گل و گیاهان زینتی (۱۴۰۰)، ۶(۱): ۴۹-۷۰
مقاله پژوهشی
DOI: 10.52547/flowerjournal.6.1.49

بهبود ویژگی‌های مورفو-فیزیولوژیک و افزایش عمر گلجایی گل بریدنی سوسن (*Lilium* LA Hybrid) رقم Original Love با استفاده از جیبرلیک اسید و هیومیک اسید

هنگامه جمالی مقدم، معظم حسن‌پور اصیل*
گروه علوم باغبانی، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان، رشت
hassanpurm@guilan.ac.ir
تاریخ دریافت: ۹۹/۱۲/۱۳، تاریخ بازنگری: ۱۴۰۰/۵/۱۴، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۵/۱۶

چکیده

سوسن یکی از گل‌های بریدنی بسیار مهم است که به عنوان گل گلدانی نیز کاربرد دارد. برای بررسی اثرهای جیبرلیک اسید و هیومیک اسید بر رشد، گلدهی و عمر گلجایی گل بریدنی سوسن رقم Original Love، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه به‌طور کامل تصادفی با ۲ عامل، ۱۶ تیمار و ۳ تکرار طراحی و اجرا شد. عامل اول، جیبرلیک اسید در ۴ سطح ۰، ۱۵۰، ۳۰۰ و ۴۵۰ میلی‌گرم در لیتر به‌صورت غوطه‌وری سوخ‌ها به مدت ۲۴ ساعت و عامل دوم، هیومیک اسید در سطح‌های ۰، ۲۰۰، ۴۰۰ و ۶۰۰ میلی‌گرم در لیتر به‌صورت محلول‌پاشی در مرحله آغاز غنچه‌دهی هر دو هفته یک‌بار انجام شد. شمار غنچه و ارتفاع ساقه گلدهنده در گیاهان تیمار شده با جیبرلیک اسید اختلاف معنی‌داری با گیاهان شاهد داشت. بیشترین شمار غنچه (۵/۰۴) و ارتفاع ساقه گلدهنده (۷۹/۰۸ سانتی‌متر) به ترتیب با تیمارهای جیبرلیک اسید ۴۵۰ و ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر حاصل شد. تیمارهای جیبرلیک اسید و هیومیک اسید به‌طور جداگانه تاثیر معنی‌داری بر وزن تر گل بریدنی، ماده‌های جامد محلول کل گلبرگ و شاخص پایداری غشای یاخته‌ای نسبت به گیاهان شاهد داشتند. همچنین برهمکنش تیمارهای جیبرلیک اسید و هیومیک اسید موجب افزایش معنی‌دار شاخص کلروفیل (۶۷/۷۰ عدد اسپد)، عمر گلجایی (۱۳/۶۶روز)، میزان کلروفیل کل (۰/۳۷۰ میلی‌گرم بر گرم وزن تر)، کلروفیل a (۰/۲۶۶ میلی‌گرم بر گرم وزن تر)، کلروفیل b (۰/۱۰۳ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) و میزان کاروتنوئید گلبرگ (۰/۰۲۶ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) شد. بیشترین میزان وزن تر نسبی روزهای سوم و پنجم در تیمار جیبرلیک اسید ۴۵۰ میلی‌گرم در لیتر و هیومیک اسید ۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر به ترتیب با مقدار ۱۱۳/۴۷، ۱۰۳/۷۵٪ حاصل شد و همچنین بیشترین میزان وزن تر نسبی روز هفتم در تیمار جیبرلیک اسید ۴۵۰ میلی‌گرم در لیتر و هیومیک اسید ۶۰۰ میلی‌گرم در لیتر با میانگین ۹۷/۰۱٪ مشاهده شد. همین‌طور بیشترین میزان جذب آب مربوط به برهمکنش جیبرلیک اسید ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر و هیومیک اسید ۶۰۰ میلی‌گرم در لیتر به ترتیب با مقدار ۱/۹۹، ۱/۸۱ و ۱/۴۸ میلی‌لیتر بر گرم وزن تر در روزهای سوم، پنجم و هفتم به‌دست آمد. در کل، استفاده از جیبرلیک اسید ۴۵۰ میلی‌گرم در لیتر و هیومیک اسید ۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر بهترین تیمار بود که توانست ویژگی‌های مورد بررسی را بهبود بخشد.

واژه‌های کلیدی: ارتفاع ساقه، پایداری غشای یاخته‌ای، شاخص کلروفیل، کاروتنوئید، کلروفیل کل.

مقدمه

سوسن با نام علمی *Lilium longiflorum* Thunb از مهم‌ترین گل‌های سوخوار در تیره Liliaceae است و شامل حدود ۱۰۰ گونه و بومی نیمکره شمالی در آسیا، اروپا و آمریکای شمالی است (Rajera *et al*., 2017). ارزش اقتصادی و محبوبیت بالای سوسن به‌دلیل گل‌های بزرگ و جذاب، ماندگاری پس برداشت، گوناگونی رنگ، عطر و سازگاری با شرایط محیطی مختلف است که موجب شده به‌طور گسترده‌ای به عنوان گل بریدنی و گلدانی کشت شود، به‌طوری که در رتبه‌بندی جهانی رتبه سوم تا پنجم را به خود اختصاص داده است (Kumar *et al*., 2018; Yamamoto *et al*., 2018). امروزه ارقام جدید این گیاه از دورگه‌های درون گونه‌ای سه دسته به اسامی Longiflorum, Asiatic و Oriental به وجود آمده‌اند. برای نمونه ارقام LA از تلاقی Longiflorum و Asiatic تولید شده‌اند (Comber, 1949; De Jong, 1974).

استفاده از تنظیم کننده‌های رشد گیاهی برای افزایش کیفیت گل‌های بریدنی کاربرد بسیاری دارد. جیبرلین‌ها در برخی از فرآیندهای فیزیولوژیک گیاهان وارد شده و اثرهای مطلوب مانند انگیزش تقسیم یاخته‌ای و بلند شدن یاخته، انگیزش نمو گل، افزایش شمار گل، قطر گل و عمر گلجایی می‌شوند (Edrisi & Mirzaei, 2017). جیبرلین یک نوع تنظیم کننده رشد گیاهی است که باعث انگیزش واکنش‌های فیزیولوژیکی در گیاهان و تغییر سوخت و ساز منبع و مخزن از راه تأثیر بر نورساخت می‌گردد (Iqbal *et al*., 2011). نتایج پژوهش‌های گذشته نشان می‌دهد، غلظت‌های مختلف جیبرلیک اسید باعث تسریع رشد، عملکرد، افزایش ارتفاع گیاه و افزایش شمار گل‌ها در گلایول شد (Sarkar *et al*., 2014). نتایج پژوهش‌ها نشان داد که جیبرلیک اسید در غلظت ۱۲۵میلی‌گرم در لیتر سبب شکستن خفتگی و زود جوانه‌زنی در گلایول می‌شود (Bhujbal *et al*., 2014). تأثیر تیمار جیبرلیک اسید بر سیکلامن[۱] نشان داد که غلظت‌های ۳۰ و ۴۵ میلی‌گرم در لیتر باعث تسریع گلدهی و افزایش یکنواختی نمایان شدن گل‌ها شد (Norouzi *et al*., 2012). نتایج پژوهش‌های گذشته نشان داده که کلروفیل کل، کاروتنوئیدها و کربوهیدرات کل در میخک[۲] در نتیجه محلول‌پاشی جیبرلیک اسید در مقایسه با گیاهان تیمار نشده به‌طور معنی‌داری افزایش یافته است (El-Naggar *et al*., 2009). مصرف جیبرلین‌ها سبب بهبود گلدهی و نمو گل با چمچمه‌های کوتاه‌تر و افزایش شاخص کلروفیل برگ در شیپوری[۳] می‌شود (Janowska & Andrzejak, 2010). نتایج پژوهش‌های پیشین در بررسی اثر تنظیم کننده‌های رشد از جمله GA_3 بر ویژگی‌های پس برداشت شیپوری نشان داد که تیمار GA_3 به طور چشمگیری ظاهر گیاه را حفظ کرده و سبب تأخیر در پیری گلبرگ‌ها و افزایش عمر پس برداشت گیاهان شد (Skutink *et al*., 2001). یافته‌های پژوهشگران نشان داد که جیبرلیک اسید در غلظت ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر سبب افزایش ارتفاع گیاه، افزایش شمار برگ، افزایش طول و عرض برگ، افزایش طول سنبله و شمار گلچه در گل مریم[۴] گردید (Rani & Singh, 2013).

هیومیک اسید ترکیب پلیمری طبیعی است که می‌تواند به‌صورت مستقیم (به عنوان ترکیب شبه هورمونی اکسین و سیتوکنین) و یا غیرمستقیم باعث افزایش جذب عنصرهای غذایی شود (Nardi *et al*., 2002). کاربرد هیومیک اسید به صورت محلول‌پاشی و مصرف در خاک سبب افزایش هورمون‌های رشد گیاه مانند اکسین، سیتوکنین و جیبرلین در گیاه می‌گردد

۱- *Cyclamen persicum* Mill. ۲- *Dianthus caryophyllus* L. ۳- *Zantedeschia albomaculata* (L.) Spreng ۴- *Polianthes tuberosa* L.

(Abdel-Mawgoud *et al*., 2007). همچنین گزارش گردید به دلیل وجود برخی خواص شبه هورمونی، هیومیک اسید سبب انگیزش رشد گیاهان می‌شود (Chen *et al*., 2004). در آزمایشی مشخص شد که محلول‌پاشی برگی هیومیک اسید باعث بهبود محتوای کلروفیل، میزان نورساخت، محتوای قندهای محلول و پروتئین محلول در برگ‌های داوودی[1] گردید. همچنین هیومیک اسید باعث افزایش اندازه گل، وزن تازه، عمر گلجایی، فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی و همچنین کاهش میزان مالون دی آلدهید شد (Fan *et al*., 2015). نتایج پژوهش‌های پیشین نشان داد که کاربرد هیومیک اسید در بستر کشت میمون[2] موجب افزایش ارتفاع بوته، شمار برگ، شمار گل‌آذین و شمار گل در گل آذین گردید (Memon & Khetran, 2014). همچنین گزارش گردید هیومیک اسید با فعالیت شبه اکسینی خود جذب عنصرهایی را که در افزایش عمر گلجایی مؤثرند افزایش داد (Bladotoo & Lilian, 2013). پژوهشگران در بررسی‌های خود روی همیشه بهار[3] نشان دادند که محلول‌پاشی هیومیک اسید در غلظت‌های ۲۵۰ و ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر به‌طور معنی‌داری سطح و شمار برگ، وزن خشک اندام‌های هوایی، وزن خشک ریشه و عمر گلجایی را نسبت به شاهد افزایش داد (Allahvirdizadeh & Nazari Deljou, 2014). این پژوهش با توجه به اهمیت سوسن در بین گل‌های زینتی و تاثیر استفاده از جیبرلیک اسید و هیومیک اسید برای بهبود ویژگی‌های مورفوفیزیولوژیک و افزایش عمر گلجایی گل بریدنی آن و همچنین بهبود ویژگی‌های مرتبط انجام شد.

مواد و روش‌ها

برای بررسی تأثیر جیبرلیک اسید و هیومیک اسید بر رشد، گلدهی و عمر گلجایی گل بریدنی سوسن رقم Original Love (*Lilium* LA Hybrid 'Original Love') در سال ۱۳۹۸ آزمایشی در گلخانه پژوهشی دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه گیلان انجام شد. سوخ‌های F1 سوسن از شرکت Onings Holland تهیه گردید. این آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه به‌طور کامل تصادفی با ۲ عامل، ۱۶ تیمار و ۳ تکرار طراحی و اجرا شد که در هر گلدان یک سوخ کشت شد. در مجموع ۹۶ گلدان کشت گردید. جیبرلیک اسید به عنوان عامل اول در چهار سطح: صفر (تیمار شاهد)، ۱۵۰، ۳۰۰ و ۴۵۰ میلی‌گرم در لیتر بود. عامل دوم هیومیک اسید در چهار سطح: صفر (تیمار شاهد)، ۲۰۰، ۴۰۰ و ۶۰۰ میلی‌گرم در لیتر در نظر گرفته شد. بستر کشت شامل خاک برگ به‌طور کامل پوسیده، ماسه و پرلیت بود که به صورت حجمی یکسان (۱:۱:۱) تهیه شد. گلدان‌های خالی پیش از کشت وزن گردید و سپس همه گلدان‌ها با میزان یکسانی از ماده‌های بستر کشت پر شدند. همچنین نمونه خاک برای بستر کشت در آزمایشگاه خاک‌شناسی بررسی شد. نتایج به‌دست آمده از آزمایش خاک در جدول ۱ آمده است.

جدول ۱- برخی از ویژگی‌های آمیخته خاکی مورد آزمایش.

Table 1- Some characteristics of used soil mixture.

نیتروژن Nitrogen (%)	فسفر Phosphorus (ppm)	پتاسیم Potassium (ppm)	کلسیم Calcium (ppm)	pH	هدایت الکتریکی EC ($dS\ m^{-1}$)
0.21	35	329	528	6.43	1.8

۱- *Chrysanthemum indicum* L. ۲- *Antirrhinum majus* L. ۳- *Calendula officinalis* L.

برای تهیه محلول‌های جیبرلیک اسید با غلظت‌های ۱۵۰، ۳۰۰ و ۴۵۰ میلی‌گرم در لیتر به ترتیب ۰/۱۵، ۰/۳۰ و ۰/۴۵ گرم جیبرلیک اسید GA_3 (ساخت شرکت Merck KgaA، آلمان) با ترازوی دیجیتالی با دقت بالا وزن گردید. سپس با افزودن آب مقطر به حجم ۱ لیتر رسانده شد. همچنین برای تهیه محلول‌های هیومیک اسید با غلظت‌های ۲۰۰، ۴۰۰ و ۶۰۰ میلی‌گرم در لیتر به ترتیب ۰/۸، ۰/۱۶ و۰/۲۴ گرم هیومیک اسید (Sigma-Aldrich، آمریکا) توزین شد و با آب مقطر به حجم ۱ لیتر رسانده شد. پس از غوطه‌وری سوخ‌ها در غلظت‌های مختلف جیبرلیک اسید به مدت ۲۴ ساعت بی‌درنگ در آمیخته خاکی از پیش تهیه شده در گلدان‌های پلاستیکی به حجم ۴ لیتر کشت شدند. همچنین غلظت‌های مختلف هیومیک اسید به صورت محلول پاشی در مرحله آغاز غنچه‌دهی هر دو هفته یک بار به‌کار رفت. میانگین دمای گلخانه در طول دوره رشد سوخ‌ها، ۲±۲۳ درجه سلسیوس در روز و ۲±۱۷ درجه سلسیوس در شب و رطوبت نسبی ۵±۷۰٪ تنظیم گردید. آبیاری بر حسب نیاز گیاهان و با خشک شدن سطح خاک گلدان‌ها انجام شد. پس از سبز شدن سوخ‌های کاشته شده در گلدان، برای تأمین نور مورد نیاز گیاهان، نور فلورسانت با شدت ۵۰ میکرومول بر متر مربع بر ثانیه تنظیم گردید، برای تامین این مقدار نور از ۴ عدد لامپ سدیمی فشار قوی ۴۰۰ وات که در ارتفاع یک و نیم متری در بالای گلدان‌ها نصب شد، استفاده گردید. مدت زمان لازم برای روشنایی ۱۱ ساعت (هفت صبح تا شش عصر) در نظر گرفته شد (Nabavi Mohajer *et al.*, 2018).

ویژگی‌های مورد ارزیابی

ویژگی‌هایی شامل شمار غنچه، ارتفاع ساقه گلدهنده، وزن ترگل بریدنی، ماده‌های جامد محلول کل، شاخص پایداری غشای یاخته‌ای، شاخص کلروفیل، عمر گلجایی، کلروفیل، کاروتنوئید، وزن تر نسبی و میزان جذب اندازه‌گیری شد.

شمار غنچه

شمار غنچه‌های هر گیاه در زمان برداشت (رنگ‌گیری کامل نخستین غنچه) شمارش گردید.

ارتفاع ساقه گلدهنده

ارتفاع ساقه گلدهنده، در زمان برداشت با کمک خط کش اندازه گیری شد.

وزن تر گل بریدنی

وزن تر گل بریدنی، با استفاده از ترازوی دقیق دیجیتال توزین و ثبت گردید.

ماده‌های جامد محلول کل

میزان ماده‌های جامد محلول کل گلبرگ توسط دستگاه رفراکتومتر مدل PAL-1 (ساخت شرکت Atago، ژاپن) اندازه‌گیری شد. به این صورت که قطعاتی از گلبرگ هر نمونه تهیه و قطره‌ای از عصاره آن را بر روی منشور دستگاه قرار گرفت و عدد مربوطه برای تعیین میزان کل ماده‌های جامد محلول که بر حسب درصد بیان می‌شود، قرائت شد (Hettiarachchi & Balas, 2005).

شاخص پایداری غشای یاخته‌ای

برای اندازه‌گیری شاخص پایداری غشای یاخته‌ای ابتدا ۱۰ میلی‌لیتر آب مقطر در فالکون ریخته شد و سپس ۱ گرم گلبرگ به آن اضافه شد. نمونه‌ها به مدت ۱ ساعت در دمای ۳۰ درجه سلسیوس در بن ماری قرار گرفتند و پس از آن، نمونه‌ها از بن

ماری خارج شده و میزان EC_1 توسط دستگاه EC متر مدل Mi 306 (ساخت شرکت Milwaukee، ایتالیا) خوانده شد. سپس نمونه‌ها در داخل اتوکلاو به مدت ۲۰ دقیقه با دمای ۱۲۱ درجه سلسیوس و فشار ۱/۲ اتمسفر قرار داده شد و دوباره میزان EC_2 خوانده شد، در پایان برای محاسبه درصد شاخص پایداری غشای یاخته‌ای اعداد به‌دست آمده در فرمول زیر جاگذاری شد (Singh *et al*., 2008).

شاخص پایداری غشای یاخته‌ای (%) = [1- (EC_1 / EC_2)] × 100

EC_1 و EC_2 به ترتیب هدایت الکتریکی در دماهای ۳۰ و ۱۲۱ درجه سلسیوس می‌باشد.

شاخص کلروفیل برگ

برای اندازه‌گیری شاخص کلروفیل برگ از دستگاه اسپد مدل SPAD-502 Plus (ساخت شرکت Konica Minolta، ژاپن) استفاده شد.

عمر گلجایی

برای برآورد ماندگاری گل‌ها، نشانه‌هایی همچون پژمردگی گلبرگ‌ها، زرد شدن برگ‌ها، تغییر رنگ و ریزش گلبرگ‌ها (۵۰ تا ۸۰٪) که منجر به کاهش جذابیت و بازارپسندی گل‌ها می‌شود به‌عنوان شاخص‌های ماندگاری در نظر گرفته شد (Burchi *et al*., 2005). دمای آزمایشگاه ۲±۲۰ درجه سلسیوس و طول دوره روشنایی ۱۲ ساعت در شبانه روز بود و میزان نور در دوره پس برداشت به طور میانگین حدود ۵۰ میکرومول بر متر مربع بر ثانیه در نظر گرفته شد.

کلروفیل وکاروتنوئید

برای اندازه گیری کلروفیل و کاروتنوئید، ابتدا یک گرم نمونه با کمک نیتروژن مایع در داخل هاون آسیاب شد و با ۵ میلی لیتر استون ۸۰٪ آمیخته و همگن گردید. محلول حاصل توسط کاغذ صافی واتمن شماره ۱ صاف شد و سپس حجم محلول با استون به ۱۰ میلی لیتر رسانده شد. سپس شدت جذب آن در طول موج‌های ۶۶۳، ۶۴۵ و ۴۷۰ نانومتر با استفاده از اسپکتروفتومتر خوانده شد. غلظت رنگیزه‌های کلروفیل a، b و کاروتنوئیدها با استفاده از فرمول های زیر محاسبه گردید (Lichtenthaler, 1987).

Chl.a= 12/21 A663- 2/81 A646

Chl.b= 20/13 A646- 5/03 A663

Total Chl.= Chl.a+Chl.b

Carotenoid= (1000 A470- 3.27 Chl.a- 104 Chl.b)/229

وزن تر نسبی

برای محاسبه وزن تر نسبی، ساقه های گل در روزهای سوم، پنجم و هفتم توسط ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۱ وزن گردید و سپس اعداد حاصل توسط فرمول زیر محاسبه گردید (Chamani *et al*., 2012).

وزن تر نسبی (Relative fresh weight×100) = $W_t/W_{t=0}$

W_t : وزن ساقه در روز ۳، ۵، ۷.

$Wt_{=0}$: وزن همان ساقه در روز صفر.

وزن تر نسبی هر تیمار در روز اول به منزله وزن تر پایه (روز صفر) در نظر گرفته شد و تغییرات در روزهای بعد نسبت به این وزن مقایسه شد.

میزان جذب آب

میزان آب جذب شده توسط ساقه گلدهنده در روزهای سوم، پنجم و هفتم ثبت شد و سپس با استفاده از فرمول زیر محاسبه و بر حسب میلی‌لیتر بر گرم وزن تر بیان شد (Chamani *et al*., 2012).

$$(\text{Water uptake}) (\text{ml g}^{-1}\ \text{Fw}) = (S_{t-1} - St) / Wt=0$$

S_t= وزن آب (g) در روزهای ۳، ۵، ۷.

S_{t-1} = وزن آب (g) در روز قبل.

$Wt_{=0}$ = وزن تر ساقه در روز اول به منزله وزن تر پایه (روز صفر) در نظر گرفته شد و تغییرات در روزهای دیگر نسبت به این وزن مقایسه شد.

تجزیه واریانس داده‌های به‌دست آمده با استفاده از نرم افزار SAS انجام شد، برای مقایسه میانگین‌ها نیز از آزمون LSD استفاده گردید و شکل‌های مربوطه با نرم‌افزار Excel رسم شد.

نتایج و بحث

شمار غنچه

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر ساده تیمار جیبرلیک اسید در سطح ۱٪ معنی‌دار بود اما اثر ساده تیمار هیومیک اسید و برهمکنش جیبرلیک اسید و هیومیک اسید اختلاف معنی‌داری با شاهد نداشت. همچنین نتایج مقایسه میانگین غلظت‌های مختلف جیبرلیک اسید نشان داد که بیشترین شمار غنچه مربوط به غلظت ۴۵۰ میلی‌گرم در لیتر با میانگین ۵/۰۴ بود که نسبت به تیمار شاهد اختلاف معنی‌داری نشان داد و کمترین شمار غنچه در تیمار شاهد با میانگین ۳/۲۰ حاصل شد (جدول ۲). نتایج پژوهش‌های گذشته نشان می‌دهد که جیبرلیک اسید می‌تواند در افزایش عملکرد گیاه مؤثر باشد (Ben-Jaacov, 2004). همچنین جیبرلیک اسید در برخی از مراحل پیشرفت گیاه دخالت دارد و از آنجا که سبب گل‌انگیزی می‌شود، بعضی از اثرگذاری‌های مطلوب گیاه شامل یکنواخت کردن گلدهی، افزایش شمار گلچه و اندازه گل را بهبود می‌بخشد (Hopkins & Huner, 1995). گزارش شده است که محلول‌پاشی GA_3 در غلظت‌های ۱۰۰ و ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر در گلایول[1] باعث انگیزش زود گلدهی شده و به‌طور معنی‌داری سبب افزایش شمار گلچه در هر ساقه گل‌دهنده، شمار پداژه در هر گیاه و وزن پداژه شد (Rana *et al*., 2005; Baskaran & Mirsa, 2007). نتایج پژوهش‌های پیشین نشان داد که جیبرلیک اسید با غلظت ۱۲۵ تا ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر سبب افزایش درصد گلدهی و شمار گل‌آذین در گیاه *Philodendron* cv. Black Cardinal گردید (Chen *et al*., 2003). نتایج پژوهش دیگری نشان داد که جیبرلین باعث افزایش شمار گل آذین در غلظت ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر پس از ۲ بار محلول‌پاشی در گیاه *Henckelia humboldtianus* Gardner شده است (Sumanasiria *et*

۱- *Gladiolus grandiflorus* L.

al., 2013). همین‌طور گزارش گردید که محلول‌پاشی GA_3 با غلظت ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر باعث افزایش شمار گل در مینا چمنی[۱] شد (Kumar *et al*., 2003). همچنین پژوهش دیگری نشان داد که محلول‌پاشی GA_3 با غلظت ۹۰ میلی‌گرم در لیتر سبب تولید گل‌های بیشتری در کوکب[۲] شد (Khan & Tewari, 2003). نتایج این پژوهش با نتایج پژوهش‌های پیشین همسو می‌باشد.

ارتفاع ساقه گلدهنده

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر ساده تیمار جیبرلیک اسید بر ارتفاع ساقه گلدهنده در سطح ۱٪ معنی‌دار بود ولی اثر ساده هیومیک اسید و برهمکنش جیبرلیک اسید و هیومیک اسید معنی‌دار نبود. همچنین نتایج مقایسه میانگین غلظت‌های مختلف جیبرلیک اسید نشان داد که بیشترین ارتفاع ساقه گلدهنده مربوط به غلظت ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر جیبرلیک اسید با میانگین ۷۹/۰۸ سانتی‌متر بود که تأثیر معنی‌داری نسبت به تیمار شاهد نشان داد و کمترین ارتفاع مربوط به تیمار شاهد با میانگین ۶۹/۱۶ سانتی‌متر بود (جدول ۲). نتایج پیشین نشان داد که بارزترین اثر جیبرلین‌ها افزایش رشد گیاهان از راه بلند شدن فاصله‌های میان‌گره ساقه‌های آن‌هاست که با نتایج حاضر همخوانی دارد (Khosh-Khuy, 2012). به طور کلی، جیبرلیک اسید با زیر تأثیر قرار دادن فرآیندهای یاخته‌ای از جمله انگیزش تقسیم یاخته‌ای و بزرگ شدن یاخته‌ها سبب افزایش رشد رویشی می‌گردد. جیبرلین‌ها با افزایش کشش دیواره یاخته‌ای یعنی انبساط دیواره از راه هیدرولیز نشاسته به قند که کاهش پتانسیل آب یاخته را به دنبال دارد، سبب ورود آب به درون یاخته و بزرگ شدن یاخته می‌شود (Akbari Charmhini & Moalemi, 2011). طول ساقه گلدهنده یکی از معیارهای مهم و اصلی بیان کیفیت گل بریدنی است. تیمار با جیبرلیک اسید باعث افزایش ارتفاع گل بریدنی سوسن نسبت به تیمار شاهد گردید و این عمل به‌دلیل تأثیری است که جیبرلیک اسید بر تسهیل رشد گیاه با انگیزش و تسریع در تقسیم یاخته‌ای و افزایش رشد طولی و بزرگ شدن یاخته داشت (Al-Khassawneh *et al*., 2006). نتایج پژوهش‌های پیشین نشان داد جیبرلیک اسید در غلظت‌های مختلف سبب افزایش ارتفاع گیاه در گلایول گردید (Sarkar *et al*., 2014) که نتایج این پژوهشگران با نتایج حاضر هم‌راستا است.

وزن تر گل بریدنی

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تیمارهای جیبرلیک اسید و هیومیک اسید هرکدام به طور جداگانه اثر معنی‌داری بر وزن تر گل بریدنی در سطح ۱٪ داشتند اما برهمکنش جیبرلیک اسید و هیومیک اسید معنی‌دار نبود. همچنین نتایج مقایسه میانگین غلظت‌های مختلف جیبرلیک اسید نشان داد، بیشترین وزن تر گل بریدنی مربوط به غلظت ۴۵۰ میلی‌گرم در لیتر جیبرلیک اسید با میانگین ۱۰۷/۶۶ گرم دیده شد که افزایش معنی‌داری نسبت به شاهد نشان داد. همچنین کمترین وزن تر گل بریدنی مربوط به تیمار شاهد با میانگین ۹۲/۹۱ گرم بود (جدول ۲). همین‌طور مقایسه میانگین غلظت‌های مختلف هیومیک اسید نشان داد، بیشترین وزن تر گل بریدنی مربوط به غلظت ۶۰۰ میلی‌گرم در لیتر هیومیک اسید با میانگین ۱۰۶/۵۰ گرم بود که اختلاف معنی‌داری با شاهد نشان داد و کمترین میزان وزن تر گل بریدنی مربوط به تیمار شاهد با میانگین ۹۳/۷۵ گرم بود (جدول ۳). تشکیل کمپلکس بین هیومیک اسید و یون‌های معدنی، تأثیر هیومیک اسید بر تنفس و نورساخت و فعالیت

۱- *Callistephus chinensis* (L.) Nees.
۲- *Dahlia pinnata* Cav.

هورمونی هیومیک اسید از جمله فرضیات مؤثر برای بیان اثر هیومیک اسید بر پارامترهای رشدی گیاهان است (Youssef *et al.*, 2004). در پژوهشی نشان داده شد که هیومیک اسید باعث افزایش عملکرد گل ژربرا[1]، به دلیل افزایش جذب عنصرهای غذایی و خواص شبه هورمونی گردید (Autio, 2000). تأثیرگذار بودن هیومیک اسید در افزایش رشد و نمو گیاهان به علت مادههای تنظیم کننده رشد گیاهی مانند ایندول استیک اسید، جیبرلینها و سایتوکینینهای موجود در هیومیک اسید میباشد (Atiyeh *et al.*, 2002). همچنین نتایج پژوهش دیگری نشان داد که کاربرد هیومیک اسید سبب افزایش جذب عنصرهای غذایی و افزایش وزن تر در رز[2] گردید (Dastyari & Hoseini Fari, 2014).

جدول ۲- مقایسه میانگین اثر ساده جیبرلیک اسید بر ویژگیهای مورد بررسی گل بریدنی سوسن.

Table 2- Mean comparison of the simple effect of gibberellic acid on studied characteristics of *Lilium* cut flower.

جیبرلیک اسید Gibberellic acid (mg L^{-1})	شمار غنچه Bud number	ارتفاع ساقه گلدهنده (سانتیمتر) Flowering stem height (cm)	وزن تر گل بریدنی (گرم) Fresh weight of cut flower (g)	مادههای جامد محلول کل (درصد) TSS (%)	شاخص پایداری غشای یاختهای گلبرگ (درصد) Petal cell membrane stability index (%)		
					روز سوم 3rd day	روز پنجم 5th day	روز هفتم 7th day
0	3.20^{c}	69.16^{c}	92.91^{c}	6.65^{c}	66.91^{c}	58.19^{c}	47.08^{c}
150	3.62^{c}	75.58^{ab}	97.33^{bc}	7.02^{c}	70.66^{b}	60.77^{bc}	51.21^{b}
300	4.29^{b}	79.08^{a}	102^{ab}	7.60^{b}	79.50^{a}	65.28^{a}	57.52^{a}
450	5.04^{a}	72.16^{bc}	107.66^{a}	8.22^{a}	74.06^{b}	63.03^{ab}	47.08^{c}

در هر ستون، حرفهای مشابه بیانگر نبود اختلاف معنیدار با استفاده از آزمون LSD در سطح ۵٪ است.

In each column, similar letters showing non-significant differences according to LSD test at 5% level.

مادههای جامد محلول کل گلبرگ

نتایج تجزیه واریانس دادهها نشان داد که تیمارهای جیبرلیک اسید و هیومیک اسید هرکدام به صورت جداگانه اثر معنیداری بر مادههای جامد محلول کل گلبرگ در سطح احتمال ۱٪ داشتند اما برهمکنش جیبرلیک اسید و هیومیک اسید معنیدار نبود. نتایج مقایسه میانگین غلظتهای مختلف جیبرلیک اسید نشان داد، بیشترین میزان مادههای جامد محلول کل گلبرگ در تیمار جیبرلیک اسید ۴۵۰ میلیگرم در لیتر با میانگین ۸/۲۲ درصد بود که تأثیر معنیداری نسبت به شاهد داشت و کمترین میزان مادههای جامد محلول کل گلبرگ در تیمار شاهد با میانگین ۶/۶۵٪ حاصل شد (جدول ۲). همچنین مقایسه میانگین غلظتهای مختلف هیومیک اسید نشان داد، بیشترین میزان مادههای جامد محلول کل گلبرگ در تیمار هیومیک اسید ۶۰۰ میلیگرم در لیتر با میانگین ۷/۹۶٪ بود که تأثیر معنیداری نسبت به شاهد داشت و کمترین میزان مادههای جامد محلول کل گلبرگ در تیمار شاهد با میانگین ۶/۹۵٪ بود (جدول۳). یکی از عوامل مهم در تعیین عمر گلجایی گلهای بریدنی درصد

۱- *Gerbera* x *cantabrigensis* Lynch

۲- *Rosa hybrida* L.

ماده‌های جامد محلول کل آن می‌باشد. بیشتر گل‌های بریدنی زمانی که پژمرده می‌شوند هنوز سطوحی از قندهای محلول در گلبرگ‌های آن‌ها وجود دارد. این موضوع نشان می‌دهد که یاخته‌ها در زمان پژمردگی نیز مقداری قند در خود ذخیره دارند. این احتمال وجود دارد که با وجود غلظت بالای قند در واکوئل‌ها، اندامک‌های یاخته‌ای از جمله میتوکندری قادر به استفاده از آن‌ها نمی‌باشند. این ناتوانی اندامک‌های یاخته‌ای در دریافت قند سبب کاهش ماندگاری گل و پژمردگی گلبرگ‌ها می‌گردد. جیبرلیک اسید می‌تواند هیدرولیز نشاسته را به قندهای ساده افزایش دهد و در اختیار یاخته‌ها قرار دهد. همچنین کاربرد جیبرلیک اسید باعث تولید و حفظ کربوهیدرات بیشتر در بافت‌های ساقه و گلبرگ‌ها می‌شود (van Doorn, 1999). نتایج پژوهش‌های پژوهشگران پیشین نشان می‌دهد تیمار جیبرلیک اسید با غلظت ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر باعث افزایش مقدار ماده‌های جامد محلول کل گلبرگ در نرگس[1] گردید که با نتایج پژوهش حاضر همخوانی دارد (Mashahiri & Hassanpour Asil, 2018). از آنجایی که ماده‌های جامد محلول کل شامل قندها، اسیدهای آلی و آمینواسیدهای آزاد است، به احتمال، هیومیک اسید بر دیگر اجزای تشکیل دهنده ماده‌های جامد محلول کل نظیر اسیدهای آلی و آمینواسیدهای آزاد تأثیر داشته و از این راه، موجب افزایش ماده‌های جامد محلول کل شده است (Gharib *et al*., 2011). نتایج پژوهش‌های پیشین نشان داد که تیمار جیبرلیک اسید به همراه سوکروز بر گلچه‌های گلایول سبب کاهش پراکسیداسیون لیپیدها و کاهش فعالیت آنزیم لیپوکسی‌ژناز و بهبود استحکام دیواره یاخته‌ای گلبرگ‌ها شد (Singh *et al*., 2008). هیومیک اسید به عنوان یک اسید آلی حاصل از هوموس و سایر منابع طبیعی دارای آثار شبه هورمونی، انگیزش جذب عنصرهای غذایی و افزایش زیست‌توده ریشه و اندام هوایی می‌باشد. همچنین افزایش نورساخت در گیاهان همیشه بهار تیمار شده با هیومیک اسید ناشی از تأثیر مثبت این ماده بر بهبود جذب عنصرهای غذایی و افزایش کلروفیل و در نتیجه افزایش ماده‌های جامد محلول کل بوده است (Allahvirdizadeh & Nazari Deljou, 2014). نتایج بررسی حاضر با نتایج پژوهش دیگری روی گلایول، در مؤثر دانستن نقش جیبرلیک اسید در افزایش ماده‌های جامد محلول کل گلبرگ همخوانی دارد (Singh *et al*., 2008).

شاخص پایداری غشای یاخته‌ای

نتایج تجزیه واریانس داده ها نشان داد که تأثیر تیمارهای جیبرلیک اسید و هیومیک اسید بر شاخص پایداری غشای یاخته‌ای گلبرگ هر کدام به صورت جداگانه به‌ترتیب در سطح ۱ و ۵٪ معنی دار بود اما برهمکنش جیبرلیک اسید و هیومیک اسید معنی‌دار نبود. همچنین نتایج مقایسه میانگین غلظت‌های مختلف جیبرلیک اسید نشان داد، بیشترین شاخص پایداری غشای یاخته‌ای در روزهای سوم، پنجم و هفتم در تیمار ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر جیبرلیک اسید حاصل شد که افزایش معنی‌داری نسبت به تیمار شاهد نشان داد و کمترین درصد پایداری غشای یاخته‌ای مربوط به تیمار شاهد بود (جدول ۲). همین‌طور مقایسه میانگین غلظت‌های مختلف هیومیک اسید نشان داد، بیشترین شاخص پایداری غشای یاخته‌ای در تیمار ۶۰۰ میلی‌گرم در لیتر هیومیک اسید حاصل شد که با شاهد اختلاف معنی‌داری داشت و کمترین آن در تیمار شاهد مشاهده شد (جدول ۳). نتایج پژوهش‌های پیشین نشان می‌دهد پایداری غشای یاخته‌ای که بیان کننده مقدار نشت یونی بافت‌ها می‌باشد، در اوایل

۱- *Narcissus pseudonarcissus* L.

برداشت گل‌های بریدنی تفاوت کمی در مقایسه با روزهای پس از برداشت داشت، اما با گذشت زمان از تاریخ برداشت گل بریدنی و در شرایط پس از برداشت و ارزیابی عمرگلجایی گل‌ها این تفاوت بیشتر و قابل توجه گردید تا جایی که به کمترین میزان خود در زمان پیر شدن گل رسید (Singh *et al*., 2008). همچنین نتایج این پژوهش با نتایج پژوهش‌های پیشین بر شاخص پایداری غشای یاخته‌ای با کاربرد جیبرلیک اسید و هیومیک اسید در گل بریدنی نرگس همخوانی داشت (Mashahiri & Hassanpour Asil, 2018).

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر ساده هیومیک اسید بر ویژگی‌های مورد بررسی گل بریدنی سوسن.

Table 3- Mean comparison of the simple effect of humic acid on studied characteristics of *Lilium* cut flower.

هیومیک اسید Humic acid ($mg\ L^{-1}$)	شمار غنچه Bud number	ارتفاع ساقه گلدهنده (سانتی‌متر) Flowering stem height (cm)	وزن تر گل بریدنی (گرم) Fresh weight of cut flower (g)	مادههای جامد محلول کل (درصد) TSS (%)	شاخص پایداری غشای یاخته‌ای گلبرگ (درصد) Petal cell membrane stability index (%)		
					روزسوم 3rd day	روز پنجم 5th day	روز هفتم 7th day
0	4.20^{a}	72.16^{a}	93.75^{c}	6.95^{b}	67.73^{c}	59.81^{b}	48.75^{c}
200	4^{a}	74.83^{a}	97.75^{bc}	7.15^{b}	70.18^{c}	60.82^{b}	51.11^{bc}
400	3.95^{a}	74.5^{a}	101.91^{ab}	7.43^{ab}	74.87^{b}	61.66^{ab}	53.71^{b}
600	4^{a}	74.5^{a}	106.50^{a}	7.96^{a}	78.35^{a}	64.99^{a}	56.83^{a}

در هر ستون، حرف‌های مشابه بیانگر نبود اختلاف معنی‌دار با استفاده از آزمون LSD در سطح ۵٪ است.

In each column, similar letters showing non-significant differences according to LSD test at 5% level.

شاخص کلروفیل

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که برهمکنش جیبرلیک اسید و هیومیک اسید بر شاخص کلروفیل در سطح ۵٪ معنی‌دار بود. همچنین نتایج مقایسه میانگین برهمکنش جیبرلیک اسید و هیومیک اسید بر شاخص کلروفیل نشان داد که بیشترین میزان شاخص کلروفیل مربوط به تیمار جیبرلیک اسید ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر و هیومیک اسید صفر میلی‌گرم در لیتر با میانگین ۶۷/۷۰ عدد اسپد که اختلاف معنی‌داری با شاهد نشان داد و کمترین میزان شاخص کلروفیل مربوط به تیمار شاهد با میانگین ۵۸/۲۳ عدد اسپد بود (جدول ۴). اهمیت افزایش رنگیزه‌های نورساختی به دلیل نقش بسیار مهم آن‌ها در فرایند نورساخت و تولید کربوهیدرات می‌باشد و افزایش میزان آن‌ها از راه افزایش جذب نور سبب بالا رفتن بازده نورساختی گیاه، و افزایش شاخص و پایداری کلروفیل برگ‌ها می‌شود (Abdullah *et al*., 2012). همچنین استفاده از جیبرلیک اسید سبب کاهش زردی برگی در سوسن و شیپوری گردید که با نتایج حاضر همخوانی دارد. نتایج پیشین نشان داد که جیبرلیک اسید سبب افزایش شاخص سبزینگی و به تأخیر انداختن تجزیه کلروفیل برگ‌ها و حفظ نیتروژن برگ می‌گردد (Janowska & Andrzejak, 2010). پژوهش‌های گذشته نشان می‌دهد که جیبرلیک اسید میزان شاخص کلروفیل را در گلایول افزایش داده است. جیبرلیک اسید به عنوان یک هورمون ضد پیری شناخته شده است و مانع تخریب کلروفیل می‌شود (Ferrante *et al*., 2009). افزون بر این،

افزایش بهره‌وری نورساختی و افزایش کارایی مصرف تغذیه در گیاه نیز می‌تواند از دلایل افزایش کلروفیل در اثر کاربرد جیبرلیک اسید باشد (Khan *et al*., 2007).

عمر گلجایی

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که برهمکنش جیبرلیک اسید و هیومیک اسید بر عمر گلجایی در سطح ۵٪ معنی‌دار بود. همچنین نتایج مقایسه میانگین برهمکنش جیبرلیک اسید و هیومیک اسید بر عمر گلجایی نشان داد که بیشترین عمر گلجایی مربوط به تیمار جیبرلیک اسید ۴۵۰ میلی‌گرم در لیتر و هیومیک اسید ۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر با میانگین ۱۳/۶۶ روز بود که تأثیر معنی‌داری نسبت به شاهد داشت و کمترین عمر گلجایی مربوط به تیمار شاهد با میانگین ۹ روز بود (جدول ۴). عمر گلجایی گل‌های بریدنی بر اساس ویژگی‌های ظاهری مثل پژمردگی گلبرگ‌ها و برگ‌ها، ریزش گلبرگ‌ها، تغییر رنگ گلبرگ‌ها، خم و شکسته شدن ساقه ارزیابی می‌شود (Ezhilmati *et al*., 2007). عمر گلجایی پس از برداشت گل از معیارهای اساسی برای ارزیابی کیفیت گل‌ها است. جیبرلیک اسید یکی از هورمون‌های گیاهی می‌باشد که در افزایش عمر گلجایی گل‌ها از راه به تأخیر انداختن پیک تنفسی در گیاه اثرگذار است. عمل جیبرلیک اسید در به تأخیر انداختن پیری گل به سبب اسیدی کردن شیره یاخته‌ای گیاه است. در واقع افزایش هدایت الکتریکی و قلیایی شدن شیره یاخته‌ای موجب تجزیه پروتئین‌ها و تجمع آمونیوم در حاشیه گلبرگ می‌شود که عاملی مهم و تأثیرگذار در تسریع پیری گل است. جیبرلیک اسید با کاهش pH شیره یاخته‌ای از تجزیه پروتئین‌ها و به هم ریختگی غشای یاخته‌ای و پژمردگی گلبرگ‌ها جلوگیری می‌نماید (Skutink *et al*., 2001). همچنین عمر گلجایی گل‌ها ارتباط نزدیکی با میزان تولید اتیلن آن‌ها دارد. در مورد گل مریم، کاربرد جیبرلیک اسید موجب کاهش میزان تولید اتیلن گل‌ها و افزایش عمر گلجایی گل‌ها شد (De & Dhiman, 2005). در واقع جیبرلین در کاهش تجزیه ریبونوکلئیک اسید، پروتئین و به تأخیر انداختن پیری نقش دارد. ماده اولیه برای تولید اتیلن در بافت‌های گیاهی، اسیدآمینه متیونین و آمینواسیدهای گوگرددار هستند که در نتیجه واکنش‌های شیمیایی، متیونین تبدیل به S آدنوزیل متیونین (SAM) می‌شود که این ماده هم توسط آنزیم‌ها به ۱- آمینوسیکلوپروپان ۱- کربوکسیلیک اسید (ACC) تبدیل می‌شود و اتیلن توسط آنزیم‌های ویژه‌ای از ACC به‌وجود می‌آید. به نظر می‌رسد که جیبرلین‌ها با کم کردن اثر آنزیم تبدیل کننده SAM به ACC، میزان تولید اتیلن را کاهش می‌دهد (Shoor *et al*., 2008). نتایج پژوهش‌های گذشته نشان می‌دهد که با محلول‌پاشی جیبرلیک اسید و یا ترکیب c-16 دی هیدرو جیبرلین که مشابه جیبرلیک اسید عمل می‌کند در لیلیوم‌هایی که زیر تأثیر روز کوتاهی پرورش یافتند باعث افزایش عمر گلجایی گل شد (Saleem Khan & Chaudhry, 2006). تصور می‌شود ماده‌های هیومیکی که خاصیت شبه هورمونی دارد بر عمر گلجایی گل‌ها مؤثر باشد و به احتمال از راه تأثیر بر فعالیت‌های تنفسی، آنزیمی و تغییر توازن هورمونی عمل می‌کنند (Nikbakht *et al*., 2008). در تأیید نتایج حاضر، گزارش شده که تیمار جیبرلیک اسید و هیومیک اسید باعث افزایش عمر گلجایی نرگس گردید (Mashahiri & Hassanpour Asil, 2018). همچنین نتایج پژوهشی نشان داد که عمر گلجایی ژربرا رقم Malibo در غلظت ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر هیومیک اسید ۳/۶ روز نسبت به شاهد افزایش داشته است که با نتایج آزمایش حاضر همسویی دارد (Nikbakht *et al*., 2008).

جدول ۴- مقایسه میانگین برهمکنش جیبرلیک اسید و هیومیک اسید بر ویژگی‌های مورد بررسی در گل بریدنی سوسن.

Table 4- Mean comparisons of interaction effects of gibberellic acid and humic acid on characteristics studied in *Lilium* cut flower.

غلظت تیمار (میلی‌گرم در لیتر) Treatment concentration (mg L^{-1})	شاخص کلروفیل Chlorophyll Index (Spad value)	عمر گلجایی (روز) Vase life (day)	کاروتنوئید گلبرگ (میلی گرم در گرم وزن تازه) Petal carotenoid (mg g^{-1} FW)
شاهد Control	58.23^{c}	9^{f}	0.013^{i}
هیومیک اسید ۲۰۰ × جیبرلیک اسید ۰ Humic acid 200 × Gibberellic acid 0	65.40^{a}	12^{abcd}	0.023^{abc}
هیومیک اسید ۴۰۰ × جیبرلیک اسید ۰ Humic acid 400 × Gibberellic acid 0	60.20^{bc}	12.33^{abc}	0.019^{def}
هیومیک اسید ۶۰۰ × جیبرلیک اسید ۰ Humic acid 600 × Gibberellic acid 0	67.56^{a}	11.66^{abcd}	0.015^{hi}
جیبرلیک اسید ۱۵۰ × هیومیک اسید ۰ Gibberellic acid 150 × Humic acid 0	64^{ab}	11.33^{bcde}	0.016^{hi}
جیبرلیک اسید ۱۵۰ × هیومیک اسید ۲۰۰ Gibberellic acid 150 × Humic acid 200	65.06^{a}	10.33^{cdef}	0.019^{defg}
جیبرلیک اسید ۱۵۰ × هیومیک اسید ۴۰۰ Gibberellic acid 150 × Humic acid 400	66.16^{a}	10.66^{cdef}	0.017^{fgh}
جیبرلیک اسید ۱۵۰ × هیومیک اسید ۶۰۰ Gibberellic acid 150 × Humic acid 600	63.90^{ab}	13^{ab}	0.017^{fgh}
جیبرلیک اسید ۳۰۰ × هیومیک اسید ۰ Gibberellic acid 300 × Humic acid 0	67.70^{a}	9.33^{ef}	0.020^{cde}
جیبرلیک اسید ۳۰۰ × هیومیک اسید ۲۰۰ Gibberellic acid 300 × Humic acid 200	66.13^{a}	12.33^{abc}	0.024^{ab}
جیبرلیک اسید ۳۰۰ × هیومیک اسید ۴۰۰ Gibberellic acid 300 × Humic acid 400	67.30^{a}	11.66^{abcd}	0.026^{a}
جیبرلیک اسید ۳۰۰ × هیومیک اسید ۶۰۰ Gibberellic acid 300 × Humic acid 600	64.60^{ab}	11.66^{abcd}	0.022^{bcd}
جیبرلیک اسید ۴۵۰ × هیومیک اسید ۰ Gibberellic acid 450 × Humic acid 0	63.63^{ab}	11^{bcdef}	0.017^{fgh}
جیبرلیک اسید ۴۵۰ × هیومیک اسید ۲۰۰ Gibberellic acid 450 × Humic acid 200	67.30^{a}	12.33^{abc}	0.018^{efgh}
جیبرلیک اسید ۴۵۰ × هیومیک اسید ۴۰۰ Gibberellic acid 450 × Humic acid 400	64.96^{a}	13.66^{a}	0.020^{cdef}
جیبرلیک اسید ۴۵۰ × هیومیک اسید ۶۰۰ Gibberellic acid 450 × Humic acid 600	65.80^{a}	10^{def}	0.016^{ghi}

در هر ستون، حرف‌های مشابه بیانگر نبود اختلاف معنی‌دار با استفاده از آزمون LSD در سطح ۵٪ است.

In each column, similar letters showing non-significant differences according to LSD test at 5% level.

کاروتنوئید گلبرگ

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که برهمکنش جیبرلیک اسید و هیومیک اسید بر کاروتنوئید گلبرگ در سطح ۱٪ معنی‌دار بود. همچنین نتایج مقایسه میانگین برهمکنش جیبرلیک اسید و هیومیک اسید بر میزان کاروتنوئید گلبرگ نشان داد که بیشترین میزان کاروتنوئید مربوط به تیمار جیبرلیک اسید ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر و هیومیک اسید ۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر با میانگین ۰/۰۲۶ میلی‌گرم بر گرم وزن تر و کمترین مقدار مربوط به تیمار شاهد با میانگین ۰/۰۱۳ میلی‌گرم بر گرم وزن تر بود (جدول ۴). برداشت گل‌ها از گیاه مادری و برش آن‌ها باعث بروز تنش شده که این تنش با تأثیرگذاری بر غشا تیلاکوئید، با تولید رادیکال‌های آزاد، باعث تخریب رنگیزه‌های نورساختی و باعث کاهش فعالیت نورساخت می‌شود. کاروتنوئیدها نقش آنتی‌اکسیدانی داشته و باعث جلوگیری از فعالیت رادیکال‌های آزاد و در نتیجه توقف و یا کاهش تنش ناشی از فعالیت رادیکال‌های آزاد می‌شود (Mutui *et al*., 2001). کاروتنوئیدها به عنوان حامی رنگیزه‌های نورساختی و غیرنورساختی شناخته شده‌اند که در شرایط طبیعی به عنوان رنگیزه آنتن عمل می‌نماید در حالی که در شرایط تنش می‌توانند انرژی اضافی طول موج‌های کوتاه را بگیرند و اکسیژن یکتایی را به اکسیژن سه تایی تبدیل کرده و با گرفتن رادیکال‌های اکسیژن تولید شده نقش آنتی‌اکسیدانی از خود بروز دهند (Heidary & Saleh, 2018). همچنین نتایج پژوهش‌های گذشته نشان می‌دهد، نقش جیبرلیک اسید در افزایش محتوای کاروتنوئید روی کروتون[1] موثر بوده است (Eid & Abou-Leila, 2006).

کلروفیل برگ

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که برهمکنش جیبرلیک اسید و هیومیک اسید بر میزان کلروفیل a در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود. همچنین نتایج مقایسه میانگین برهمکنش جیبرلیک اسید و هیومیک اسید بر میزان کلروفیل a نشان داد که بیشترین میزان کلروفیل a در تیمار جیبرلیک اسید ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر و هیومیک اسید صفر میلی‌گرم در لیتر با میانگین ۰/۲۶۶ میلی‌گرم بر گرم وزن تر وجود داشت که اختلاف معنی‌داری نسبت به تیمار شاهد داشت و کمترین میزان کلروفیل a در تیمار شاهد با میانگین ۰/۱۲۸ میلی‌گرم بر گرم وزن تر مشاهده شد (جدول ۵).

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که برهمکنش جیبرلیک اسید و هیومیک اسید بر میزان کلروفیل b در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود. همچنین نتایج مقایسه میانگین برهمکنش جیبرلیک اسید و هیومیک اسید بر میزان کلروفیل b نشان داد که بیشترین میزان کلروفیل b در تیمار جیبرلیک اسید ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر و هیومیک اسید صفر میلی‌گرم در لیتر با میانگین ۰/۱۰۳ میلی‌گرم بر گرم وزن تر که تأثیر معنی‌داری نسبت به شاهد داشت و کمترین میزان کلروفیل b در تیمار شاهد با میانگین ۰/۰۴۹ میلی‌گرم بر گرم وزن تر مشاهده شد (جدول ۵). آنزیم کلروفیلاز به عنوان نخستین آنزیم در مسیر شکستن کلروفیل b و a می‌باشد. افزایش فعالیت این آنزیم در گیاه به کاهش تخریب کلروفیل و زردی برگ‌ها منجر می‌گردد. چرا که در برگ‌های پیر نسبت کلروفیل a به b افزایش می‌یابد که دلیل آن تجزیه کلروفیل b و تبدیل آن به کلروفیل a می‌باشد که نشان دهنده فعالیت بیشتر آنزیم‌های مسیر شکستن کلروفیل است. کاربرد جیبرلیک اسید و سایتوکینین به میزان چشمگیری از عمل این آنزیم ممانعت نموده و از بروز زردی و پیری در برگ‌ها جلوگیری می‌نماید (Mutui *et al*., 2001; Olszewskiet *et*

۱- *Codiaeum variegatum* L.

al., 2002). فعالیت گیاهی جیبرلیک اسید به وسیله یک دریافت‌کننده در غشای پلاسمایی انجام می‌شود که ممکن است بر بیوسنتز و واکنش به اتیلن تأثیرگذار باشند. جیبرلیک اسید نقش ساختاری در غشای کلروپلاست داشته و باعث انگیزش نورساخت می‌شود. سبز ماندن برگ‌ها می‌تواند دلیلی بر افزایش طول عمر گل‌ها باشد (Emongor, 2004).

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که برهمکنش جیبرلیک اسید و هیومیک اسید بر میزان کلروفیل کل در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود. همچنین نتایج مقایسه میانگین برهمکنش جیبرلیک اسید و هیومیک اسید بر میزان کلروفیل کل نشان داد که بیشترین کلروفیل کل مربوط به تیمار جیبرلیک اسید ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر و هیومیک اسید صفر میلی‌گرم در لیتر با میانگین ۰/۳۷۰ میلی‌گرم بر گرم وزن تر مشاهده شد که افزایش معنی‌داری نسبت به شاهد نشان داد و کمترین مربوط به تیمار شاهد با میانگین ۰/۱۷۷ میلی‌گرم بر گرم وزن تر بود (جدول ۵). جیبرلیک اسید تجزیه و از بین رفتن سبزینه را در فرآیند پیری کاهش می‌دهد که دلیل آن نقش ساختاری جیبرلین در غشا کلروپلاست و انگیزش نورساخت است که با اسیدی کردن شیره یاخته‌ای (کاهش pH) از تجزیه پروتئین‌ها و به هم ریختگی غشا یاخته‌ای جلوگیری می‌کند. همه این فرآیندها و فعالیت‌ها منجر به تأخیر در پیری برگ‌ها و سبز ماندن برگ‌ها و افزایش طول عمر برگ‌ها می‌شود که با افزایش طول عمر برگ‌ها، ماندگاری گل‌ها نیز افزایش می‌یابد. نتایج یک پژوهش نشان داد که زرد شدن برگ‌های شیپوری بر اثر تجزیه کلروفیل ایجاد می‌شود و جیبرلیک اسید باعث دخالت در بیوسنتز کاروتنوئیدها و آنتوسیانین‌ها و انگیزش نورساخت و حفظ سطح نیتروژن برگ می‌شود (Skutink *et al*., 2001). همچنین نتایج دیگری نشان داد که جیبرلیک اسید با حفظ سطح نیتروژن برگ سبب حفظ کلروفیل برگ‌ها و به تأخیر انداختن پیری در برگ‌های آلسترومریا گردید (Mutui *et al*., 2001). همین‌طور نتایج تحقیقی در گذشته نشان داد که تأثیر محلول پاشی هیومیک اسید بر گل رز سبب افزایش سبزینه کل شد و این امر سبب افزایش شادابی گیاه رز گردید (Dastyari & Hoseini Fari, 2014).

جدول ۵- مقایسه میانگین برهمکنش جیبرلیک اسید و هیومیک اسید بر ویژگی‌های مورد بررسی در گل بریدنی سوسن.

Table 5- Mean comparisons of the interaction effects of gibberellic acid and humic acid on studied characteristics of *Lilium* cut flower.

غلظت تیمار (میلی‌گرم در لیتر) Treatment concentration (mg L^{-1})	کلروفیل a Chlorophyll a (mg g^{-1} FW)	کلروفیل b Chlorophyll b (mg g^{-1} FW)	کلروفیل کل Total chlorophyll (mg g^{-1} FW)
شاهد Control	0.128^{f}	0.049^{f}	0.177^{h}
هیومیک اسید ۲۰۰ × جیبرلیک اسید ۰ Humic acid 200 × Gibberellic acid 0	0.136^{ef}	0.056^{def}	0.192^{gh}
هیومیک اسید ۴۰۰ × جیبرلیک اسید ۰ Humic acid 400 × Gibberellic acid 0	0.155^{e}	0.051^{ef}	0.206^{gh}
هیومیک اسید ۶۰۰ × جیبرلیک اسید ۰ Humic acid 600 × Gibberellic acid 0	0.149^{ef}	0.062^{bcdef}	0.212^{fg}
جیبرلیک اسید ۱۵۰ × هیومیک اسید ۰ Gibberellic acid 150 × Humic acid 0	0.187^{cd}	0.057^{cdef}	0.244^{ef}

جیبرلیک اسید ۱۵۰ × هیومیک اسید ۲۰۰ Gibberellic acid 150 × Humic acid 200	0.190^{cd}	0.062^{bcdef}	0.252^{de}
جیبرلیک اسید ۱۵۰ × هیومیک اسید ۴۰۰ Gibberellic acid 150 × Humic acid 400	0.181^{d}	0.067^{bcde}	0.249^{de}
جیبرلیک اسید ۱۵۰ × هیومیک اسید ۶۰۰ Gibberellic acid 150 × Humic acid 600	0.189^{cd}	0.066^{bcdef}	0.255^{cde}
جیبرلیک اسید ۳۰۰ × هیومیک اسید ۰ Gibberellic acid 300 × Humic acid 0	0.266^{a}	0.103^{a}	0.370^{a}
جیبرلیک اسید ۳۰۰ × هیومیک اسید ۲۰۰ Gibberellic acid 300 × Humic acid 200	0.209^{bc}	0.078^{b}	0.287^{bc}
جیبرلیک اسید ۳۰۰ × هیومیک اسید ۴۰۰ Gibberellic acid 300 × Humic acid 400	0.202^{cd}	0.076^{b}	0.278^{bcde}
جیبرلیک اسید ۳۰۰ × هیومیک اسید ۶۰۰ Gibberellic acid 300 × Humic acid 600	0.191^{cd}	0.071^{bcd}	0.262^{cde}
جیبرلیک اسید ۴۵۰ × هیومیک اسید ۰ Gibberellic acid 450 × Humic acid 0	0.209^{bc}	0.074^{bc}	0.283^{bcd}
جیبرلیک اسید ۴۵۰ × هیومیک اسید ۲۰۰ Gibberellic acid 450 × Humic acid 200	0.230^{b}	0.073^{bcd}	0.304^{b}
جیبرلیک اسید ۴۵۰ × هیومیک اسید ۴۰۰ Gibberellic acid 450 × Humic acid 400	0.196^{cd}	0.068^{bcde}	0.264^{cde}
جیبرلیک اسید ۴۵۰ × هیومیک اسید ۶۰۰ Gibberellic acid 450 × Humic acid 600	0.193^{cd}	0.069^{bcd}	0.263^{cde}

در هر ستون، حرف‌های مشابه بیانگر نبود اختلاف معنی‌دار با استفاده از آزمون LSD در سطح ۵٪ است.

In each column, similar letters showing non-significant differences according to LSD test at 5% level.

وزن تر نسبی گل

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که برهمکنش جیبرلیک اسید و هیومیک اسید بر وزن تر نسبی گل بریدنی در روز سوم در سطح ۱٪ معنی‌دار بود. نتایج مقایسه میانگین برهمکنش جیبرلیک اسید و هیومیک اسید بر میزان وزن تر نسبی در روز سوم نشان داد که بیشترین میزان وزن تر نسبی گل از تیمار جیبرلیک اسید ۴۵۰ میلی‌گرم در لیتر و هیومیک اسید ۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر با میانگین ۱۱۳/۴۷٪ نسبت به وزن اولیه، نسبت به تیمار شاهد به‌دست آمد که اختلاف معنی‌داری با شاهد نشان داد و کمترین میزان وزن تر نسبی مربوط به تیمار شاهد بود (جدول ۶). همچنین نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که برهمکنش جیبرلیک اسید و هیومیک اسید بر وزن تر نسبی گل بریدنی در روز پنجم در سطح ۵٪ معنی‌دار بود. نتایج مقایسه میانگین برهمکنش جیبرلیک اسید و هیومیک اسید بر میزان وزن تر نسبی در روز پنجم نشان داد که بیشترین میزان وزن تر نسبی گل از تیمار جیبرلیک اسید ۴۵۰ میلی‌گرم در لیتر و هیومیک اسید ۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر با میانگین ۱۰۳/۷۵٪ نسبت به وزن اولیه، نسبت به تیمار شاهد به‌دست آمد که اختلاف معنی‌داری با شاهد داشت و کمترین میزان وزن تر نسبی مربوط به تیمار شاهد بود (جدول ۶). همین‌طور نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که برهمکنش جیبرلیک اسید و هیومیک اسید بر وزن تر نسبی گل بریدنی در روز هفتم در سطح ۵٪ معنی‌دار بود. نتایج مقایسه میانگین برهمکنش جیبرلیک اسید و هیومیک

اسید بر میزان وزن تر نسبی در روز هفتم نشان داد که بیشترین میزان وزن تر نسبی گل از تیمار جیبرلیک اسید ۴۵۰ میلی‌گرم در لیتر و هیومیک اسید ۶۰۰ میلی‌گرم در لیتر با میانگین ۹۷/۰۱٪ نسبت به وزن اولیه، نسبت به تیمار شاهد به‌دست آمد که اختلاف معنی‌داری با شاهد نشان داد و کمترین میزان وزن تر نسبی مربوط به تیمار شاهد بود (جدول ۶). نتایج پژوهشی نشان داد که از مشکل‌های بزرگ پس از برداشت گل‌های بریدنی بسته شدن سامانه آوندی به وسیله رشد باکتری‌ها می‌باشد که جذب آب را کاهش داده و با ایجاد تنش آبی، سبب پژمردگی اولیه برگ‌ها و گل‌ها شده و در پایان ماندگاری را زیر تأثیر قرار می‌دهد (van Doorn & Cruz, 2000). همچنین بسته شدن انتهای ساقه توسط پلاگ‌های باکتریایی منجر به کاهش جذب آب می‌شود (Elhindi, 2012). نتایج پژوهش‌های گذشته نشان می‌دهد که وزن تر گل‌های بریدنی پس از قرار گرفتن در آب، ابتدا افزایش و سپس کاهش می‌یابد (Shimizu-Yumoto & Ichimura, 2010). کاهش وزن تر یکی از نشانه‌های پیری گل بریدنی است که با از دست دادن آب همراه است. وزن تر گل‌ها در روزهای اولیه افزایش و پس از آن کاهش یافت که این می‌تواند به دلیل عدم رشد میکروارگانیسم‌ها و باز بودن آوندها در روزهای اولیه باشد، اما با گذشت زمان رشد میکروارگانیسم‌ها و بسته‌شدن آوندها، آب با سرعت کمتری در میان آوندها حرکت کرده و در اختیار ساقه قرار می‌گیرد، و به تدریج وزن تر هم در اثر این فرآیندها کاهش می‌یابد. به طور معمول افزایش نفوذپذیری غشا در مرحله پیری باعث از دست دادن آب گلبرگ می‌شود. بنابراین حفظ آب گلبرگ‌ها به کمک تیمارهای مختلف نقش مهمی در جلوگیری از پیری دارد (van Iperen *et al*., 1999). جیبرلیک اسید از جمله تنظیم کننده‌های رشد گیاهی است که باعث افزایش میزان جذب محلول و حفظ شادابی گل‌ها و در نتیجه تأخیر پیری گل‌های بریدنی می‌گردد. جیبرلین‌ها با هیدرولیز کربوهیدرات‌های پیچیده به قندهای ساده موجب ایجاد پتانسیل منفی آب در یاخته‌ها می‌گردند. در نتیجه این پتانسیل منفی، آب بیشتری وارد یاخته می‌شود که موجب انبساط یاخته‌ای شده و محتوای آب یاخته را افزایش می‌دهد (Dastyari & Hoseini Fari, 2014). نتایج پژوهشی نشان می‌دهد که جیبرلیک اسید موجب ساخت و فعالیت آنزیم‌های هیدرولیز منابع ذخیره‌ای می‌شود به‌طوری که در اثر هیدرولیز نشاسته، میزان قند ساقه افزایش یافته و سبب جذب بیشتر آب می‌شود. با جذب بیشتر آب، آماس یاخته و شادابی گلبرگ‌ها حفظ می‌شود و در پایان وزن تر نسبی گل افزایش می‌یابد (Singh *et al*., 2008). نتایج حاضر با نتایج پژوهشی دیگر با تیمار جیبرلیک اسید روی ژربرا مشابه است (Danai *et al*., 2011). همین‌طور نتایج پژوهشی دیگر نشان می‌دهد که در اثر محلول‌پاشی برگی هیومیک اسید کیفیت ماندگاری گل داوودی در زمان پس از برداشت افزایش یافت (Fan *et al*., 2014).

میزان جذب آب

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که برهمکنش جیبرلیک اسید و هیومیک اسید بر میزان جذب آب در روزهای سوم، پنجم و هفتم در سطح ۱٪ معنی‌دار بود. همچنین نتایج مقایسه میانگین برهمکنش جیبرلیک اسید و هیومیک اسید بر میزان جذب آب در روزهای سوم، پنجم و هفتم نشان داد که بیشترین میزان جذب آب در تیمار جیبرلیک اسید ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر و هیومیک اسید ۶۰۰ میلی‌گرم در لیتر با تفاوت معنی‌داری نسبت به شاهد به‌دست آمد و کمترین آن مربوط به تیمار شاهد بود (جدول ۶). جیبرلین‌ها با هیدرولیز کربوهیدرات‌های پیچیده به قندهای ساده موجب ایجاد پتانسیل منفی آب در یاخته‌ها می‌شوند. سپس این پتانسیل منفی، آب بیشتری وارد یاخته می‌کند که موجب انبساط یاخته‌ای شده و محتوای آب یاخته را

افزایش می‌دهد (Danai *et al.*, 2011). نتایج پژوهش‌های پیشین نشان می‌دهد که هیومیک اسید سبب افزایش نفوذ پذیری غشای یاخته‌های گیاهی می‌گردد و جذب عنصرهای پرمصرف و کم‌مصرف را افزایش داده و همچنین قابلیت تحرک عنصرها و در دسترس بودن آن‌ها را برای گیاه فراهم می‌سازد و باعث می‌شود گیاهان پس از برداشت از نظر جذب آب قوی باشند (Kaya *et al.*, 2005; Nardi *et al.*, 2002). نتایج این پژوهش با نتایج پژوهش دیگری روی عمر گلجایی همیشه بهار با محلول‌پاشی هیومیک اسید همسو است (Allahvirdizadeh & Nazari Deljou, 2014).

جدول ۶- مقایسه میانگین برهمکنش جیبرلیک اسید و هیومیک اسید بر ویژگی‌های مورد بررسی در گل بریدنی سوسن.

Table 6- Mean comparisons of the interaction effects of gibberellic acid and humic acid on studied characteristics of *Lilium* cut flower.

غلظت تیمار (میلی‌گرم در لیتر) Treatment concentration (mg L^{-1})	وزن تر نسبی (درصد) Relative fresh weight (%)			میزان جذب آب (میلی لیتر بر گرم وزن تر) Water uptake (ml g^{-1} FW)		
	روز سوم 3rd day	روز پنجم 5th day	روز هفتم 7th day	روز سوم 3rd day	روز پنجم 5th day	روز هفتم 7th day
شاهد Control	95.92^{f}	85.01^{d}	76.64^{d}	1.26^{g}	0.91^{e}	0.70^{g}
هیومیک اسید ۲۰۰ × جیبرلیک اسید ۰ Humic acid 200 × Gibberellic acid 0	107.70^{bc}	95.76^{b}	89.34^{b}	1.92^{ab}	1.62^{abc}	0.89^{fg}
هیومیک اسید ۴۰۰ × جیبرلیک اسید ۰ Humic acid 400 × Gibberellic acid 0	103.39^{cde}	93.67^{b}	86.68^{b}	1.86^{abcd}	1.45^{bcd}	1.06^{ef}
هیومیک اسید ۶۰۰ × جیبرلیک اسید ۰ Humic acid 600 × Gibberellic acid 0	102.90^{cde}	91.67^{bc}	84.64^{bc}	1.62^{bcdef}	1.37^{cd}	1.19^{cde}
جیبرلیک اسید ۱۵۰× هیومیک اسید ۰ Gibberellic acid 150 × Humic acid 0	104.01^{bcde}	95.61^{b}	89.70^{ab}	1.90^{abc}	1.64^{abc}	1.23^{bcde}
جیبرلیک اسید ۱۵۰ × هیومیک اسید ۲۰۰ Gibberellic acid 150 × Humic acid 200	103.89^{ef}	91.10^{bcd}	86.28^{bc}	1.84^{abcde}	1.43^{bcd}	1.22^{bcde}
جیبرلیک اسید ۱۵۰ × هیومیک اسید ۴۰۰ Gibberellic acid 150 × Humic acid 400	101.30^{ef}	91.40^{bc}	83.29^{bcd}	1.57^{def}	1.23^{d}	1.39^{abc}
جیبرلیک اسید ۱۵۰ × هیومیک اسید ۶۰۰ Gibberellic acid 150 × Humic acid 600	101.57^{de}	91.77^{bc}	83.06^{bcd}	1.54^{efg}	1.39^{cd}	1.10^{ef}
جیبرلیک اسید ۳۰۰ × هیومیک اسید ۰ Gibberellic acid 300 × Humic acid 0	101.55^{def}	91.83^{bc}	83.75^{bcd}	1.53^{fg}	1.31^{d}	1.38^{abc}
جیبرلیک اسید ۳۰۰ × هیومیک اسید ۲۰۰ Gibberellic acid 300 × Humic acid 200	100.91^{ef}	87.29^{cd}	84.45^{bc}	1. 87^{abcd}	1.67^{ab}	1.43^{ab}
جیبرلیک اسید ۳۰۰ × هیومیک اسید ۴۰۰ Gibberellic acid 300 × Humic acid 400	103.11^{cde}	94.44^{b}	79.00^{cd}	1.93^{ab}	1.69^{ab}	1.44^{ab}
جیبرلیک اسید ۳۰۰ × هیومیک اسید ۶۰۰ Gibberellic acid 300 × Humic acid 600	104.39^{bcde}	92.46^{bc}	87.38^{b}	1.99^{a}	1.81^{a}	1.48^{a}
جیبرلیک اسید ۴۵۰ × هیومیک اسید ۰ Gibberellic acid 450 × Humic acid 0	102.03^{de}	94.21^{b}	86.15^{bc}	1.87^{abcd}	1.61^{abc}	1.39^{abc}
جیبرلیک اسید ۴۵۰ × هیومیک اسید ۲۰۰	106.99^{bcd}	93.31^{bc}	90.00^{ab}	1.61^{cdef}	1.36^{cd}	1.23^{bcde}

Gibberellic acid 450 × Humic acid 200						
جیبرلیک اسید ۴۵۰ × هیومیک اسید ۴۰۰ Gibberellic acid 450 × Humic acid 400	113.47^{a}	103.75^{a}	87.20^{b}	1.85^{abcd}	1.44^{bcd}	1.36^{abcde}
جیبرلیک اسید ۴۵۰ × هیومیک اسید ۶۰۰ Gibberellic acid 450 × Humic acid 600	109.52^{ab}	96.89^{b}	97.01^{a}	1.39^{fg}	1.22^{d}	1.17^{cde}

در هر ستون، حرف‌های مشابه بیانگر نبود اختلاف معنی‌دار با استفاده از آزمون LSD در سطح ۵٪ است.

In each column, similar letters showing non-significant differences according to LSD test at 5% level.

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج حاصل از این پژوهش، می‌توان نتیجه گرفت که تیمار جیبرلیک اسید و هیومیک اسید تأثیر بسزایی در افزایش کیفیت، عملکرد و عمر گلجایی گل بریدنی سوسن رقم Original Love داشت. تیمار جیبرلیک اسید سبب بهبود ویژگی‌هایی چون شمار غنچه، ارتفاع ساقه گل‌دهنده، وزن تر گل بریدنی، ماده‌های جامد محلول کل و شاخص پایداری غشای یاخته‌ای شد و همچنین تیمار هیومیک اسید نقشی مؤثر در افزایش ویژگی‌های بالا به جز شمار غنچه و ارتفاع ساقه گل‌دهنده داشت. همچنین برهمکنش جیبرلیک اسید و هیومیک اسید سبب افزایش معنی‌داری در میزان شاخص کلروفیل، عمر گلجایی، کاروتنوئید، کلروفیل، وزن تر نسبی و میزان جذب آب شد. با توجه به نتایج به‌دست آمده می‌توان توصیه کرد جیبرلیک اسید به دلیل نداشتن مشکل‌های زیست محیطی و هیومیک اسید به دلیل اثرهای مثبت و کم هزینه بودن برای افزایش کیفیت و عمر گلجایی گل بریدنی سوسن استفاده شود. نتایج به‌دست آمده از پژوهش حاضر نشان داد که استفاده از غلظت‌های جیبرلیک اسید ۴۵۰ میلی‌گرم در لیتر و هیومیک اسید ۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر بهترین تیمار برای افزایش عمر گلجایی و بهبود ویژگی‌های مورد بررسی در این پژوهش می‌باشد.

منابع

Abdel-Mawgoud, A.M.R., El-Greadly, N.H.M., Helmy, Y.I., Singer, S.M. (2007). Responses of tomato plants to different rates of humic-based fertilizer and NPK fertilization. *Journal of Applied Sciences Research, 3*(2), 169-174.

Abdullah, A.T., Hanafy, M.S., EL-Ghawwas, E.O., Ali, Z.H. (2012). Effect of compost and some biofertilizers on growth, yield, essential oil productivity and chemical composition of *Rosmarinus officinalis* L. plants. *Journal of Horticultural Science & Ornamental Plants, 4*(2), 201-214.

Akbari Charmhini, S., Moalemi, N. (2011). The effect of gibberellic acid on vegetative growth of olive seedlings (*Olea europaea* L.). *Journal of Horticultural Sciences (Agricultural Sciences and Industries), 24*(2): 184-188 (In Persian).

Al-Khassawneh, N.M., Karam, N.S., Shibli, R.A. (2006). Growth and flowering of black iris (*Iris nigricans* Dinsm.) following treatment with plant growth regulators. *Scientia Horticulturae, 107*(2), 187-193.

Allahvirdizadeh, N., Nazari Deljou, M.J. (2014). Effect of humic acid on morph-physiological traits, nutrients uptake and postharvest vase life of pot marigold cut flower (*Calendula officinalis* cv. Crysantha) in hydroponic system. *Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture, 5*(2), 133-143 (In Persian).

Atiyeh, R.M., Lee, S., Edwards, C.A., Arancon, N.Q., Metzger, J.D. (2002). The influence of humic acids derived from earthworm-processed organic wastes on plant growth. *Bioresource Technology, 84*(1), 7-14.

Autio, J. (2000). Supplementary lighting regimes strongly affect the quantity of gerbera flower yield. *Acta Horticulturrae*, *515*, 91-98.

Baldotto, M.A., Lilian, E.B. (2013). *Gladiolus* development in response to bulb treatment with different concentrations of humic acids. *Revista Ceres*, *60*(1), 138-142.

Baskaran, V., Misra, R.L. (2007). Effect of plant growth regulators on growth and flowering of gladiolus. *Indian Journal of Horticulture*, *64*(4), 479-482.

Ben-Jaacov, J. (2004). Gibberellic acid spray increased size and quality of protea pink ice flowers-a preliminary experiment. VII *International Protea Research Symposium* 716 (pp. 135-140).

Bhujbal, G.B., Chavan, N.G., Mehetre, S.S. (2014). Importance of growth regulatore and cold storage treatments for breaking of gladiolus (*Gladiolus grandiflorus* L.) corm dormancy. *An International Quality Journal in Life Science*, *9*(2), 501-505.

Burchi, G.B., Nesi, B., Grassoti, A. (2005). Longevity and ethylene production during development stages of two cultivars of *Lilium* flowers ageing on plant or in vase. *Acta Horticulture*, *682*, 813-821.

Chamani, E., Esmaeilpour, B., Poorbeirami Hir, Y., Maleki Lajayer, H., Saadati, A. (2012). Investigation the effects of thidiazouron and humic acid on postharvest life of cut *Alstroemeria aurantifolia*. *Journal of Horticultural Science*, *26*(2), 147-152 (In Persian).

Chen, J., Henny, R.J., McConnell, D.B., Caldwell, R.D. (2003). Gibberellic acid affects growth and flowering of *Philodendron* 'Black Cardinal'. *Plant Growth Regulation*, *41*(1), 1-6.

Chen, Y., Clapp, C.E., Magen, H. (2004). Mechanisms of plant growth stimulation by humic substances: The role of organo-iron complexes. *Soil Science and Plant Nutrition*, *50*(7), 1089-1095.

Comber, H.F. (1949). A new classification of the genus *Lilium*. Lily Year Book. *Royal Horicultural. Society*, *13*, 86-105.

Danai, A., Mostafavi, V.Y., Moradi, P., Azizi Nejad, R. (2011). The effect of some hormonal and chemical treatments on longevity and quality traits of cut Gerbera flower. *Journal Crops Improvement*. *13*(1): 22-28 (In Persian).

Dastyari, M., Hoseini Fari, M. (2014). Effect of humic acid and putrescine on vegetative characteristics and vase life of rose. *Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture*, *5*(20), 241-250 (In Persian).

De Jong, P.C. (1974). Some notes on the evolution of lilies. Lily Year book, *North American Lily Society*, *27*, 23-28.

De, L.C., Dhiman, K.R. (2005). Effect of leaf manures, potassium and GA_3 on growth, flowering and longevity of tuberose. *Journal of Ornamental Horticulture*, *4*(8), 50-52.

Edrisi, B., Mirzaei, S. (2017). An investigation into the effect of gibberellic acid and storage temperature on vegetative and reproductive characteristics of tuberose (*Polianthes tuberosa*). *Journal of Ornamental Plants*, *7*(2), 137-146.

Eid, R.A., Abou-Leila, B.H. (2006). Response of croton plants to gibberellic acid, benzyladenine and ascorbic acid application. *Word Journal of Agricultural Sciences*, *2*(2), 174-179.

Elhindi, K.M. (2012). Evaluation of several holding solutions for prolonging vase-life and keeping quality of cut sweet pea flowers (*Lathyrus odoratus* L.). *Saudi Journal of Biological Sciences*, *19*(2), 195-202.

El-Naggar, A.H., El-Naggar, A.A. M., Ismaiel, N.M. (2009). Effect of phosphorus application and gibberellic acid (GA_3) on the growth and flower quality of *Dianthus caryophyllus* L. *American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Scienc*e, *6*(4), 400-410.

Emongor, V.E. (2004). Effects of gibberellic acid on postharvest quality and vase life of gerbera cut flowers (*Gerbera jamesonii*). *Journal of Agronomy*, *3*(3), 191-195.

Ezhilmathi, K., Singh, V.P., Arora, A., Sairam, R.K. (2007). Effect of 5-sulfosalicylic acid on antioxidant activity in relation to vase life of *Gladiolus* cut flowers. *Plant Growth Regulation*, *51*(2), 99-108.

Fan, H.M., Li, T., Sun, X., Sun, X.Z., Zheng, C.S. (2015). Effects of humic acid derived from sediments on the postharvest vase life extension in cut chrysanthemum flowers. *Postharvest Biology and Technology*, *101*, 82-87.

Fan, H., Wang, X., Sun, X., Li, Y., Sun, X. and Zheng, C. (2014). Effects of humic acid derived from sediments on growth, photosynthesis and chloroplast ultrastructure in chrysanthemum. *Scientia Horticulturae, 177*, 118-123.

Ferrante, A., Mensuali-Sodi, A., Serra, G. (2009). Effect of thidiazuron and gibberellic acid on leaf yellowing of cut stock flowers. *Central European Journal of Biology*, *4*(4), 461-468.

Gharib, S.A., El-Mogy, M.M., Gawad, A., Shalaby, E.A. (2011). Influence of compost, amino and humic acids on the growth, yield and chemical parameters of strawberries. *Journal of Medicinal Plants Research*, *5*(11), 2304-2308.

Heidary, H., Salehe, A. (2018). The effect of vermicompost on morphophysiological characteristics of *Stachys pilifera* in greenhouse. *Journal of Crops Improvement*, *19*(1), 15-30.

Hettiarachchi, M.P., Balas, J. (2005). Postharvest handling of cut kniphofia (*Kniphofia uvaria oken* 'Flamenco') flowers. *Acta Horticulturea*, *669*, 359-366.

Hopkins, W.G., Huner, N.P. (1995). Introduction to Plant Physiology. New York: John Willey and Sons. pp. 112-145.

Iqbal, N., Nazar, R., Iqbal, M., Khan, R., Masood, A., Khan, N.A. (2011). Role of gibberellins in regulation of source-sink relations under optimal and limiting environmental conditions. *Current Science*, *100*(7), 998-1007.

Janowska, B., Andrzejak, R. (2010). Effect of gibberellic acid spraying and soaking of rhizomes on the growth and flowering of calla lily (*Zantedeschia* Spreng.). *Acta Agrobotanica*, *63*(2), 155-160.

Kaya, M., Atak, M., Khawar, K.M., Ciftci, C.Y., Ozcan, S. (2005). Effect of presowing seed treatment with zinc and foliar spray of humic acids on yield of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *International Journal of Agriculture and Biology*, *6*, 875-878.

Khan, F.U., Tewari, G.N. (2003). Effect of growth regulators on growth and flowering of dahlia (*Dahlia variabilis* L.). *Indian Journal of Horticulture*, *60*(2), 192-194.

Khan, N.A., Singh, S., Nazar, R., Lone, P.M. (2007). The source- sink relationship in mustard. *Asian and Australasian Journal of Plant Science and Biotechnology*, *1*, 10-18.

Khosh-Khui, M. (2012). New Principles of Horticulture. Frist Edition. Shiraz University. 646P (In Persian).

Kumar, P., Raghava, S.P.S., Misra, R.L., Singh, K.P. (2003). Effect of GA_3 on growth and yield of China aster. *Journal of Ornamental Horticulture*, *6*(2), 110-112.

Kumar, S., Malik, A., Dahiya, D.S., Kaur, M. (2018). Appraisal of asiatic hybrid lilium cultivars under polyhouse growing condition in semi-arid Haryana. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, *7*, 3389-3394.

Lichtenthaler, H.K. (1987). Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes. *Methods in Enzymology*, *148*, 350-382.

Mashahiri, Y., Hassanpour Asil, M. (2018). Evaluation of gibberellic acid and humic acid on morpho-physiological indices and vase life of cut flower daffodil (*Narcissus pseudonarcissus*). *Journal of Plant Production Research*, *24*(4), 79-92 (In Persian).

Memon, S.A., Khetran, K. (2014). Effect of humic acid and calcium chloride on the growth and flower production of Snapdragon (*Antirrhinum majus*). *Journal of Agricultural Technology*, *10*(6), 1557-1569.

Mutui, T.M., Emongor, V.E., Hutchinson, M.J. (2001). Effect of accel on the vase life and postharvest quality of (*Alestromeria aurantiaca* L.) cut flowers. *Africa Journal of Scientia Technology*, *2*, 82-88.

Nabavi Mohajer, Z.S., Hassanpour Asil, M., Olfatiy, J.A., Khaledian, M. (2018). Effect of macro elements concentration on quantitative and qualitative traits of lily flower (*Lilium* LA Hybrid Fangio) in soilless culture. *Iranian Journal of Horticultural Science*, *50*(1), 47-60 (In Persian).

Nardi, S., Pizzeghello, D., Muscolo, A., Vianello, A. (2002). Physiological effects of humic substances on higher plants. *Soil Biology and Biochemistry*, *34*(11), 1527-1536.

Nikbakht, A., Kafi, M., Babalar, M., Xia, Y.P., Luo, A., Etemadi, N.A. (2008). Effect of humic acid on plant growth, nutrient uptake, and postharvest life of gerbera. *Journal of Plant Nutrition*, *31*(12), 2155-2167.

Norouzi, P., Naderi, R., Babalar, M., Kalantari, S., Kafi, M. (2012). The effect of gibberellic acid (GA_3) on some characteristics of cyclamen flowering during the second flowering year. *Iranian Journal of Horticaltural Sciences*, *43*(3), 305-310 (In Persian).

Olszewski, N., Sun, T.P., Gubler, F. (2002). Gibberellin signaling: biosynthesis, catabolism, and response pathways. *The Plant Cell*, *14*, 61-80.

Rajera, S., Sharma, P., Sharma, B.K.P. (2017). Effect of different growing media on growth and flower production of LA hybrid lily. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, *6*, 2076-2089.

Rana, P., Kumar, J., Kumar, M. (2005). Response of GA_3, plant spacing and planting depth on growth, flowering and corm production in gladiolus. *Journal of Ornamental Horticulture*, *8*(1), 41-44.

Rani, P., Singh, P. (2013). Impact of gibberellic acid pretreatment on growth and flowering of tuberose (*Polianthes tuberosa* L.) cv. 'Prajwal'. *Journal of Tropical Plant Physiology*, *5*, 33-41.

Saleem Khan, A., Chaudhry, N.Y. (2006). GA_3 improves flower yield some gerbera treated with lead and mercury. *African Journal of Biotechnology*, *5*(2), 149-153.

Sarkar, M.A.H., Hossain, M.I., Uddin, A.F.M.J., Uddin, M.A., N., Sarkar, M.D. (2014). Vegetative, floral and yield attributes of gladiolus in response to gibberellic acid and corm size. *Scientia Agriculturae*, *7*(3), 142-146.

Shimizu-Yumoto, H., Ichimura, K. (2010). Combination pulse treatment of 1-naphthalene acetic acid and aminoethoxy vinylglycine greatly improves postharvest life in cut Eustoma flowers. *Postharvest Biology and Technology*, *56*(1), 104-107.

Shoor, M., Tehranifar, A., Nemati, H., Salahvarzy, Y., Alizadeh, B. (2008). Effect of Gibberellic acid and cold storage on some quantitative traits of cut flowers (*Polianthes tuberosa* L.). *Agricultural Research: Water, Soil and Agricultural Plants*, *4*, 239-247 (In Persian).

Singh, A., Kumar, J., Kumar, P. (2008). Effects of plant growth regulators and sucrose on postharvest physiology, membrane stability and vase life of cut spikes of gladiolus. *Plant Growth Regulation*, *55*(3), 221.

Skutnik, E., Lukaszewska, A., Serek, M., Rabiza, J. (2001). Effect of growth regulators on postharvest characteristics of *Zantedeschia aethiopica*. *Postharvest Biology and Technology*, *21*(2), 241-246.

Sumanasiri, H., Krishnarajah, S.A., Eeswara, J.P. (2013). Effect of gibberellic acid on growth and flowering of *Henckelia humboldtianus* gardner (Ceylon Rock Primrose). *Scientia Horticulturae*, *159*, 29-32.

van Doorn, W.G. (1999). Role of soluble carbohydrates in flower senescence: a survey. *In VII International Symposium on Postharvest Physiology of Ornamental Plants*, *543*, 179-183.

van Doorn, W.G., Cruz, P. (2000). Evidence for a wounding-induced xylem occlusion in stems of cut chrysanthemum flowers. *Postharvest Biology and Technology*, *19*(1), 73-83.

van Ieperen, W., Nijsse, J., Keijzer, K., Scheenen, T., Van As, H., van Meeteren, U. (1999). Processes and xylem anatomical properties involved in rehydration dynamics of cut flowers. *VII International Symposium on Postharvest Physiology of Ornamental Plants*, *543*, 199-205.

Yamamoto, S., Yamagiwa, Y., Inaba, Z., Handa, T. (2018). Morphological and simple sequence repeat analysis to clarify the diversity of natural *Lilium japonicum* and L. *auratum* hybrids in the hybrid zone of the Izu Peninsula, Japan. *The Horticulture Journal*, *87*(1), 115-123.

Youssef, A.A., Mahgoub, M.H., Talaat, I.M. (2004). Physiological and biochemical aspects of *Matthiola incana* L. plants under the effect of putrescine and kinetin treatments. *Egyptian Journal of Applied Science*, *19*(9), 492-510.

Flower and Ornamental Plants (2021), 6(1): 49-70
Research article
DOI: 10.52547/flowerjournal.6.1.49

Improving morpho-physiological characteristics and extending vase life of Lily (*Lilium* LA Hybrid) cv. Original Love using gibberellic acid and humic acid

Hengameh Jamali Moghadam, Moazzam Hassanpour Asil*
Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan, Rasht
hassanpurm@guilan.ac.ir
Received: 3/3/2021, Revised: 5/8/2021, Accepted: 7/8/2021

Abstract
Lily is one of the most important cut flowers, which is also widely used as a potted flower. In order to study the effects of gibberellic acid and humic acid on growth, flowering and vase life of *Lilium* LA Hybrid 'Original Love', an experiment was conducted as factorial in a completely randomized design with 2 factors, 16 treatments and 3 replications. The first factor was gibberellic acid at 0, 150, 300 and 450 mg L^{-1} which was carried out by immersing bulbs gibberellic acid for 24 hours. The second factor was humic acid, at 0, 200, 400 and 600 mg L^{-1} as foliar application at the beginning of sprouting every two weeks. The results showed that the effect of gibberellic acid treatment on bud number and flowering stem height was significantly different from control. The highest bud number (5.04) and flowering stem height (79.08 cm) were obtained by treating gibberellic acid at 450 and 300 mg L^{-1}, respectively. Gibberellic acid and humic acid treatments effects separately showed significant differences on fresh weight of cut flower, total soluble solids and percentage of cell membrane stability index. Also, the interaction effect of gibberellic acid and humic acid treatments caused a significant increase in chlorophyll index (67.70 spad value), vase life (13.66 day), total chlorophyll (0.370 mg g^{-1} FW), chlorophyll a (0.266 mg g^{-1} FW), chlorophyll b (0.103 mg g^{-1} FW) and petal carotenoids (0.026 mg g^{-1} FW). The highest relative fresh weight was related to the interaction of gibberellic acid at 450 mg L^{-1} and humic acid at 400 mg L^{-1}, with 113.47 and 103.75% increase on third, and fifth days, respectively. Also, the highest relative fresh weight at seventh day was observed in the treatment of gibberellic acid 450 mg L^{-1} and humic acid 600 mg L^{-1} with an average of 97.01%. Also, the highest water uptake was related to the interaction of gibberellic acid at 300 mg L^{-1} and humic acid at 600 mg L^{-1}, with 1.99, 1.81-, and 1.48-ml g^{-1} FW at third, fifth and seventh days, respectively. In general, gibberellic acid 450 mg L^{-1} and humic acid 400 mg L^{-1} were the best treatments to improve the growth, flowering and vase life features of lily.
Keywords: Carotenoid, Cell membrane stability, Chlorophyll index, Stem height, Total chlorophyll.