک اسید ۱/۱٪ اضافه شد و به مدت ۳۰ دقیقه در حمام آب جوش در دمای ۱۰۰ درجه سلسیوس قرار داده شد. سپس با آب مقطر به حجم ۱۰ میلی‌لیتر رسانده شد. پس از رقیق کردن نمونه‌ها، یک میلی‌لیتر از هر کدام درون فالكون‌های کاملاً سرد که روی یخ قرار داشتند، ریخته و به هر لوله فالكون ۵ میلی‌لیتر محلول آنترون سرد (۱ گرم آنترون خالص در ۵۰۰ میلی‌لیتر سولفوریک اسید ۷۲٪) افزوده شد، فالكون‌ها بعد از بهم زدن شدید به مدت ۱۱ دقیقه به حمام آب جوش با دمای ۱۰۰ درجه سلسیوس انتقال یافتند. لوله‌های خارج شده از حمام آب جوش را بلافاصله به ظرف یخ منتقل کرده و بعد از ۲۰ دقیقه شدت رنگ سبز مایل به زرد حاصل در طول موج ۶۳۰ نانومتر و توسط دستگاه اسپکتروفتومتر قرائت شد. جهت تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم افزار MSTATC و SAS (version 9.1) و برای مقایسه میانگین از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵٪ استفاده شد.

نتایج

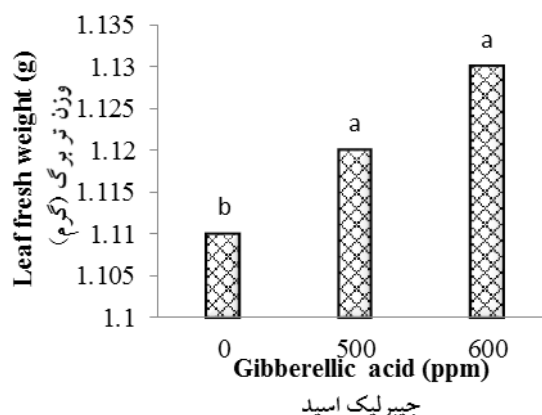
با توجه به شکل ۱ میزان وزن تر برگ تحت تأثیر تیمارهای مورد استفاده قرار گرفت و با افزایش غلظت جیبرلیک اسید به‌طور معنی‌داری افزایش یافت، به‌گونه‌ای که سطح ۶۰۰ میلی‌گرم بر لیتر GA₃ دارای بیشترین وزن تر برگ (۱/۱۳ گرم) بود. همچنین با بررسی اثرات ساده گونه در وزن تر برگ (شکل ۲) مشاهده گردید که گونه *Z. rehmanii* var. *summer sun* نسبت به گونه *Z. aethiopica* var. *zazu* وزن تر برگ را به‌طور معنی‌داری افزایش داد.





شکل ۲- اثر گونه بر وزن تر برگ. ستون های دارای حروف مشترک فاقد تفاوت معنادار در سطح احتمال ۵٪ با آزمون دانکن هستند.

Figure 2- Effect of species on leaf fresh weight. Columns with the same letters are not significantly different at $P \leq 0.05$, according to Duncan test.



شکل ۱- اثر جیبرلیک اسید بر وزن تر برگ. ستون های دارای حروف مشترک فاقد تفاوت معنادار در سطح احتمال ۵٪ با آزمون دانکن هستند.

Figure 1- Effect of gibberellic acid on leaf fresh weight. Columns with the same letters are not significantly different at $P \leq 0.05$, according to Duncan test.

مطابق نتایج ارائه شده در جدول ۱ افزایش غلظت GA_3 موجب افزایش معنی دار وزن خشک برگ گردید و در تمام سطوح تیمار جیبرلیک اسید بیشترین وزن خشک برگ (۰/۹۸۶ گرم) در غلظت ۶۰۰ میلی گرم بر لیتر GA_3 و گونه *Z. aethiopica* var. *zazu* مشاهده گردید که نسبت به همه ی غلظت های جیبرلین در گونه *rehmanii* معنی دار شد اما نسبت به بقیه غلظت ها در گونه *aethiopica* معنی دار نگردید. کمترین وزن خشک برگ (۰/۹۰۶ گرم) با ۸/۱۱٪ کاهش در گونه *Z. rehmanii* var. *summer sun* بدون اعمال جیبرلیک اسید مشاهده گردید. افزایش غلظت تیمار جیبرلیک اسید در واریته های هر دو گونه موجب افزایش وزن تر گل شد که این افزایش در غلظت ۶۰۰ میلی گرم بر لیتر GA_3 در *Z. aethiopica* var. *zazu* به بیشترین میزان (۰/۹۳۰ گرم) رسید که نسبت به غلظت صفر جیبرلیک اسید در گونه *Z. rehmanii* var. *summer sun* معنی دار شد. کمترین وزن تر گل (۰/۷۳۰ گرم) با ۲۱/۵۰٪ کاهش در گونه *Z. rehmanii* var. *summer sun* بدون استفاده از جیبرلیک اسید به دست آمد. افزایش غلظت جیبرلیک اسید در واریته های هر دو گونه وزن خشک گل را افزایش داد به طوری که بیشترین وزن خشک گل (۰/۶۷۳ گرم) در گونه *Z. rehmanii* var. *summer sun* با تیمار ۶۰۰ میلی گرم بر لیتر جیبرلیک اسید به دست آمد که نسبت به اغلب تیمارها افزایش معنی داری داشت. همچنین کمترین وزن خشک گل (۰/۵۳۳ گرم) در گونه *Z. rehmanii* var. *summer sun* و شرایط بدون کاربرد GA_3 مشاهده گردید. سطح برگ تحت تأثیر گونه و غلظت جیبرلیک اسید قرار گرفت به طوری که افزایش غلظت جیبرلیک اسید به ۶۰۰ میلی گرم بر لیتر در گونه *Z. rehmanii* var. *summer sun* دارای بیشترین سطح برگ (۳/۸۸۰ میلی متر مربع) بود که نسبت به اغلب تیمارها افزایش معنی داری داشت و کمترین سطح برگ

(۳/۵۶۰ میلی متر مربع) در *Z. aethiopica* var. *zazu* بدون کاربرد GA_3 مشاهده گردید. در غلظت ۶۰۰ میلی گرم بر لیتر جیبرلیک اسید گونه *aethiopica* افزایش ۹/۶۰ درصدی در میزان سطح برگ نسبت به گونه *rehmanii* داشت.

جدول ۱- مقایسه میانگین اثر تیمار جیبرلیک اسید بر برخی صفات مورفولوژیک دو گونه شیپوری.

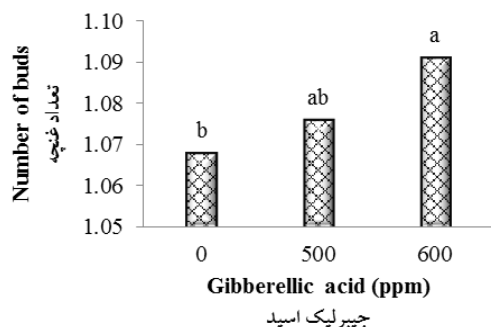
Table 1- Mean comparison of the effect of gibberellic acid treatment on some morphological traits of two *Zantedeschia* species.

جیبرلیک اسید (پی پی ام) Gibberellic acid (ppm)	گونه Species	وزن خشک برگ (گرم) Leaf dry weight (g)	وزن تر گل (گرم) Leaf fresh weight (g)	وزن خشک گل (گرم) Flower dry weight (g)	سطح برگ (میلی متر مربع) Leaf area (mm ²)
0	<i>Z. rehmanii</i> var. <i>summer sun</i>	0.906 ^c	0.730 ^b	0.533 ^b	3.843 ^{ab}
	<i>Z. aethiopica</i> var. <i>zazu</i>	0.976 ^a	0.900 ^a	0.580 ^b	3.560 ^c
500	<i>Z. rehmanii</i> var. <i>summer sun</i>	0.950 ^b	0.813 ^{ab}	0.623 ^{ab}	3.810 ^b
	<i>Z. aethiopica</i> var. <i>zazu</i>	0.983 ^a	0.870 ^a	0.553 ^b	3.500 ^d
600	<i>Z. rehmanii</i> var. <i>summer sun</i>	0.940 ^b	0.860 ^a	0.673 ^a	3.880 ^a
	<i>Z. aethiopica</i> var. <i>zazu</i>	0.986 ^a	0.930 ^a	0.570 ^b	3.540 ^{dc}

در هر ستون میانگین‌های دارای حرف مشترک، در سطح احتمال ۵٪ آزمون دانکن دارای اختلاف معنی دار نمی‌باشند.

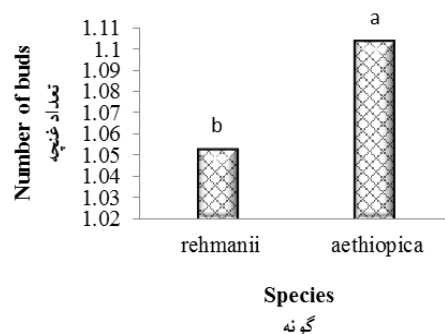
In each column, the means with the same letter do not significantly differ using DMRT at the 5% probability level.

تعداد غنچه گل نیز تحت تأثیر اثرات اصلی گونه و جیبرلیک اسید قرار گرفت. مطابق با یافته‌های حاصل از شکل ۳ بیشترین تعداد غنچه در گونه *Z. aethiopica* var. *zazu* و کم‌ترین تعداد غنچه در گونه *Z. rehmanii* var. *summer sun* مشاهده شد که این تفاوت معنی دار بود. افزایش غلظت جیبرلیک اسید همچنین موجب افزایش تعداد غنچه گردید به‌طوری‌که بیشترین تعداد غنچه در غلظت ۶۰۰ میلی گرم بر لیتر جیبرلیک اسید مشاهده گردید که نسبت به شاهد افزایش معنی داری داشت (شکل ۴). بر اساس شکل ۵ طول گل بریدنی تحت تأثیر گونه قرار گرفت و بیشترین طول گل بریدنی در *Z. aethiopica* var. *zazu* به‌دست آمد که تفاوت معنی داری با *Z. rehmanii* var. *summer sun* داشت. طول اسپات تحت تأثیر اثرات اصلی تیمارهای مورد استفاده قرار گرفت با بررسی تأثیر سطوح مختلف تیمار جیبرلیک اسید بر طول اسپات شیپوری مشخص شد که غلظت ۶۰۰ میلی گرم بر لیتر جیبرلیک اسید دارای بیشترین طول اسپات بود که نسبت به شاهد معنی دار گردید اما نسبت به سطح ۵۰۰ میلی گرم بر لیتر جیبرلیک اسید اختلاف معنی داری نداشت (شکل ۶).



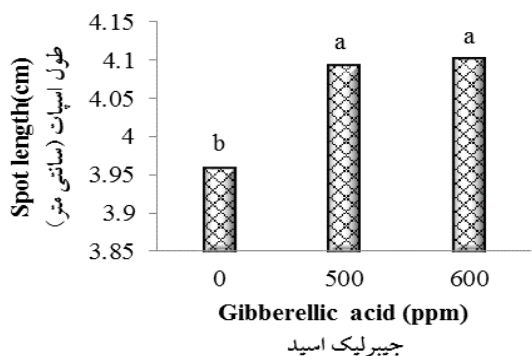
شکل ۴- اثر جیبرلیک اسید بر تعداد غنچه. ستون های دارای حروف مشترک فاقد تفاوت معنادار در سطح احتمال ۵٪ با آزمون دانکن هستند.

Figure 4- Effect of gibberellic acid on the number of buds. Columns with the same letters are not significantly different at $P \leq 0.05$, according to Duncan test.



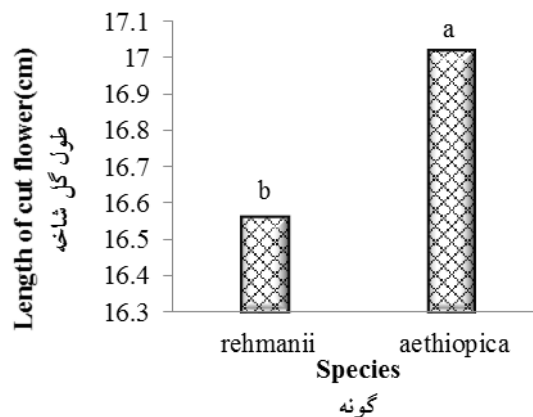
شکل ۳- اثر گونه بر تعداد غنچه گل شیپوری. ستون های دارای حروف مشترک فاقد تفاوت معنادار در سطح احتمال ۵٪ با آزمون دانکن هستند.

Figure 3- Effect of species on number of buds *Zantedeschia* flower. Columns with the same letters are not significantly different at $P \leq 0.05$, according to Duncan test.



شکل ۶- اثر سطوح جیبرلیک اسید بر طول اسپات. ستون های دارای حروف مشترک فاقد تفاوت معنادار در سطح احتمال ۵٪ با آزمون دانکن هستند.

Figure 6- Effect of gibberellic acid levels on spot length. Columns with the same letters are not significantly different at $P \leq 0.05$, according to Duncan test.

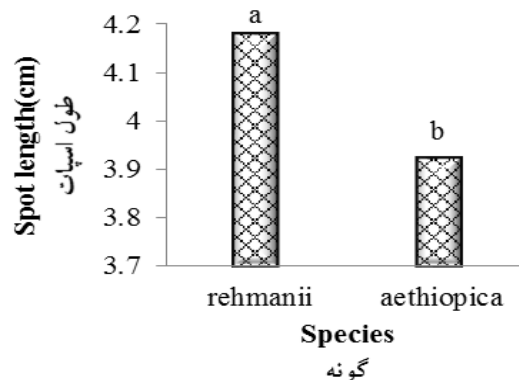
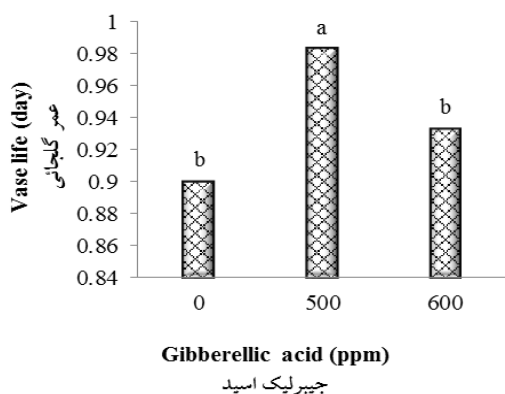


شکل ۵- اثر گونه بر طول گل شاخه بریده. ستون های دارای حروف مشترک فاقد تفاوت معنادار در سطح احتمال ۵٪ با آزمون دانکن هستند.

Figure 5- Effect of species on the length of the cut flower. Columns with the same letters are not significantly different at $P \leq 0.05$, according to Duncan test.

طول اسپات همچنین تحت تأثیر گونه قرار گرفت و *Z. rehmanii* var. summer sun دارای بیشترین طول اسپات بود که در مقایسه با *Z. aethiopica* var. zazu تفاوت معنی داری داشت (شکل ۷). با توجه شکل ۸ عمر گلجائی تحت تأثیر غلظت جیبرلیک اسید قرار گرفت و گیاهان تیمار شده با غلظت ۵۰۰ میلی گرم بر لیتر جیبرلیک اسید، عمر گلجای بیشتری نسبت به

سایر سطوح جیبرلیک اسید داشتند که این افزایش معنی‌دار گردید اما بین غلظت ۰ و ۶۰۰ میلی‌گرم بر لیتر GA_3 اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. عمر گلجائی در هر دو گونه مورد آزمایش متفاوت بود. گونه *Z. aethiopica* var. *zazu* دارای افزایش معنی‌داری در عمر گلجای نسبت به گونه *Z. rehmanii* var. *summer sun* بود (شکل ۹).

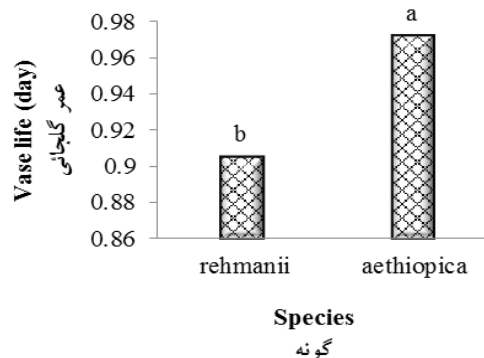
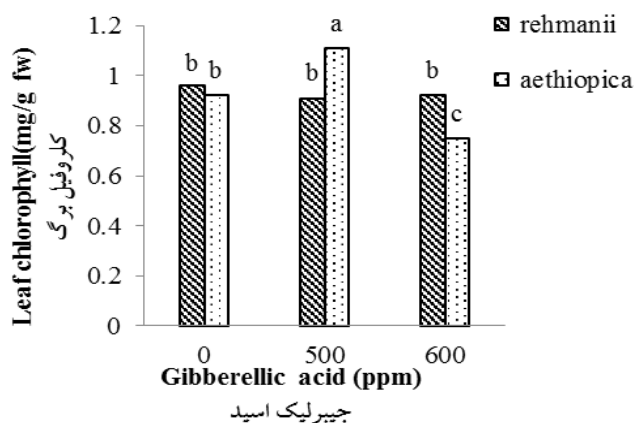


شکل ۸- اثر سطوح جیبرلیک اسید بر عمر گلجائی گل شیپوری. ستون های دارای حروف مشترک فاقد تفاوت معنادار در سطح احتمال ۵٪ با آزمون دانکن هستند.

Figure 8- The effect of gibberellic acid levels on the vase life. Columns with the same letters are not significantly different at $P \leq 0.05$, according to Duncan test.

شکل ۷- اثر گونه بر طول اسپات گل شیپوری. ستون های دارای حروف مشترک فاقد تفاوت معنادار در سطح احتمال ۵٪ با آزمون دانکن هستند.

Figure 7- Effect of species on spot length. Columns with the same letters are not significantly different at $P \leq 0.05$, according to Duncan test.



شکل ۱۰- برهمکنش جیبرلیک اسید در گونه بر میزان کلروفیل برگ گل شیپوری. ستون های دارای حروف مشترک فاقد تفاوت معنادار در سطح احتمال ۵٪ با آزمون دانکن هستند.

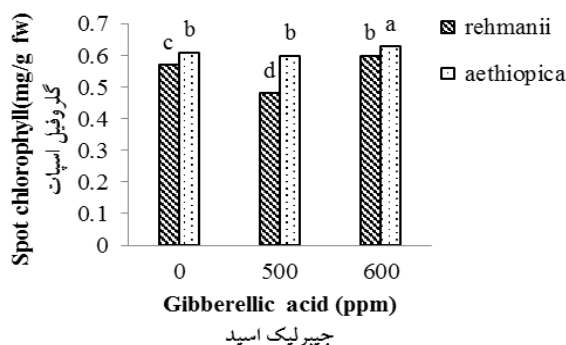
Figure 10- Interaction effects of gibberellic acid and species on leaf chlorophyll. Columns with the same letters are not significantly different at $P \leq 0.05$, according to Duncan test.

شکل ۹- اثر گونه بر عمر گلجائی گل شیپوری. ستون های دارای حروف مشترک فاقد تفاوت معنادار در سطح احتمال ۵٪ با آزمون دانکن هستند.

Figure 9- Effect of species on vase life. Columns with the same letters are not significantly different at $P \leq 0.05$, according to Duncan test.

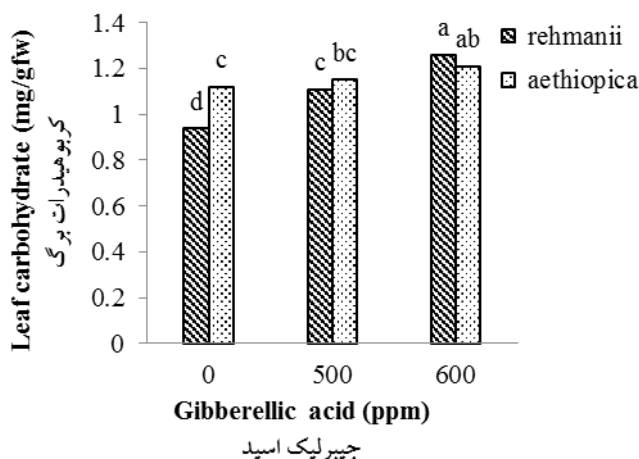
یافته‌های به‌دست آمده از برهمکنش جیبرلیک اسید در گونه (شکل ۱۰) نشان داد که میزان کلروفیل برگ تحت تأثیر برهمکنش گونه و جیبرلیک اسید قرار گرفت به طوری که بیشترین کلروفیل کل برگ در تیمار غلظت ۵۰۰ میلی گرم بر لیتر جیبرلیک اسید و گونه *Z. aethiopica* var. *zazu* به دست آمد که نسبت به بقیه تیمارها اختلاف معنی‌داری داشت. در گونه *Z. rehmanii* var. *summer sun* میزان کلروفیل تحت تأثیر کاربرد جیبرلیک اسید قرار نگرفت. میزان کاروتنوئید در گونه *Z. rehmanii* var. *summer sun* تحت تأثیر کاربرد جیبرلیک اسید قرار نگرفت اما در گونه *Z. aethiopica* var. *zazu* کاربرد جیبرلیک اسید در غلظت ۵۰۰ میلی گرم در لیتر میزان کاروتنوئید را نسبت به بقیه تیمارها به طور معنی‌داری افزایش داد (شکل ۱۱). در شکل ۱۲ کاربرد جیبرلیک اسید در واریته‌های هر دو گونه شیپوری موجب افزایش میزان کلروفیل اسپات گردید به طوری که غلظت ۶۰۰ میلی گرم بر لیتر جیبرلیک اسید در گونه *Z. aethiopica* var. *zazu* دارای بیشترین میزان کلروفیل اسپات بود که نسبت به بقیه تیمارها افزایش معنی‌داری داشت و کم‌ترین میزان کلروفیل اسپات در گونه *Z. rehmanii* var. *summer sun* و غلظت ۵۰۰ میلی گرم بر لیتر جیبرلیک اسید به‌دست آمد. کاربرد جیبرلیک اسید در گونه *Z. rehmanii* var. *summer sun* تأثیر معنی‌داری بر میزان کاروتنوئید اسپات نشان نداد اما در گونه *Z. aethiopica* var. *zazu* کاربرد ۵۰۰ میلی گرم در لیتر جیبرلیک اسید، سبب افزایش کاروتنوئید اسپات در مقایسه با شاهد (عدم مصرف جیبرلیک اسید) گردید (شکل ۱۳). براساس یافته‌های حاصل از شکل ۱۴ میزان کربوهیدرات در واریته‌های هر دو گونه تحت تأثیر غلظت جیبرلیک اسید افزایش یافت به طوری که بیشترین میزان کربوهیدرات (۱/۲۶۶ میلی گرم بر گرم وزن تر برگ) در گونه *Z. rehmanii* var. *summer sun* تحت تأثیر غلظت ۶۰۰ میلی گرم بر لیتر جیبرلیک اسید به دست آمد که نسبت به اغلب تیمارها افزایش معنی‌داری داشت. همچنین کم‌ترین میزان کربوهیدرات برگ (۰/۹۴ میلی گرم بر گرم وزن تر برگ) با ۲۵/۷۵٪ کاهش در گونه *Z. rehmanii* var. *summer sun* بدون کاربرد جیبرلیک اسید بدست آمد. طبق نتایج حاصل از مقایسه میانگین داده‌ها (شکل ۱۵) افزایش غلظت جیبرلیک اسید موجب افزایش میزان نشاسته در واریته‌های هر دو گونه گردید که این افزایش در بالاترین غلظت جیبرلیک اسید معنی‌دار گردید. بیشترین میزان نشاسته برگ (۱/۲۹۶ میلی گرم بر گرم وزن تر برگ) در گونه *Z. rehmanii* var. *summer sun* تیمار شده با ۶۰۰ میلی گرم بر لیتر جیبرلیک اسید مشاهده گردید. همچنین در واریته‌های هر دو گونه از نظر نشاسته برگ در غلظت‌های صفر و ۵۰۰ میلی گرم بر لیتر جیبرلیک اسید اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد.





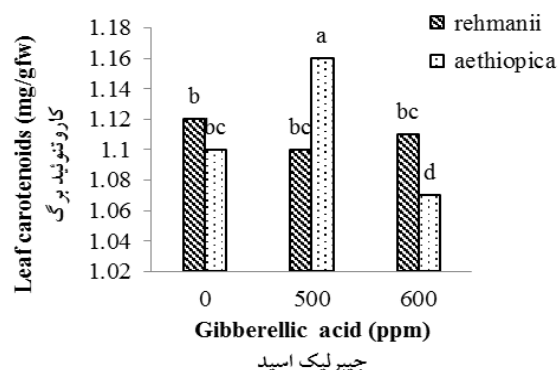
شکل ۱۲- برهمکنش جیبرلیک اسید در گونه بر میزان کلروفیل اسپات. ستون های دارای حروف مشترک فاقد تفاوت معنادار در سطح احتمال ۵٪ با آزمون دانکن هستند.

Figure 12- Interaction effects of gibberellic acid and species on spot chlorophyll. Columns with the same letters are not significantly different at $P \leq 0.05$, according to Duncan test.



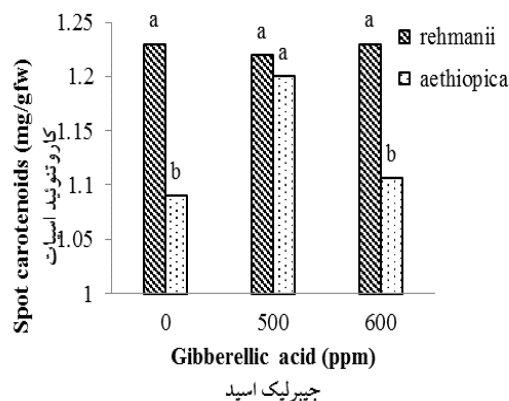
شکل ۱۴- برهمکنش جیبرلیک اسید در گونه بر میزان کربوهیدرات برگ. ستون های دارای حروف مشترک فاقد تفاوت معنادار در سطح احتمال ۵٪ با آزمون دانکن هستند.

Figure 14- Interaction effects of gibberellic acid and species on leaf carbohydrate. Columns with the same letters are not significantly different at $P \leq 0.05$, according to Duncan test.



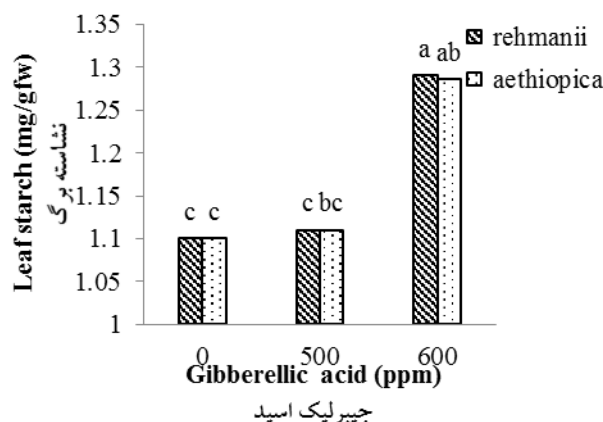
شکل ۱۱- برهمکنش جیبرلیک اسید در گونه بر میزان کاروتنوئید برگ. ستون های دارای حروف مشترک فاقد تفاوت معنادار در سطح احتمال ۵٪ با آزمون دانکن هستند.

Figure 11- Interaction effects of gibberellic acid and species on leaf carotenoids. Columns with the same letters are not significantly different at $P \leq 0.05$, according to Duncan test.



شکل ۱۳- برهمکنش تیمار جیبرلیک اسید در گونه بر صفت کاروتنوئید اسپات. ستون های دارای حروف مشترک فاقد تفاوت معنادار در سطح احتمال ۵٪ با آزمون دانکن هستند.

Fig 13- Interaction effects of gibberellic acid and species on spot carotenoids. Columns with the same letters are not significantly different at $P \leq 0.05$, according to Duncan test.



شکل ۱۵- برهمکنش جیبرلیک اسید در گونه بر میزان نشاسته برگ. ستون های دارای حروف مشترک فاقد تفاوت معنادار در سطح احتمال ۰.۵٪ با آزمون دانکن هستند.

Figure 15- Interaction effects of gibberellic acid and species on leaf starch. Columns with the same letters are not significantly different at $P \leq 0.05$, according to Duncan test.

بحث

براساس نتایج حاصل از پژوهش حاضر، خصوصیات مورفولوژیکی تحت تأثیر اثرات گونه و جیبرلیک اسید قرار گرفتند به-طوری که کاربرد جیبرلیک اسید به خصوص در غلظت ۶۰۰ میلی گرم در لیتر موجب افزایش وزن تر و خشک برگ، وزن تر و خشک گل و سطح برگ گردید که افزایش در وزن تر و خشک برگ می تواند به دلیل افزایش سطح و تعداد برگ در اثر کاربرد GA_3 باشد. نتایج به دست آمده از پژوهش حاضر با نتایج حاصل از مطالعات Aparna و همکاران (2018) مطابقت نشان داد. آنها بیان کردند که کاربرد GA_3 خصوصیات رشدی گیاه داوودی از جمله وزن تر و خشک گیاه، سطح برگ و رنگدانه های فتوسنتزی را افزایش داد. جیبرلیک اسید به طور گسترده در کشاورزی و باغبانی به عنوان ابزاری برای کاهش هزینه، افزایش بهره وری و ارزش گیاهان زینتی استفاده می شود. اثر تیمارهای GA به گونه، غلظت و زمان کاربرد بستگی دارد (Cornea-Cipcigan, 2020). جیبرلیک اسید یکی از مهم ترین تنظیم کننده ها در فرآیندهای رشد گیاهی است که موجب طولی شدن سلولی می گردد و از این طریق در افزایش پارامترهای رشد از جمله گسترش سطح برگ نقش دارد (Cornea-Cipcigan, 2020).

در گزارشی، Emami و همکاران، (2011) بیان کردند جیبرلیک اسید موجب افزایش وزن تر در گیاهانی از جمله سوسن شد. در پژوهشی، Mortazavi و همکاران (2011) بیان کردند که حداکثر وزن گل بریده شیپوری در تیمار ۲۰۰ میلی گرم بر لیتر جیبرلیک اسید به دست آمد. افزایش وزن گیاه می تواند به دلیل تأثیر جیبرلیک اسید بر افزایش ارتفاع، تعداد برگ، سطح برگ و تعداد شاخه باشد (Shah et al., 2006). افزایش این پارامترهای رشدی باعث رشد بیشتر اندام هوایی گیاه و در نهایت موجب بیشتر شدن وزن تر و خشک برگ و قسمت های هوایی می گردد (Sifola & Barbieri, 2006). GA_3 به عنوان تنظیم کننده رشد

در فعالیت‌های فیزیولوژیکی گیاهی دخالت داشته و پتانسیل اسمزی محلول سلولی را کاهش و جریان آب به سمت سلول و تورژسانس را افزایش می‌دهد که در نهایت موجب طویل شدن سلول و گسترش دیواره سلولی می‌گردد که از این طریق صفات رشدی متعددی از جمله رشد مریستم، طویل شدن ساقه و شروع سرآغازهای برگ را در گیاهان میخک بهبود می‌بخشد (Ayesha et al., 2020; El-Naggar et al., 2009). همچنین Shah و همکاران (2006) بیان کردند افزایش سطح برگ می‌تواند به دلیل تأثیر جیبرلیک اسید بر افزایش تقسیم سلولی، طویل شدن سلولی و در نتیجه افزایش جذب مواد غذایی باشد. علاوه بر این جیبرلیک اسید با منفی کردن پتانسیل آب سلولی، سبب افزایش وزن تر گل‌ها می‌گردد به طوری که جیبرلیک اسید با برخی از فرآیندها، تنش دیواره سلولی را افزایش داده و بنابراین کاهش پتانسیل آب و جذب بیشتر آب به یاخته باعث افزایش وزن تر گل آلسترومریا^۱ و سوسن^۲ گردید (Mutui et al., 2001).

مطابق با نتایج به دست آمده از پژوهش حاضر کاربرد جیبرلیک اسید خصوصیات گل‌دهی از جمله تعداد غنچه، طول اسپات، طول گل بریدنی و عمر گلجائی را به طور معنی‌داری در شیپوری افزایش داد. این تنظیم کننده رشد موجب کاهش آبسزیک‌اسید و تسریع در رشد رویشی می‌گردد که از این طریق موجب القای گل‌انگیزی و افزایش رشد زایشی می‌گردد. این نتایج با نتایج حاصل از پژوهش Emami و همکاران (2011) مطابقت دارد که گزارش کردند کاربرد GA₃ سبب القای گل‌انگیزی در گیاه می‌شود در نتیجه می‌تواند باعث ارتقاء برخی از اثرگذاری‌های مطلوب گیاه مانند یکنواخت کردن گلدهی، افزایش شمار غنچه و اندازه گل گردد. همچنین Hajisamadiasl و همکاران (2011) بیان کردند که کاربرد جیبرلیک اسید موجب افزایش گل‌آذین و تعداد گل گردید که دلیل آن تأثیر جیبرلیک اسید بر اکثر فرآیندهای فیزیولوژیکی و در نهایت افزایش در رشد کلی گیاه است که افزایش رشد گیاه می‌تواند انتقال گیاه از مرحله رویشی به زایشی را تسریع کند. جیبرلیک اسید نقش مهمی در پیشرفت فرآیندهای گوناگون در طول رشد گیاه از جمله افزایش طول و ارتفاع گیاهان مختلف ایفا می‌کند (Rani & Singh, 2013) که طبق گزارش‌ها جیبرلیک اسید طول ساقه گل‌دهنده را در لاله (Ranwala & William, 2009; Kim & Miller, 2008) و مریم (Kheiry et al., 2011) افزایش داده است. جیبرلیک اسید باعث پیشرفت قابل توجهی در تقسیم و طویل شدن سلول گردیده و در عین حال بیان ژن را که باعث باز شدن گل می‌شود افزایش داده است (Ayesha et al., 2020). همچنین GA₃ با مهار عملکرد آبسزیک‌اسید (Sajid et al., 2016) سبب افزایش جذب مواد مغذی، کربوهیدرات، متعادل کردن نسبت C/N در برگ‌ها و موجب گل‌دهی زود هنگام و افزایش رشد زایشی می‌گردد (Ayesha et al., 2020). GA₃ موجب افزایش عمر گلجائی در شیپوری گردید. این تنظیم کننده رشد موجب حفظ کلروفیل و شادابی گیاه شده و در نتیجه روند پیری را به تأخیر می‌اندازد. این نتایج با نتایج پژوهش Doorn و Kamdee (2014) مطابقت دارد. آنها بیان کردند که GA₃ با فعال‌سازی آنزیم‌های هیدرولیز، سنتز اتیلن را کاهش داده و موجب به تأخیر انداختن روند پیری می‌گردد. افزایش ماندگاری گل‌های بریده یکی از مهم‌ترین عوامل مؤثر در کیفیت و بازارپسندی محسوب می‌گردد. جیبرلیک اسیدها همانند سیتوکینین‌ها در افزایش ماندگاری گل‌های بریدنی زینتی نظیر میخک و نرگس مؤثر بودند (Sultan & Farooq, 1999). در بررسی اثر جیبرلیک اسید بر خصوصیات پس از برداشت گل شیپوری گزارش شده است که تیمار جیبرلیک اسید



به طور قابل ملاحظه‌ای ظاهر گیاه را حفظ کرده و باعث تأخیر در پیری برگ‌ها و افزایش عمر پس از برداشت آن‌ها شد که این امر از طریق کاهش pH شیره سلولی انجام می‌گیرد که مانع تجزیه کلروفیل و جلوگیری از زردی گیاه می‌گردد (Skutnik et al., 2003). براساس نتایج ارائه شده از پژوهش حاضر کاربرد جیبرلیک اسید موجب افزایش میزان کلروفیل و کاروتنوئید در برگ و اسپات گیاه شیپوری گردید. این نتایج با نتایج Janowsk و Jerzy (2003) مطابقت نشان داد. آنها گزارش کردند که کاربرد جیبرلیک اسید در برگ‌های شیپوری از تخریب کلروفیل جلوگیری و موجب افزایش میزان کلروفیل گردید؛ که دلیل آن تأثیر جیبرلیک اسید بر افزایش فعالیت آنزیم رویسکو است که آنزیم اصلی فتوسنتز در گیاهان است. در واقع، نقش مؤثر جیبرلیک اسید در جلوگیری از فعالیت آنزیم‌های تخریب کننده کلروفیل از جمله کلروفیلاز است که در نهایت از تجزیه کلروپلاست و کلروفیل جلوگیری می‌کند و منجر به کاهش پیری برگ و افزایش کلروفیل (Emongor & Tshwenyane, 2004) و جلوگیری از زرد شدن برگ‌ها (Guo et al., 2003) می‌شود. همچنین نتایج نشان داد که کاربرد جیبرلیک اسید میزان نشاسته و کربوهیدرات را افزایش داد. کربوهیدرات محلول و قندهای احیاء تحت تأثیر تنظیم کننده رشد گیاهی جیبرلیک اسید قرار گرفتند. جیبرلیک اسید باعث افزایش مقدار کربوهیدرات محلول در گیاه گردید (Kheiry et al., 2011). با توجه به پژوهش‌ها، کاربرد تنظیم کننده‌های رشد گیاهی در زمان مناسب موجب افزایش فعالیت آنزیم‌های کلیدی دخیل در تبدیل ساکارز به نشاسته می‌گردد که موجب افزایش میزان نشاسته می‌شود (Mohammadi et al., 2012).

نتیجه‌گیری

با توجه به اینکه هدف از این پژوهش، بررسی اثر سطوح مختلف جیبرلیک اسید (GA_3) بر صفات کمی، کیفی و ماندگاری شیپوری بود، نتایج نشان داد که کاربرد GA_3 موجب افزایش معنی‌دار ویژگیهای مورفولوژیکی از جمله وزن تر و خشک برگ، گل و سطح برگ گردید. همچنین کاربرد این تنظیم کننده رشد فاکتورهای گل دهی از جمله تعداد غنچه، طول اسپات، عمرگلجایی و رنگیزه‌های فتوسنتزی، میزان کربوهیدرات و نشاسته را به‌طور معنی‌داری افزایش داد. به‌طور کلی، کاربرد GA_3 به‌ویژه در غلظت ۶۰۰ میلی گرم بر لیتر در بهبود فاکتورهای کمی و کیفی واریته‌های دو گونه شیپوری نسبت به بقیه غلظت‌ها مؤثرتر بود.

سپاسگزاری

نویسندگان از معاونت محترم پژوهشی دانشگاه شهید چمران اهواز برای حمایت مالی کمال تشکر را دارند.

منابع

- Aitken, A., Hewett, E. (2009). Fresh facts: New Zealand horticulture. New Zealand Institute for Plant and Food Research. Auckland, 1- 32.
- Arnon, A. N. (1967). Method of extraction of chlorophyll in the plants. *Agronomy Journal*, 23, 112-121.
- Aparna, V., Prakash, K., Neema, M., Ajay, A., Kumar, N., Singh, M. C. (2018). Effect of Gibberellic Acid on plant growth and flowering of Chrysanthemum cv. Thai Chen Queen under short day planting conditions. *International Journal of Agriculture Sciences*, 10, 6274-6278.



- Arun, D. S., Ashok, A. D., Rengasamy, P. (2000). Effect of some growth regulating chemicals on growth and flowering of rose cv. First Red under greenhouse conditions. *Journal of Ornamental Horticulture*, 3, 51-53.
- Ayesha, R., Hassan, I., Abbasi, N. A., Khan, K. S. (2020). Regulation of morpho-physiological and vase quality attributes of carnation (*Dianthus caryophyllus*) cv. 'Tabasco' mediated by GA₃. *Pakistan of Journal of Botany*, 52, 1561-1568.
- Beena R. (2000). Effect of growth regulators on the growth and flowering of anthurium. *Journal of Plant Physiology*, 2, 1-10.
- Chandel, A., Thakur, M., Rakwal, A., Chauhan, S., Bhargava, B. (2023). Exogenous applications of gibberellic acid modulate the growth, flowering and longevity of calla lily. *Heliyon*, 9, 1-12.
- Coelho, L., Fkiara, A., Mackenzie, K., Müller, R., Lütken, H. (2018). Exogenous application of gibberellic acid improves flowering in Kalanchoë. *HortScience*, 53, 342-346.
- Cornea-Cipcigan, M., Pamfil, D., Sisea, C. R., Mărgăoan, R. (2020). Gibberellic acid can improve seed germination and ornamental quality of selected cyclamen species grown under short and long days. *Agronomy*, 10, 516-522.
- Doorn, W., Kamdee, C. (2014). Flower opening and closure: an update. *Journal of Experimental Botany*, 65, 5749-5757.
- Emongor, V., Tshwenyane, S.O. (2004). Effect of accel on the postharvest vase life of Easter lily. *Agriculture Science*, 3, 170-174.
- El-Naggar, A.H., El-Naggar, A.A.M., Ismaiel, N.M. (2009). Effect of phosphorus application and gibberellic acid on the growth and flower quality of (*Dianthus caryophyllus* L.). *Journal of Agriculture and Environmental Science*, 6, 400-410.
- Emami, H., Saeidnia, M., Hatamzadeh, A., Bakhshi, D., Ghorbani, E. (2011). The Effect of gibberellic acid and benzyladenine in growth and flowering of lily (*Lilium longiflorum*). *Advances in Environmental Biology*, 5, 1606-1611.
- Guo, W., Zheng, L., Zheng, Z., Zheng, W. (2003). Phytohormones regulate senescence of cut chrysanthemum. *Acta Horticulture*, 624, 349-355.
- Gupta, R., Chakrabarty, S. K. (2013). Gibberellic acid in plant: still a mystery unresolved. *Plant signaling & behavior*, 8, 1-5.
- Hajisamadi Asl, B., Hassanpouraghdam, M. B., Khalighi, A. (2011). Effects of gibberellic acid (GA₃) foliar application on growth characteristics and essential oil of Lavender (*Lavandula officinalis* Chaix.). *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, 21, 23-32.
- Ichimura, K., Goto, R. (2000). Effect of gibberellin (GA₃) on leaf yellowing and vase life of cut *Narcissus tazetta* var. *chinensis* flowers. *Journal of The Japanese Society for Horticultural Science*, 69, 423-427.



- Irigoyen, J. J., Einerich, D. W., Sánchez-Díaz, M. (1992). Water stress induced changes in concentrations of proline and total soluble sugars in nodulated alfalfa (*Medicago sativa*) plants. *Physiologia Plantarum*, 84, 55-60.
- Janowsk, B., Jerzy, M. (2003). Effect of gibberellic acid on post harvest leaf longevity of *Zantedeschia elliottiana*. *Journal of Fruit and Ornamental Plant Research*, 11, 69-76
- Kheiry, A., Khalighi, A., Mostofi, Y., Naderi, R. (2011). Effects of gibberellic acid (GA3) and benzyladenine on tuberose quality and quantity. *Journal of Crops Improvement*, 13, 9-20.
- Kim, H. J., Miller, W. B. (2009). GA4+7 plus BA enhance post-production quality in pot tulips. *Postharvest Biological Technology*, 51, 272-277.
- Marshall, J. D. (1986). Drought and shade interact to cause fine-root mortality in Douglas-fir seedlings. *Plant and Soil*, 91, 51-60.
- Mohammadi, H., Moradi, F., Ahmadi, A., Abbasi, A., Poustini, K. (2012). Drought effect on hormone changes and carbohydrates levels in developing grains of two wheat cultivars. *Journal of Crop Production*, 4, 139-155.
- Mortazavi, N., Naderi, R., Majidian, N., Naderi, B., Sharafi, Y. (2011). The effect of GA3 and BA on the quantitative and qualitative characteristics of calla lily (*Zantedeschia aethiopica* cv. Childsiana). *African Journal of Microbiology Research*, 5, 4190-4196.
- Mutui, T.M., Emongor, V.E., Hutchinson, M.J. (2001). Effect of Accel on the vase life and postharvest quality of (*Alestroemeria aurantiaca* L.) cut flowers. *African Journal of Technology Science*, 2, 82-88.
- Othman, Y. A., Al-Ajlouni, M. G., A'saf, T. S., Sawalha, H. A., Hani, M. B. (2021). Influence of gibberellic acid on the physiology and flower quality of gerbera and lily cut flowers. *International journal of agriculture and natural resources*, 48, 21-33.
- Pradeepkumar, C. M, Chandrashekar, S. Y., Kavana, G. B., Supriya, B. V. (2020). A review on role and use of gibberellic acid (GA3) in flower production. *International Journal of Chemical Studies*, 8, 3076-3084.
- Rani, P., Singh, P. (2013). Impact of Gibberillic acid pretreatment on groth and flowering of Tuberose (*Polianthes tuberosa* L.) CV. Prajwal. *Plant Physiology*, 5, 33-41
- Ranwala, A., William, M. (2008). Gibberellin-mediated changes in carbohydrate metabolism during flower stalk elongation in tulips. *Plant Growth Regulators*, 55, 241-248.
- Sajid, M., Amin, N., Ahmad, H., Khan, K. (.2016). Effect of gibberellic acid on enhancing flowering time in *Chrysanthemum morifolium*. *Pakistan Journal of Botany*, 48, 477-483
- Shah, S.H., Ahmad, I., Samiulla, H. (2006). Effect of gibberellic acid spray on growth, nutrient uptake and yield attributes during various growth stage of black cumin (*Nigella sativa* L.). *Asian Journal of Plant Sciences*, 5, 881-884.
- Sifola, M.I., Barbieri, G. (2006). Growth, yield and essential oil content of three cultivars of basil grown under different levels of nitrogen in the field. *Scientia Horticulture*, 108, 408-413.



- Skutnik, E. W., Lukaszewska, A. L., Margrethe, S. (2003). Effect of growth regulators on postharvest characteristics of *Zantedeschia aethiopica* var. zazu. *Postharvest Biology and Technology*, 21, 241-246.
- Sultan, S.M., Farooq, S. (1999). Effect of sucrose and GA3 on the senescence of cut flowers of *Narcissus tazetta* cv. Kashmir local. *Advances Horticultural Science*, 13, 105-107.



Effect of gibberellic acid on quantitative and qualitative characteristics of two Calla lily species in a hydroponic system

Esmail Khaleghi^{1*}, Zahra Behbahani², Mehrangiz Chehrazi³

Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz

✉ khaleghi@scu.ac.ir

Received: 2023/11/14, Revised: 2024/06/20, Accepted: 2024/06/28

Abstract

Calla Lily (*Zantedeschia* sp.) is a day-neutral plant of Araceae family that is native to South and Central Africa. The number and quality of this flower can be influenced by plant growth regulators such as gibberellic acid. For this purpose, research was conducted to evaluate the effect of gibberellic acid (GA₃) (0, 500, and 600 mg/L) on the quantitative and qualitative characteristics of two varieties of Calla lily. This experiment was conducted as a factorial in randomized complete blocks design in three replications in the greenhouse of the Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz. The results demonstrated that the application of gibberellic acid (especially at a concentration of 600 mg/L), significantly increased leaf fresh and dry weight, flower fresh and dry weight, leaf area, number of buds, spathe length, vase life, amount of chlorophyll and carotenoid of leaf and spathe, carbohydrate and starch in both *Z. aethiopica* and *Z. rehmanii* species. This increase was more in *aethiopica* than *rehmanii* species and reached the highest level in most characteristics such as leaf dry weight, fresh weight of flowers, number of buds, cut flowers length, vase life, leaf chlorophyll and carotenoids, and spot chlorophyll. In general, the results showed that the use of GA₃ can improve Calla Lily's quantitative and qualitative characteristics.

Keywords: Gibberellic acid, Growth regulator, Spathe length, Vase life.