مجله علوم و فنون باغبانی ایران جلد ۲۳ شماره ۳ صفحه های ۴۷۳ تا ۴۸۴ (۱۴۰۱)
مقاله پژوهشی

بهبود کیفیت گل ژربرا با کاربرد نور LED و محلول‌پاشی برگی کلراید کلسیم

Improving the Flower Quality of Gerbera (*Gerbera jamesonii* 'Bayadere') Using LED Light and Foliar Application of Calcium Chloride

حمیدرضا روستا، فاطمه نیلی، علی پورخالوئی* و ناصر عسکری[1]

چکیده

هدف از پژوهش حاضر، بهبود رشد رویشی و زایشی ژربرا (*Gerbera jamesonii* 'Bayadere') با کاربرد طیف‌های نوری مختلف و محلول‌پاشی کلسیم بود. طیف‌های نوری قرمز (۱۰۰٪)، آبی (۱۰۰٪) و قرمز (۷۰٪) + آبی (۳۰٪) افزون بر نور طبیعی موجود در گلخانه (شاهد)، به کار رفت. کلراید کلسیم (صفر، ۰/۵، ۱ و ۱/۵ گرم در لیتر) محلول‌پاشی برگی شد. بیشترین شمار برگ (۲۰) در نور LED ترکیبی (قرمز + آبی) + ۰/۵ گرم در لیتر کلراید کلسیم مشاهده شد، درحالی‌که کمترین شمار برگ (۸)، در شرایط نور طبیعی به دست آمد. با تیمار نور ترکیبی + ۱ گرم در لیتر کلراید کلسیم، بیشترین سطح برگ (۱۱۷/۹۰ سانتی‌متر مربع) تولید شد. در شرایط نور قرمز، سطح برگ‌ها به کمینه خود (۲۹/۵۱ سانتی‌متر مربع) رسید. بیشترین قطر ساقه گلدهنده، قطر گردن و گل‌آذین (کلاهپرک) با اعمال نور ترکیبی و کاربرد ۱/۵ گرم در لیتر کلراید کلسیم به دست آمد. وزن تر ساقه گلدهنده و گل‌آذین با کاربرد جداگانه نور ترکیبی یا کلراید کلسیم، به طور معنی‌داری افزایش نشان داد. بیشینه خمش گردن گل (۶۵/۸۳ درجه) در نور طبیعی + صفر گرم در لیتر کلسیم و کمینه آن (۲/۳۵ درجه) در نور ترکیبی + ۱/۵ گرم در لیتر کلراید کلسیم مشاهده شد. در مجموع، کاربرد نور ترکیبی (۷۰٪ قرمز + ۳۰٪ آبی) به همراه محلول‌پاشی برگی کلراید کلسیم با غلظت ۱ تا ۱/۵ گرم در لیتر برای بهبود کیفیت گل این رقم ژربرا پیشنهاد می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: تغذیه برگی، کشت بی‌خاک، گل بریدنی، گلخانه، نوردهی مصنوعی.

مقدمه

ژربرای بریدنی (*Gerbera jamesonii* H. Bolus ex Hook.f.) از تیره میناسانان (Asteraceae)، بومی آفریقای جنوبی و یکی از گل‌های محبوب می‌باشد. بیشتر رقم‌های جنس ژربرا از دورگه‌گیری گونه‌های *G. jamesonii* و *G. viridifolia* منشا گرفته‌اند (۶). براساس آمار بازار گل هلند، ژربرا جز ۱۰ گل بریدنی پرفروش در دنیا به حساب می‌آید. در کنار ارزش زینتی، ژربرا یک گیاه الگو برای مطالعه فرایند تشکیل گل نیز می‌باشد (۴). گلبرگ‌های سالم، طول مناسب ساقه گلدهنده، استحکام ساقه و عدم خمیدگی ساقه، از مهمترین شاخص‌های کیفی برای گل‌های بریده ژربرا به‌حساب می‌آیند. خمیدگی ساقه گلدهنده، یکی از بزرگترین نابسامانی‌های پس از برداشت ژربرا می‌باشد که منجر به کاهش عمر گلجایی آن می‌شود (۵).

نور یک عامل مهم برای رشد گیاهان است که افزون بر تامین انرژی برای فتوسنتز، با تغییر در رنگ (کیفیت) خود منجر به تغییر در رشد و نمو، فرایندهای فیزیولوژیک، سوخت و ساز و ریخت‌زایی گیاهان می‌شود (۲۰). برای تغییر در کمیت و یا

۱- تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۷/۱۰ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۰/۲۱

۲- به‌ترتیب، استاد گروه علوم و مهندسی باغبانی، دانشکده کشاورزی و محیط زیست، دانشگاه اراک؛ دانش‌آموخته کارشناسی ارشد علوم و مهندسی باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ولی‌عصر(عج) رفسنجان؛ استادیار گروه علوم و مهندسی باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ولی‌عصر(عج) رفسنجان؛ استادیار گروه علوم گیاهی، دانشگاه جیرفت، جیرفت، ایران.

* نویسنده مسئول، پست الکترونیک: (alipourkhaloee@vru.ac.ir).

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-01-30]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1401.23.3.5.7]

کیفیت نور می‌توان از منابع نور مصنوعی استفاده نمود. منابع نور سنتی مانند لامپ‌های پرفشار بخار سدیم و دیگر لامپ‌های فلزی متال‌هالید، بازدهی پایینی دارند و گرمای تابشی زیادی تولید می‌نمایند که کاربرد آن‌ها را در تابستان دشوار می‌سازد (۱۵). در سال‌های اخیر، با تحول در زمینه فناوری‌های منبع نور، دیدگاه‌های نوینی برای استفاده از منابع نور پایدار و بسیار کارآمد در قالب دایودهای ساطع‌کننده نور LED (Light Emitting Diodes) برای روشنایی گلخانه‌ها مطرح شده است.

استفاده از نور مصنوعی در پرورش گل‌های بریدنی و گلدانی مانند رز، ژربرا، ارکیدها و غیره به ویژه در کشورهای دارای نور طبیعی کم مانند هلند، کانادا و شمال ایالات متحده امریکا، رایج می‌باشد (۱۳). شکوفایی جوانه، سقط گل، بازتولید شاخه‌های بارده، فاصله بین برداشت‌ها و رنگ‌گیری گلبرگ‌های رز وابسته به کمیت و کیفیت نور می‌باشد (۳۱).

گزارش شده است که استفاده از لامپ‌های LED می‌تواند جایگزین استفاده از لامپ‌های پرفشار بخار سدیم در ژربرا شود. با استفاده از نور قرمز (۸۵٪) + آبی (۱۵٪) در مقایسه با لامپ‌های پرفشار بخار سدیم با تابش فعال فتوسنتزی یکسان، قطر گل، طول ساقه گلدهنده و وزن تر گل ژربرا افزایش نشان داده است. افزون بر این، کیفیت و عمر گلجایی نیز بهبود یافته است (۱۲). در پژوهشی با کاربرد نور LED، نمو گل ژربرا در شرایط گلخانه سرعت یافت (۱۳). در بررسی اثر کیفیت نور تکمیلی LED بر گلدهی ارکید *Phalaenopsis* گلدانی در طول سال، مشخص شد که شمار گل‌آذین و گلچه و همچنین اندازه گل با نوردهی مصنوعی افزایش یافت (۱۵).

کلسیم در گیاهان یک نقش مرکزی و مهم دارد. این عنصر با کاهش یا تأخیر در شکسته شدن دیواره یاخته‌ای از پیری جلوگیری می‌نماید. کلسیم میزان شکوفایی گل‌ها و وزن تر آن‌ها را افزایش می‌دهد و باعث تأخیر در کاهش پروتئین‌های غشای یاخته‌ای در گلبرگ می‌گردد. همچنین، کلسیم میزان نشت الکترولیت‌های گلبرگ را کاهش داده و از تولید اتیلن جلوگیری می‌نماید (۲۷). از این رو، محلول‌پاشی پیش از برداشت گل‌های بریدنی با منابع کلسیم، می‌تواند نقش بسیار مهمی در افزایش استحکام و کیفیت پس از برداشت آن‌ها داشته باشد. با محلول‌پاشی برگی کلراید کلسیم در ژربرای 'Rosaline'، به عنوان یک رقم حساس به خمیدگی، جذب آب افزایش یافت و به دنبال آن خمش ساقه گلدهنده به تاخیر افتاد (۲). تامین یون کلسیم در محلول گلجای ژربرا نیز منجر به افزایش کیفیت پس از برداشت آن شده است. در پژوهشی، کاربرد ۵۰ میلی‌مولار کلراید کلسیم در کنار سایر ترکیب‌های افزایش‌دهنده عمر گلجایی، منجر به تاخیر در خمیدگی ساقه گلدهنده ژربرا شد (۲۱).

طول و قطر مناسب ساقه گلدهنده از مهم‌ترین ویژگی‌های گل‌های بریدنی می‌باشند که در کنار زیبایی ظاهری، اثر بسیار مهمی بر عمر پس از برداشت آن‌ها دارند. یکی از دشواری‌های اصلی پس از برداشت گل‌های بریده ژربرا، عدم تحمل سنگینی سر گل توسط ساقه گلدهنده می‌باشد که سرانجام منجر به خمیدگی گردن گل می‌شود. یکی از دلایل اصلی این خمیدگی، استحکام مکانیکی کم در بخش بالایی ساقه گلدهنده و همچنین آب از دست‌دهی ساقه گلدهنده به ویژه در ناحیه خمیدگی گردن گل می‌باشد که پس از برداشت گل‌ها رخ می‌دهد. افزون بر این، یک فضای خالی در مرکز ساقه گلدهنده ژربرا در زمان برداشت توسعه می‌یابد که از بالای پاهنگ تا نزدیک به زیر سر گل ادامه دارد. به هر حال، گزارش شده است توسعه این فضای خالی نقش زیادی در خمیدگی گردن گل در ژربرا ندارد (۲۲). از این رو، می‌توان با تیمار پیش از برداشت گیاهان مادری ژربرا با لامپ‌های LED دارای کیفیت‌های مختلف همراه با محلول‌پاشی کلسیم، به افزایش استحکام ساقه گلدهنده ژربرا و در نهایت بهبود کیفیت زینتی آن کمک نمود. در این راستا، اثرهای کیفیت نور (کاربرد نور مصنوعی LED قرمز و آبی) و کلسیم (محلول‌پاشی برگی غلظت‌های مختلف کلراید کلسیم) بر ویژگی‌های رویشی و زایشی یکی از رقم‌های بازارپسند و تجاری گل بریدنی ژربرا ('Bayadere')، در پژوهش حاضر مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

مواد گیاهی و شرایط گلخانه

نشاهای کشت‌بافتی و ۳ تا ۴ برگی ژربرا (*Gerbera jamesonii* 'Bayadere') محصول شرکت Schreurs هلند از شرکت مزارع نوین ایرانیان خریداری و درون گلدان‌های پلاستیکی به حجم ۴ لیتر و قطر ۲۰ سانتی‌متر حاوی بستر کشت کوکوپیت (۷۰٪) و پرلایت (۳۰٪) کشت شدند. برای سازگارسازی با شرایط گلخانه محل آزمایش، نشاها به مدت ۱۰ روز با محلول

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-01-30]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1401.23.3.5.7]

غذایی نیم‌غلظت هوگلند تغذیه شدند. پس از سازگاری، گیاهان با فرمول تغذیه‌ای اختصاصی برای این رقم که توسط شرکت تولیدکننده آن پیشنهاد می‌گردد، تغذیه شدند. آزمایش در یک گلخانه شیشه‌ای با شدت نور طبیعی ۱۱۵ مایکرومول بر متر مربع در ثانیه با طول روز و شب به ترتیب ۱۵ و ۹ ساعت، اجرا شد. دستگاه‌های کنترل شرایط محیطی به گونه‌ای تنظیم شدند که دمای ۲±۲۵ درجه سلسیوس در روز و ۲±۲۰درجه سلسیوس را در شب تامین نمایند. رطوبت گلخانه در حد ۶۰٪ حفظ شد.

تیمارهای آزمایشی و داده‌برداری

تیمارهای آزمایشی از برهمکنش طیف‌های مختلف نور LED لنزی و محلول‌پاشی غلظت‌های مختلف کلراید کلسیم ایجاد شدند. برای بررسی اثر فاکتور نور، نور قرمز (۱۰۰٪)، نور آبی (۱۰۰٪) و نور ترکیبی قرمز (۷۰٪) + آبی (۳۰٪) با شدت ۲۰۰ مایکرومول بر متر مربع در ثانیه افزون بر نور طبیعی موجود در گلخانه، به کار رفت. نوردهی مصنوعی از ساعت ۶ تا ۲۲ به صورت نصب بالاسری لامپ‌های LED در فاصله ۲۵ سانتی‌متری از گیاه به اجرا درآمد. لامپ‌های LED از شرکت Iran Grow Light تهیه شدند. این لامپ‌ها حاوی ۲۴ عدد LED با لنز ۹۰ و سطح پوشش ۱۰۰ × ۴۰ سانتی‌متر مربع در هر متر بودند. جریان ورودی، توان و ولتاژ لامپ‌ها به ترتیب ۳۵۰ میلی‌آمپر، ۲۴ وات و ۲۶۵-۸۵ ولت بود. نور طبیعی گلخانه به عنوان تیمار شاهد در نظر گرفته شد. نوردهی مصنوعی پس از سازگاری گیاهان به شرایط محل آزمایش شروع شد و تا پایان آزمایش ادامه داشت. در شکل ۱، تصاویر گیاهان در زیر منابع نور مختلف به همراه نمودار طیف‌های نوری تولیدشده توسط این منابع نشان داده شده است.

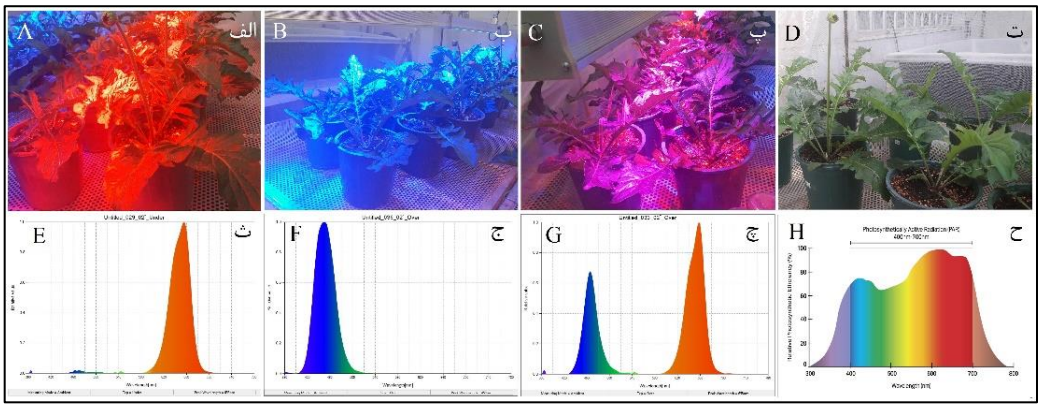

Fig. 1. Plants grown under 100% red (A), 100% blue (B), and 70% red + 30% blue (C) LED lights and control plants under natural sunlight (D). The light spectra produced by LED lights (E-G) and sun (H) are shown in graphs.

شکل ۱- گیاهان رشدیافته زیر نور ۱۰۰٪ قرمز (الف)، ۱۰۰٪ آبی (ب) و ۷۰٪ قرمز + ۳۰٪ آبی (پ) و گیاهان شاهد زیر نور طبیعی خورشید (ت). طیف‌های نوری تولیدشده توسط لامپ‌های LED (ث-چ) و خورشید (ح) در قالب نمودار نمایش داده شده‌اند.

اثر فاکتور کلسیم با محلول‌پاشی برگی کلراید کلسیم در چهار غلظت صفر، ۰/۵، ۱ و ۱/۵ گرم در لیتر بررسی شد. افشانه کلسیم از زمان مشاهده اولین شاخه گل‌دهنده و به فاصله ۱۰ روز یکبار انجام شد. در مجموع، گیاهان به تعداد ۱۰ بار محلول‌پاشی برگی شدند. کل دوره آزمایش ۱۸۰ روز بود.

در طول آزمایش، گل‌های بالغ هر تیمار به تدریج برداشت و ویژگی‌های مورد نظر ثبت شد. باز شدن دو ردیف از پرچم‌های گل به عنوان شاخص برداشت در نظر گرفته شد. از میان شاخص‌های زایشی مهم، شمار گل، طول و قطر ساقه گلدهنده، قطر گردن گل، قطر گل‌آذین، وزن تر ساقه گلدهنده و وزن تر گل‌آذین اندازه‌گیری شدند. در پایان دوره برداشت گل‌ها، بوته‌ها جمع‌آوری شدند و ویژگی‌های رویشی شامل شمار برگ، طول برگ، سطح برگ، وزن تر برگ و وزن تر ریشه ثبت شدند.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-01-30]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1401.23.3.5.7]

واکاوی آماری

آزمایش حاضر به صورت فاکتوریل (۲ فاکتور) و در قالب طرح به طور کامل تصادفی با ۴ تکرار به اجرا درآمد. فاکتور اول، نور LED در سه سطح و فاکتور دوم، محلول‌پاشی برگی کلراید کلسیم در چهار سطح بود. واکاوی آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزارآماری SAS 9.1 و مقایسه میانگین داده‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵٪ انجام شد.

نتایج

ویژگی‌های رویشی

با توجه به نتایج به دست آمده از تجزیه واریانس داده‌ها، اثر اصلی نور مصنوعی LED بر طول برگ از نظر آماری معنی‌دار شد. در مقابل، برهمکنش نور و کلراید کلسیم توانست اثر معنی‌داری را بر شمار برگ، سطح برگ، وزن تر برگ و وزن تر ریشه نشان دهد.

براساس واکاوی آماری مشخص شد که تیمارهای آزمایشی رشد رویشی برگ را زیر تاثیر قرار دادند. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین شمار برگ (۲۰ عدد در گیاه) در تیمار نور ترکیبی و محلول‌پاشی با کلراید کلسیم ۰/۵ گرم در لیتر به دست آمد. کمترین شمار برگ (۸ عدد در گیاه) در گیاهانی مشاهده شد که زیر نور طبیعی گلخانه پرورش یافتند و با کلراید کلسیم ۱ گرم در لیتر محلول‌پاشی شدند (شکل ۲).

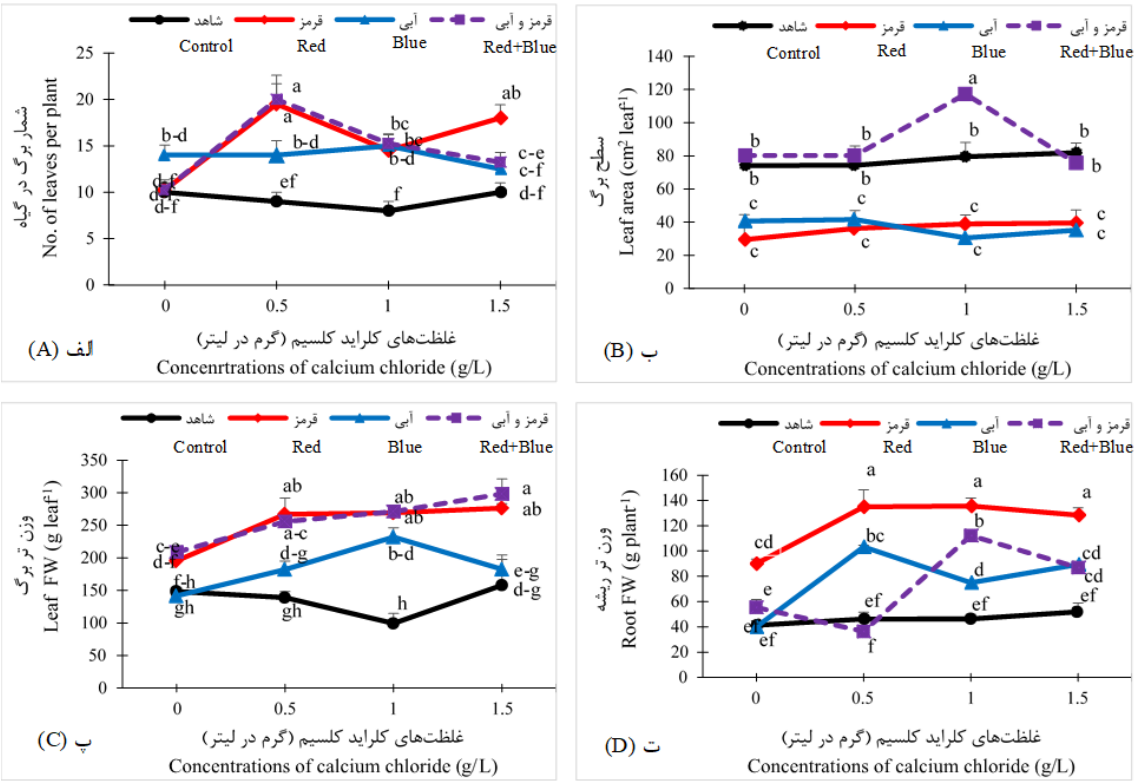

Fig. 2. Interaction effects of different light spectra and foliar application of calcium chloride on the number of leaves (A), leaf area (B), leaf fresh weight (C), and root fresh weight (D) of *Gerbera jamesonii* 'Bayadere'.

شکل ۲- اثر برهمکنش طیف‌های مختلف نور و محلول‌پاشی برگی کلراید کلسیم بر شمار برگ در گیاه (الف)، سطح برگ (ب)، وزن تازه برگ (پ) و وزن تر ریشه (ث) ژربرا (*Gerbera jamesonii* 'Bayadere').

با مقایسه میانگین‌ها مشخص شد که بیشترین سطح برگ (۱۱۷/۹۰ سانتی‌متر مربع) در گیاهانی مشاهده شد که زیر نور ترکیبی پرورش یافتند و به صورت همزمان افشانه کلراید کلسیم با غلظت ۱ گرم در لیتر را نیز دریافت نمودند. کمترین سطح برگ (۲۹/۵۱ سانتی‌متر مربع) در گیاهانی به دست آمد که تنها با نور قرمز تیمار شدند. به هر حال، سطح برگ در گیاهان

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-01-30]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1401.23.3.5.7]

تیمارشده با نور قرمز یا آبی تفاوت معنی‌داری از نظر آماری نداشت (شکل ۲). از سوی دیگر، با نوردهی مصنوعی، بیشترین (۴۶/۷۷ سانتی‌متر) و کمترین (۴۴/۴۲ سانتی‌متر) طول برگ به ترتیب در نور قرمز و آبی به دست آمد. همچنین، گیاهان پرورش‌یافته زیر نور طبیعی گلخانه از نظر میانگین طول برگ (۴۵/۴۰ سانتی‌متر) تفاوت معنی‌داری با گیاهان دریافت‌کننده تیمارهای نور مصنوعی نداشتند (شکل ۳).

نتایج نشان داد که وزن تر برگ‌ها نیز زیر تاثیر تیمارهای آزمایشی قرار گرفت. پس از کاربرد نور ترکیبی و محلول‌پاشی گیاهان با غلظت ۱/۵ گرم در لیتر کلراید کلسیم، بیشترین میانگین وزن تر برگ‌ها (۲۹۸/۲۲ گرم) به دست آمد. در مقابل، گیاهانی که زیر نور طبیعی گلخانه رشد نمودند و تنها با ۱ گرم در لیتر کلراید کلسیم محلول‌پاشی شدند، کمترین میانگین وزن تر برگ (۹۹/۳۳ گرم) را تولید نمودند (شکل ۲).

بررسی‌های آماری نشان داد که رشد ریشه‌ها نیز به طور معنی‌داری زیر تاثیر تیمارهای آزمایشی قرار گرفت. با مقایسه میانگین‌ها، مشخص شد که گیاهانی که تنها زیر نور طبیعی گلخانه قرار گرفتند و با کلراید کلسیم محلول‌پاشی نشدند، دارای کم‌ترین وزن تر ریشه (۴۱/۲۳ گرم) بودند که تفاوت کامل معنی‌داری از نظر آماری با تیمار نور مصنوعی داشت، به طوری‌که، بیشترین وزن تر ریشه (۱۳۵/۶۳ گرم) در تیمار نور قرمز و غلظت ۱ گرم در لیتر کلراید کلسیم به دست آمد. البته، بین غلظت‌های مختلف کلراید کلسیم تفاوت معنی‌داری از نظر اثر بر وزن تر ریشه در تیمار نور طبیعی و قرمز وجود نداشت (شکل ۲).

ویژگی‌های زایشی

براساس نتایج تجزیه واریانس، نور LED اثر اصلی معنی‌داری بر قطر ساقه گلدهنده، قطر گردن ساقه گلدهنده، قطر گل‌آذین، شمار گل در گیاه، وزن تر ساقه گلدهنده و وزن تر گل‌آذین داشت. اثر اصلی کلراید کلسیم بر طول ساقه گلدهنده، قطر ساقه گلدهنده، قطر گردن ساقه گلدهنده، قطر گل‌آذین، شمار گل در گیاه، وزن تر ساقه گلدهنده و وزن تر گل‌آذین معنی‌دار شد. از سوی دیگر، تنها خمش ساقه از برهمکنش نور و کلراید کلسیم اثر معنی‌داری پذیرفت.

با واکاوی آماری نتایج به دست آمده از آزمایش حاضر، مشخص شد که تیمارهای نور مصنوعی و کلراید کلسیم توانسته‌اند به طور معنی‌داری برخی از مهم‌ترین ویژگی‌های کمی و کیفی گل‌های ژربرا را زیر تاثیر قرار دهند. نتایج نشان داد که تیمار نور مصنوعی اثر معنی‌داری بر طول ساقه گلدهنده نداشت. در مقابل، پس از تیمار با کلسیم، بیشترین (۶۰/۹۶ سانتی‌متر) و کمترین (۵۸/۴۵ سانتی‌متر) میانگین طول ساقه گلدهنده به ترتیب با کاربرد ۱/۵ و صفر میلی‌گرم در لیتر کلراید کلسیم به دست آمد. به هر حال، میان غلظت‌های مختلف کلسیم تفاوت معنی‌داری از نظر آماری وجود نداشت (شکل ۳).

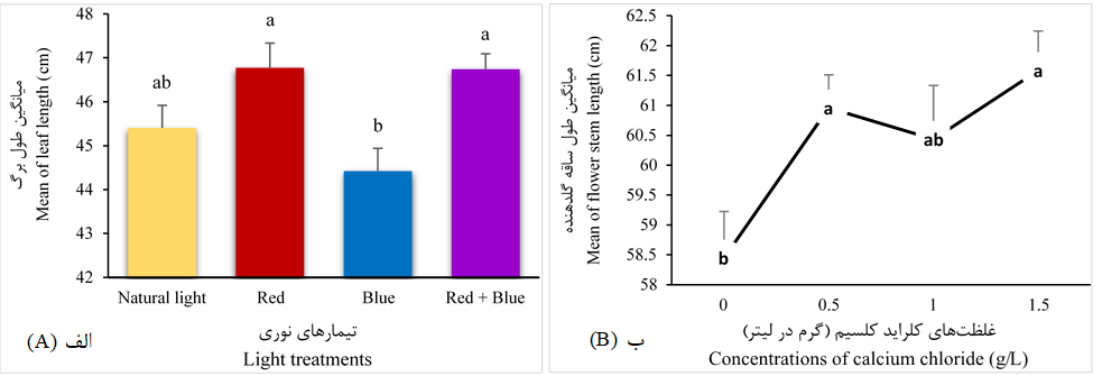

Fig. 3. The effect of different light spectra on the leaf length (A) and foliar application of calcium chloride on the length of flower stem (B) of *Gerbera jamesonii* 'Bayadere'.

شکل ۳- اثر طیف‌های مختلف نور بر طول برگ (الف) و محلول‌پاشی برگی کلراید کلسیم بر طول ساقه گلدهنده (ب) ژربرا (*Gerbera jamesonii* 'Bayadere')

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-01-30]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1401.23.3.5.7]

مقایسه میانگین‌های مربوط به تیمارهای نور مصنوعی نشان داد که بیشترین (۶/۰۷ میلی‌متر) و کمترین (۵/۲۵ میلی‌متر) میانگین قطر ساقه گلدهنده به ترتیب در تیمار نور ترکیبی و نور طبیعی مشاهده شد. با بررسی نتایج مربوط به تیمار کلسیم مشخص شد گیاهانی که با غلظت ۱/۵ گرم در لیتر کلسیم محلول‌پاشی شدند، دارای بیشترین قطر ساقه (۵/۹۷ میلی‌متر) بودند. در شرایط عدم کاربرد کلراید کلسیم، کمترین (۵/۵۴ میلی‌متر) قطر ساقه گلدهنده مشاهده شد (شکل ۴).

نتایج بررسی ویژگی‌های زایشی نشان داد که قطر گردن ساقه گلدهنده به طور معنی‌داری با کاربرد نور مصنوعی افزایش یافت. بیشترین میانگین قطر گردن گل (۵/۲۲ میلی‌متر) با تیمار نور ترکیبی به دست آمد، درحالی‌که، کمترین میانگین قطر گردن گل (۴/۷۶ میلی‌متر) در گیاهانی مشاهده شد که تنها نور طبیعی گلخانه را دریافت نموده بودند. همچنین، قطر گردن گل با کاربرد کلراید کلسیم افزایش یافت، به‌طوری‌که، بیشترین میانگین قطر گردن گل (۵/۱۸ میلی‌متر) در غلظت ۱/۵ گرم بر لیتر کلراید کلسیم و کمترین آن (۴/۹۱ میلی‌متر) در غلظت صفر گرم در لیتر مشاهده گردید (شکل ۴).

بررسی‌های آماری نشان داد که بیشترین میانگین قطر گل‌آذین (۱۲ سانتی‌متر) در نور ترکیبی و کمترین آن (۱۱/۵۲ سانتی‌متر) در نور طبیعی مشاهده شد که تفاوت معنی‌داری را نشان دادند. همچنین، مقایسه میانگین‌های غلظت‌های مختلف کلراید کلسیم نشان داد که قطر گل آذین با کاربرد کلسیم افزایش یافت، به‌طوری‌که، بیشترین میانگین قطر گل‌آذین (۱۲/۰۳) در غلظت ۱/۵ گرم در لیتر کلراید کلسیم و کمترین آن (۱۱/۵۳) در شاهد به دست آمد (شکل ۴).

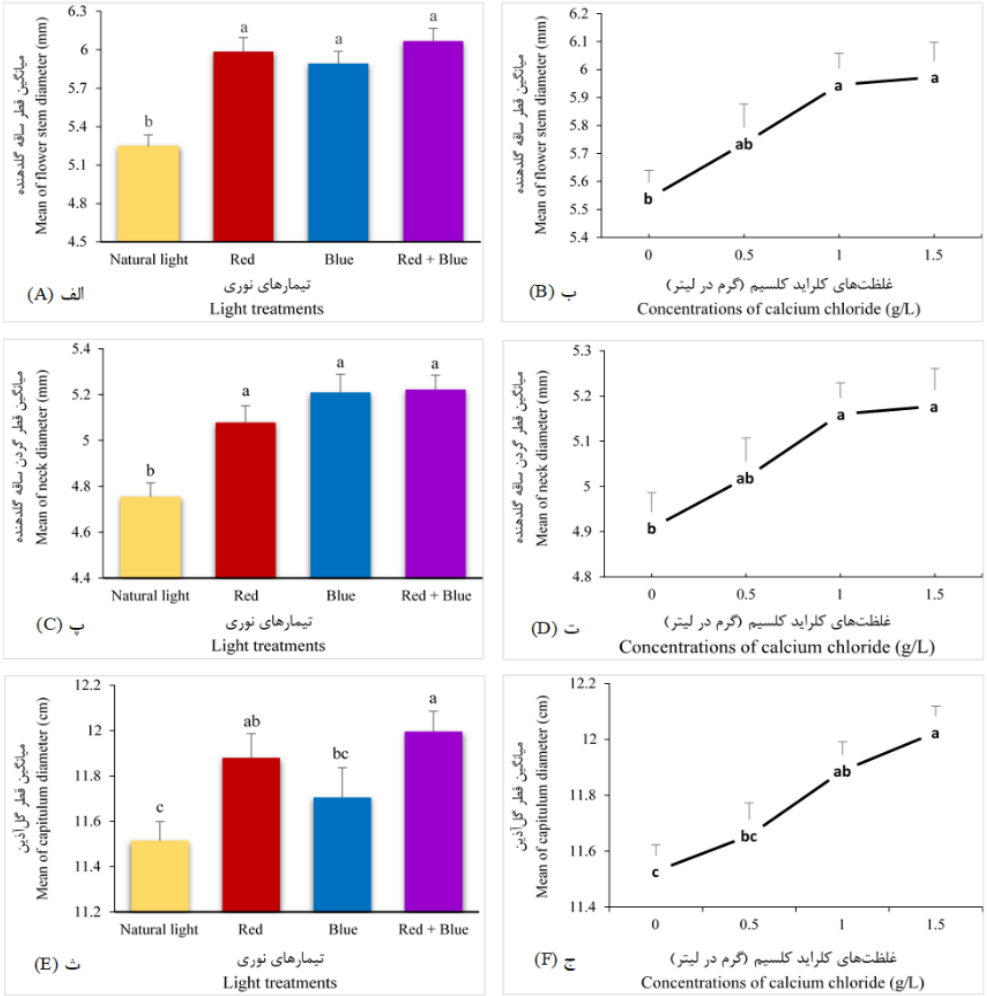

Fig. 4. Interaction effects of different light spectra and foliar application of calcium chloride on the diameter of flower stem (A, B), neck diameter (C, D), and capitulum diameter (E, F) of *Gerbera jamesonii* 'Bayadere'.

شکل ۴- اثر برهمکنش طیف‌های مختلف نور و محلول‌پاشی برگی کلراید کلسیم بر قطر ساقه گلدهنده (الف، ب)، قطر گردن ساقه گلدهنده (پ، ت) و قطر گل‌آذین (ث، ج) ژربرا (*Gerbera jamesonii* 'Bayadere').

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-01-30]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1401.23.3.5.7]

براساس مقایسه میانگین‌ها، شمار گل‌ها با کاربرد نور مصنوعی افزایش نشان داد، به‌طوری‌که، بیشترین (۶/۶۳ عدد) و کمترین (۴ عدد) شمار گل به ترتیب در نور قرمز و نور طبیعی مشاهده شد. در تیمار با کلسیم، شمار گل به طور معنی‌داری زیر تاثیر محلول‌پاشی کلراید کلسیم قرار گرفت. گیاهانی که افشانه ۱ گرم در لیتر کلراید کلسیم را دریافت نمودند، بیشترین شمار گل (۶/۱۹ عدد) را تولید نمودند که تفاوت معنی‌داری با کمترین شمار گل (۴/۹۴ عدد) به دست آمده در غلظت صفر گرم در لیتر کلسیم داشت (شکل ۵).

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که با کاربرد لامپ‌های LED، وزن تر گل‌ها افزایش یافت. بیشترین میانگین وزن تر ساقه گلدهنده (۲۰/۱۰ گرم) و وزن تر گل‌آذین (۱۵/۳۵ گرم) در تیمار نور ترکیبی مشاهده شد. گیاهانی که زیر نور طبیعی گلخانه پرورش یافتند کمترین وزن تر ساقه گلدهنده (۱۵/۳۲ گرم) و گل‌آذین (۱۲/۹۰ گرم) را داشتند. از سوی دیگر، این دو ویژگی زیر تاثیر کاربرد کلسیم نیز قرار گرفتند، به‌طوری‌که، بیشترین وزن تر ساقه گلدهنده (۱۹/۶۳ گرم) و گل‌آذین (۱۵/۵۰ گرم) به ترتیب با کاربرد ۱ و ۱/۵ گرم در لیتر کلراید کلسیم به دست آمد. کمترین میانگین مربوط به این دو ویژگی (به ترتیب، ۱۶/۴۶ و ۱۲/۹۰ گرم) در شرایط محلول‌پاشی با آب مقطر مشاهده شد (شکل ۵).

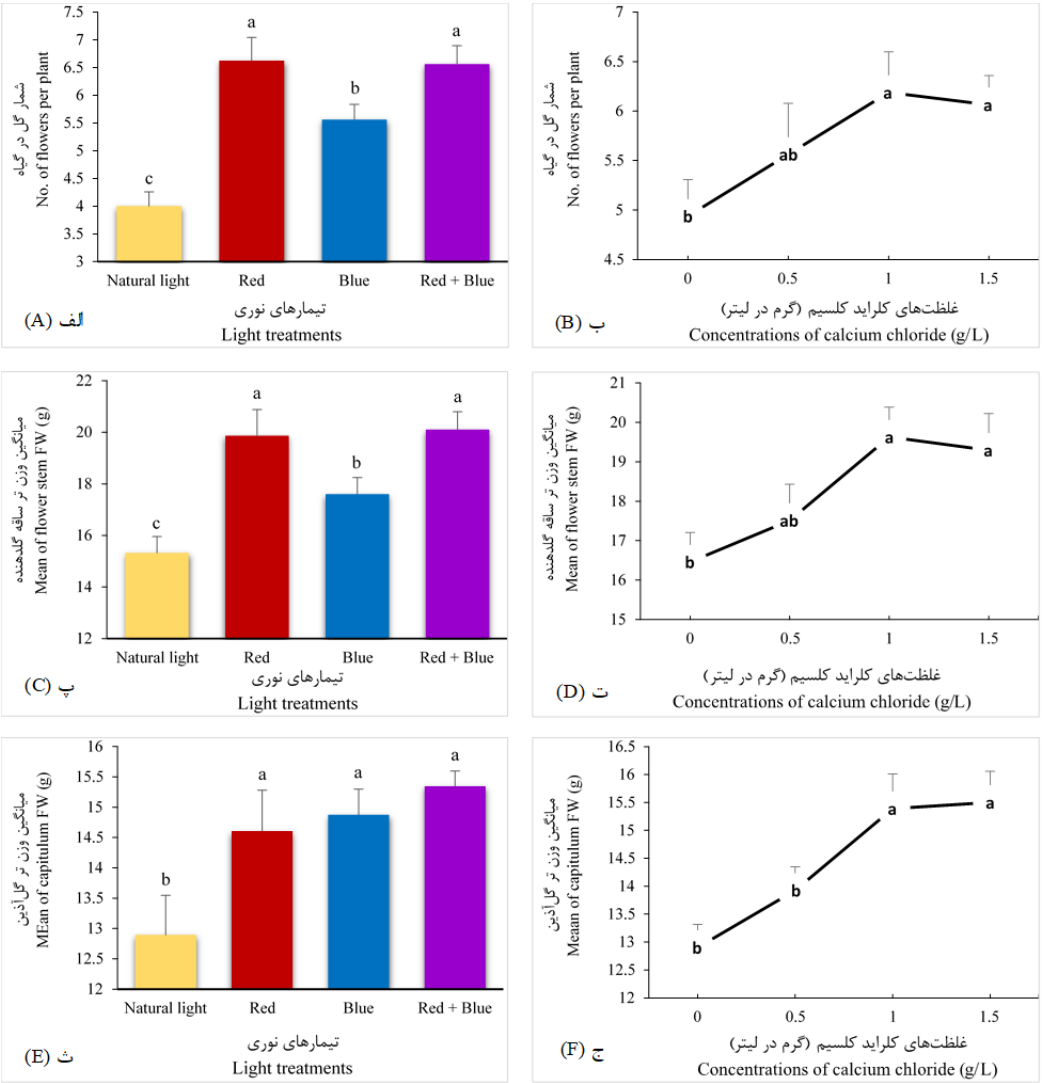

Fig. 5. Interaction effects of different light spectra and foliar application of calcium chloride on the number of flowers per plant (A, B), fresh weight of flower stem (C, D), and fresh weight of capitulum (E, F) of *Gerbera jamesonii* 'Bayadere'.

شکل ۵- اثر برهمکنش طیف‌های مختلف نور و محلول‌پاشی برگی کلراید کلسیم بر قطر ساقه گلدهنده (الف، ب)، قطر گردن ساقه گلدهنده (پ، ت) و قطر گل‌آذین (ث، ج) ژربرا (*Gerbera jamesonii* 'Bayadere').

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-01-30]
[DOR: 20.1001.1.16807154.1401.23.3.5.7]

براساس نتایج مقایسه میانگین‌ها، کاربرد تیمارهای نور مصنوعی و کلسیم توانست میزان خمش ساقه گلدهنده را کاهش دهد. ساقه گلدهنده گیاهانی که زیر نور طبیعی گلخانه پرورش یافتند و هیچ افشانه کلسیمی دریافت ننمودند بیشینه (۶۵/۸۳ درجه) میزان خمش را داشت. در مقابل، با کاربرد نور ترکیبی و محلول‌پاشی برگی کلراید کلسیم به غلظت ۱/۵ گرم در لیتر استحکام ساقه گلدهنده افزایش یافت و کمینه خمش ساقه گلدهنده (۲/۳۵ درجه) مشاهده شد (شکل ۶).

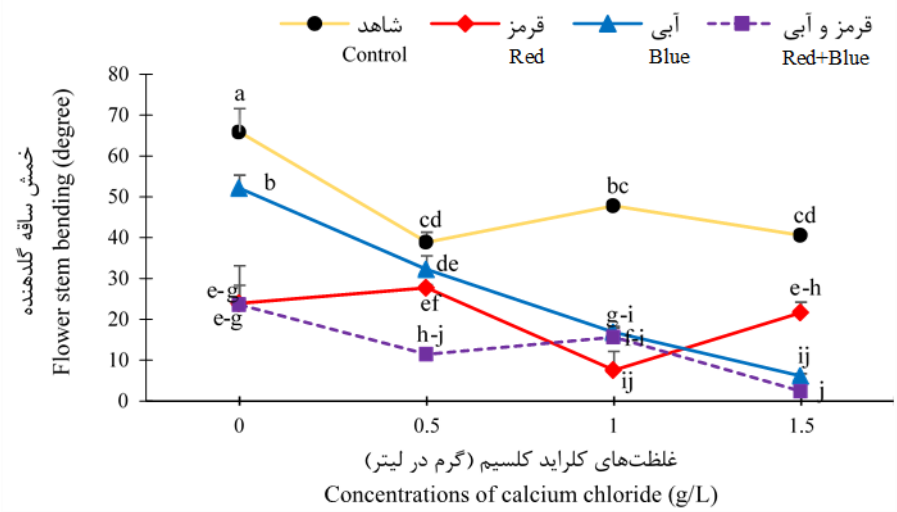

Fig. 6. Interaction effects of different light spectra and foliar application of calcium chloride on the flower stem bending of *Gerbera jamesonii* 'Bayadere'.

شکل ۶- اثر برهمکنش طیف‌های مختلف نور و محلول‌پاشی برگی کلراید کلسیم بر خمش ساقه گلدهنده ژربرا (*Gerbera jamesonii* 'Bayadere').

بحث

مطالعه حاضر نشان داد که کاربرد نور مصنوعی LED و محلول‌پاشی برگی کلراید کلسیم به صورت چشمگیری بسیاری از ویژگی‌های رویشی و زایشی ژربرای بریدنی رقم 'Bayadere' را بهبود بخشید. از میان ویژگی‌های رویشی، میانگین شمار برگ، سطح برگ و وزن تر برگ با کاربرد همزمان نور ترکیبی (قرمز + آبی) و کلراید کلسیم به ترتیب ۲/۵، ۴ و ۳ برابر نسبت به شاهد افزایش نشان داد. بنابراین، نور مصنوعی و کلسیم با افزایش شمار و سطح برگ منجر به افزایش زیست‌توده گیاه شدند. در مقابل، طول برگ تنها زیر تاثیر نور قرار گرفت، به‌طوری‌که، در نور قرمز طول برگ‌ها افزایش نشان داد. وزن تر ریشه نیز در تیمار همزمان نور قرمز و کلسیم بیش از ۳ برابر وزن تر ریشه در شرایط نور طبیعی و عدم کاربرد کلسیم بود.

نور یکی از مهمترین عوامل محیطی است که رشد و نمو گیاهان را کنترل می‌نماید. لامپ‌های LED با نور ترکیبی (قرمز + آبی) از عمده‌ترین منابع نور مصنوعی برای تغییر رشد و نمو گیاه هستند (۱۰). نور آبی برای گسترش برگ‌ها مهم است و سطح برگ و زیست‌توده گیاه را افزایش می‌دهد. علت این افزایش می‌تواند اثر نور آبی بر تقسیم و بزرگ شدن یاخته‌ها باشد. افزون بر این، نور آبی بر باز شدن روزنه‌ها و فتوسنتز نیز اثر چشمگیری دارد (۳۰). به هر حال، گیرنده‌های نوری فایتوکروم از راه فعال‌سازی ژن *HY5* که توسط نور قرمز تحریک می‌شوند، رشد و نمو گیاه را افزایش می‌دهند که یکی از ساز و کارهای آن، افزایش جذب نیتروژن می‌باشد (۲۸). همچنین، نور قرمز سبب رشد و افزایش زیست‌توده گیاه شده و از راه توسعه کلروپلاست و برگ می‌تواند ظرفیت فتوسنتزی، انتقال الکترون و کارایی فتوسنتز را افزایش دهد. از آنجایی که ترکیب نور LED آبی و قرمز به خوبی همخوان با طیف جذبی رنگدانه‌های کاروتنوئید و کلروفیل است، می‌توان نتیجه گرفت که افزایش بیشتر در رشد رویشی و زیست‌توده گیاه در ترکیب نور قرمز + آبی به دلیل فراهمی شرایط بهتر برای افزایش در فعالیت‌های فتوسنتزی گیاه باشد (۲۵). گزارش شده است که نور قرمز بیشترین تاثیر را در افزایش طول برگ گیاه دارد (۱۷).

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-01-30]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1401.23.3.5.7]

در مطالعه ریشه‌زایی در گیاه نوئل مشخص شد که نور قرمز می‌تواند تشکیل ریشه‌های نابجا را ترغیب نماید. گزارش شد که نور قرمز با دخالت در متابولیسم هورمون‌های ضد ریشه‌زایی می‌تواند نقش مهمی را در کنترل ریشه‌زایی و رشد ریشه بر عهده داشته باشد (۳). در نتیجه، نور به طور مستقیم یا غیرمستقیم بر رشد ریشه اثر دارد. کیفیت‌های مختلف نور به طور مستقیم با میانجی‌گری هورمون‌های گیاهی بر بیان ژن‌های دخیل در تشکیل ریشه اثر گذاشته و رشد و نمو ریشه را ترغیب می‌نمایند (۳). افزون بر این، نور مصنوعی به طور غیرمستقیم از راه افزایش رشد برگساره، فتوسنتز بیشتر و تامین اسیمیلات‌ها به رشد و نمو بهتر ریشه کمک می‌نماید.

گزارش شده است که کاربرد کلسیم می‌تواند پارامترهای رشدی گیاهان را بهبود بخشد. برای نمونه، محلول‌پاشی برگی کلراید کلسیم در رز منجر به افزایش سطح برگ شده است (۱). کلسیم یکی از عناصر پرمصرف با تحرک کم و از مهمترین عناصر موجود در دیواره یاخته‌های گیاهان می‌باشد که به علت کارکردهای مختلف در سوخت و ساز گیاهی، نقش مهمی در کیفیت گیاهان باغبانی و به ویژه گیاهان زینتی دارد. همچنین، یون کلسیم در تقسیم یاخته‌ای و تنظیم بسیاری از فرایندهای رشد و نموی گیاه مانند پیری دخالت دارد و کلسیم سیتوپلاسمی به عنوان یک پیام‌رسان ثانویه مرتبط با هورمون‌های گیاهی در تنظیم رخدادهای مهم یاخته‌ای شناخته شده است (۷). با توجه به تحرک کم این عنصر، تامین آن از راه محلول غذایی یا محلول‌پاشی برگی در گل‌های بریدنی می‌تواند به کیفیت زینتی آن‌ها کمک نماید. اثر مثبت کلسیم بر فراهمی و جذب عناصر غذایی می‌تواند شمار و سطح برگ بوته را افزایش دهد که به دنبال آن، نور بیشتری برای فتوسنتز توسط گیاه دریافت می‌شود. این اثر مثبت کلسیم در افزایش سطح برگ به نقش این عنصر غذایی در تقسیم و توسعه یاخته‌ای نسبت داده شده است (۸). از سوی دیگر، عنصر کلسیم با دخالت در نمو مریستم‌های اولیه و جانبی ریشه و تعیین شمار مریستم‌های در حال رشد و در نهایت شدت نسبی محل مصرف در سیستم ریشه، نقش مستقیمی در شکل‌گیری سیستم ریشه برعهده دارد (۱۱). مشخص شده است در گونه‌های کلسیم‌دوست، افزایش در قدرت مصرفی ریشه در پاسخ به کاربرد کلسیم، ممکن است یک استراتژی تخصیص منابع مهم مانند کربن و مواد مغذی به سمت ریشه باشد (۲۴). در نتیجه، می‌توان بیان نمود که محلول‌پاشی کلسیم از راه تامین پکتات‌کلسیم به تشکیل دیواره یاخته‌ای در بافت‌های جوان و در حال تقسیم شدید مانند نوک ریشه و برگ‌های جوان کمک نموده و به دنبال آن رشد ریشه و برگ‌ها را افزایش می‌دهد که نتیجه آن افزایش زیست‌توده گیاه و تولید گیاهانی قوی‌تر برای ورود به مرحله گلدهی است.

افزون بر رشد رویشی، برخی ویژگی‌های مربوط به گل و کیفیت زینتی گیاهان ژربرای مورد مطالعه نیز زیر تاثیر تیمارهای نوری و کلسیم قرار گرفت. طول ساقه گلدهنده زیر تاثیر نور نبود و با کاربرد کلراید کلسیم نیز کمی افزیش نشان داد. در مجموع، تیمارهای به کار رفته نتوانستند طول ساقه گلدهنده را به طور چشمگیری افزایش دهند. این نتایج دور از انتظار نبود، زیرا کیفیت نور مصنوعی به کار رفته یعنی رنگ قرمز و آبی و همچنین ماهیت عنصر کلسیم به گونه‌ای نیست که بتوانند طول ساقه گلدهنده را به میزان زیادی افزایش دهند. در مقابل، این تیمارها برای افزایش ضخامت و استحکام ساقه گلدهنده بسیار سودمند می‌باشند. در داودی مشخص شده است که تیمار ناپیوسته با نور قرمز منجر به کوتاه‌شدن ساقه‌ها می‌شود (۱۸). همچنین، با کاهش نسبت نور قرمز به قرمز دور یا با کاربرد نور تکمیلی قرمز دور، طول ساقه‌های این گیاه افزایش یافته است. در مقابل، با فیلتر نمودن نور قرمز دور، طول ساقه‌ها کاهش یافته است (۹). برای افزایش طول ساقه گلدهنده در گل‌های بریدنی می‌توان از تیمارهای هورمونی مانند محلول‌پاشی جیبرلیک اسید، تیمار نور قرمز دور و یا سایه‌دهی استفاده نمود. البته باید توجه داشت که هرچند در گل‌های بریدنی افزایش طول ساقه گلدهنده مهم می‌باشد، اما با کاربرد تیمارهای اخیر، اغلب این افزایش طول به صورت علفی و نازک می‌باشد و با افزایش قطر و استحکام ساقه همراه نیست که از دید کیفیت پس از برداشت یک کاستی بزرگ به حساب می‌آید.

هرچند طول ساقه گلدهنده با تیمار نور مصنوعی قرمز و آبی و همچنین محلول‌پاشی کلراید کلسیم افزایش چشمگیری نداشت، اما این تیمارها تاثیر بسیار مثبتی بر قطر ساقه گلدهنده داشتند که فاکتور کیفی بسیار مهمی در گل‌های بریدنی به حساب می‌آید. در حقیقت، قطر اندام زایشی شامل قطر ساقه گلدهنده، گردن ساقه گلدهنده و گل‌آذین (کلاهپرک) با کاربرد جداگانه نور ترکیبی یا کلراید کلسیم افزایش یافت. کمترین میانگین‌ها در نور طبیعی گلخانه و عدم کاربرد کلراید کلسیم مشاهده شد. افزون بر این، وزن تر ساقه گلدهنده و گل‌آذین با کاربرد جداگانه نور ترکیبی یا کلراید کلسیم به طور معنی‌داری

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-01-30]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1401.23.3.5.7]

افزایش نشان داد، درحالی‌که، در نور طبیعی و عدم کاربرد کلراید کلسیم به کمینه خود رسید. دیواره یاخته‌ای از سلولز، همی‌سلولز، لیگنین، پلی‌ساکاریدها و یک شبکه فیبری قوی تشکیل شده است که نور مصنوعی با افزایش فرایند فتوسنتز و حرکت و انتقال اسیمیلات‌ها به سمت نواحی مصرف در گیاهان مانند ریشه، گل و برگ سبب افزایش این ترکیب‌های ساختاری مهم می‌شود. از سوی دیگر، در ساختار ساقه، شماری از دستجات آوندی و یاخته‌های اسکلرانشیمی وجود دارند که با آرایش و تراکم ویژه در کنار یکدیگر قرار گرفته و همبستگی مثبتی با انتقال عناصر غذایی، به ویژه کلسیم، نشان می‌دهند. کلسیم در کنار نقش ساختاری خود از نقش فیزیولوژیک نیز برخوردار می‌باشد. برای نمونه، پیشنهاد شده است که کلسیم با افزایش فعالیت آنزیم روبیسکو منجر به افزایش کارایی فتوسنتز و تولید فراورده‌های فتوسنتزی به ویژه کربوهیدرات‌ها شده و سبب بهبود رشد و افزایش قطر اندام‌ها می‌شود (۲۶). در پژوهشی، نور تکمیلی باعث افزایش قطر (حدود ۱/۲۳ سانتی‌متر) گل‌آذین ژربرا نسبت به نور طبیعی شد (۱۹). همچنین، گزارش شده است که کلسیم یک عنصر ضروری می‌باشد که نقشی کلیدی در تقسیم یاخته‌ای، طویل شدن و رشد دارد. در نتیجه، کاربرد نور مصنوعی و کلراید کلسیم با بهبود شرایط رشد و نمو و به ویژه فتوسنتز منجر به تقویت رشد اندام‌های زایشی و افزایش قطر و وزن تر آن‌ها شده است.

شمار گل در کاربرد جداگانه نور قرمز یا کلسیم حدود ۱/۵ برابر شد. بین رقم‌های ژربرا از نظر نیاز به نورگاه، تفاوت وجود دارد. هرچند رقم به کار رفته در پژوهش حاضر روزخنثی می‌باشد، به هر حال، شدت نور و دما را عامل اصلی گل‌انگیزی ژربرا گزارش نموده‌اند. افزایش شدت نور از مرحله دو تا سه برگی الزامی است، زیرا آغازش گل از این مرحله به بعد شروع می‌شود (۶). از آنجایی که شدت نور تاثیر بسیار مهمی بر گل‌انگیزی ژربرا دارد، افزایش شمار گل با کاربرد نور مصنوعی را می‌توان به تامین انرژی نورانی بیشتر نسبت داد. در حقیقت، در پژوهش حاضر با کاربرد نور مصنوعی، میزان انرژی تابش فعال فتوسنتزی دریافت‌شده توسط گیاهان تیمارشده حدود سه برابر گیاهان شاهد بود که با نور مصنوعی تیمار نشدند. در این راستا، گزارش شده است که یک رابطه خطی بین شدت نور LED با شمار گل برداشت‌شده در ژربرا وجود دارد (۱۳).

مشخص شده است که با افزایش نورگاه از ۱۰ به ۲۰ ساعت، میزان تولید در ژربرای بریدنی بسیار بالاتر بوده است (۲۳). این افزایش نورگاه بی‌شک با افزایش در انرژی نورانی دریافتی روزانه همراه خواهد بود که تاثیر مثبتی بر گلدهی ژربرا دارد. افزون بر این، می‌توان بیان نمود که نور با افزایش رشد رویشی که منجر به افزایش زیست‌توده گیاه شده است، اثر غیرمستقیمی بر افزایش شمار گل داشته است. از سوی دیگر، می‌توان نتیجه گرفت که کلسیم نیز با کمک به تشکیل بهتر سرآغازه‌های گل در حال تقسیم فعال یاخته‌ای، به صورت مستقیم و با ترغیب رشد رویشی، به صورت غیرمستقیم بر افزایش شمار گل اثر داشته است.

با کاربرد همزمان نور ترکیبی و کلراید کلسیم خمش گردن ساقه گلدهنده به شدت کاهش یافت. استحکام مکانیکی کم و آب از دست‌دهی ساقه گلدهنده به ویژه در ناحیه گردن، از دلایل اصلی خمیدگی گردن گل‌های ژربرا می‌باشد. از این‌رو، تیمارهایی که منجر به افزایش لیگنینی شدن ساقه گلدهنده شوند، در کنار افزایش استقامت مکانیکی ساقه منجر به جذب آسان و بهتر آب شده و در نهایت خمیدگی ساقه گلدهنده کاهش می‌یابد (۲). برای نمونه، مشخص شده است که کاربرد کلسیم با دخالت در پکتینی شدن دیواره یاخته‌های آوند چوبی منجر به جذب بهتر آب می‌شود (۲۹).

از سوی دیگر، میزان نور بر غلظت کلسیم موجود در شیره آوندها اثر می‌گذارد، به‌طوری‌که، قرار گرفتن گیاهان در برابر نور، سبب ایجاد همبستگی مثبت بین افزایش توسعه دسته‌های آوندی و افزایش انتقال کلسیم می‌شود. به دنبال انباشت کلسیم در یاخته‌های اسکلرانشیمی، استحکام ساقه افزایش می‌یابد. در زیر نور کم، تشکیل دستجات آوندی و بافت اسکلرانشیمی نیز کاهش می‌یابد. بخش عمده کلسیم در بافت‌های گیاهی در دیواره یاخته‌ها به صورت پکتات‌های کلسیم یافت می‌شود. وجود این پکتات‌ها باعث سفتی یاخته و استحکام آن و به نوبه خود مقاومت یاخته و بافت گیاهی در مقابل عوامل بیرونی می‌گردد (۱۶). در مقایسه دو رقم داودی بریدنی چندشاخه مشخص شد در رقمی که دمگلچه‌ها دارای دستجات آوندی توسعه‌یافته‌تر و همچنین لیگنین و محتوای آب بهتری بودند، عمر گلجایی بیشتر بود (۱۴).

پس از مطالعه علت خمیدگی گردن ساقه گلدهنده در ژربرای بریدنی رقم 'Tamara' گزارش شد که کاهش فشار آماس می‌تواند علت اصلی خمش ساقه گلدهنده باشد. افزون بر این، همبستگی معنی‌داری بین توسعه بافت اسکلرانشیمی و سطح لیگنین ساقه گلدهنده با میزان خمش آن وجود داشت (۲۲). در پژوهشی مشخص شد با کاربرد پیش از برداشت ۱٪ کلراید

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-01-30]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1401.23.3.5.7]

کلسیم در رقم 'Rosaline' ژربرا که یک رقم حساس به خمیدگی گردن گل است، خمیدگی ساقه گلدهنده تا حدود ۹ روز به تاخیر افتاد. با کاربرد کلسیم میزان لیگنین و همی‌سلولز این رقم افزایش یافت. همچنین، به علت جذب بهتر آب، محتوای نسبی آب گل افزایش نشان داد (۲). از این رو، می‌توان نتیجه گرفت که همبستگی مثبت نور مصنوعی و محلول‌پاشی کلراید کلسیم با تاثیر بر تشکیل بافت‌های استحکامی ساقه گلدهنده و به دنبال آن جذب بهتر آب، منجر به کاهش خمش ساقه گلدهنده شده است.

نتیجه‌گیری

پژوهش حاضر نشان داد که کاربرد نور مصنوعی LED و محلول‌پاشی برگی کلراید کلسیم می‌تواند کیفیت زینتی گل ژربرا (*Gerbera jamesonii* 'Bayadere') را بهبود ببخشد. از آن‌جایی که خمیدگی گردن گل یکی از نابسامانی‌های مهم پس از برداشت در ژربراهای بریدنی است، کاربرد نور ترکیبی قرمز+ آبی در کنار کلراید کلسیم توانست با بهبود رشد قطری اندام‌های زایشی به صورت معنی‌داری این نابسامانی را کاهش دهد. از این رو، تیمار گیاهان این رقم از ژربرا با نور تکمیلی قرمز (۷۰٪) + آبی (۳۰٪) و محلول‌پاشی با غلظت‌های ۱ تا ۱/۵ گرم در لیتر کلراید کلسیم برای کاهش خمش ساقه گلدهنده و بهبود کیفیت زینتی آن، پیشنهاد می‌گردد.

منابع

References

1. Abdolmaleki, M., M. Khosh-Khui, S. Eshghi, and A. Ramezanian. 2015. Improvement in vase life of cut rose cv."Dolce Vita" by preharvest foliar application of calcium chloride and salicylic acid. Int. J. Hort. Sci. Technol. 2:55-66.
2. Aghdam, M., M. Hassan Pour Asil, M. Ghasemnezhad, and S.A.A. Mousavi Mirkalaei. 2019. Effects of pre-harvest applications of different source of calcium on the cell wall fractions and stem bending disorder of Gerbera (*Gerbera jamesonii* L.) cultivar flowers. Adv. Hort. Sci. 33:57-65.
3. Alallaq, S., A. Ranjan, F. Brunoni, O. Novák, A. Lakehal, and C. Bellini. 2020. Red light controls adventitious root regeneration by modulating hormone homeostasis in *Picea abies* seedlings. Front. Plant Sci. 11:586140.
4. Bhattarai, K., A. Kareem, and Z. Deng. 2021. *In vivo* induction and characterization of polyploids in gerbera daisy. Sci. Hort. 282:110054.
5. Cheng, G., L. Wang, S. He, J. Liu, and H. Huang. 2020. Involvement of pectin and hemicellulose depolymerization in cut gerbera flower stem bending during vase life. Postharvest Biol. Technol. 167:111231.
6. Dole, J.M. and H.F. Wilkins. 2000. Floriculture–Principles and Species. Prentice Hall Pub., Washington U.S.
7. Halevy, A., S. Torre, A. Borochov, R. Porat, S. Philosoph-Hadas, S. Meir, and H. Friedman. 2001. Calcium in regulation of postharvest life of flowers. Acta Hort. 543:345-351.
8. Hepler, P.K., and R.O. Wayne. 1985. Calcium and plant development. Annu. Rev. Plant Physiol. 36:397-439.
9. Hisamatsu, T., K. Sumitomo, and H. Shimizu. 2008. End-of-day far-red treatment enhances responsiveness to gibberellins and promotes stem extension in chrysanthemum. J. Hort. Sci. Biotechnol. 83:695-700.
10. Kasajima, S., N. Inoue, R. Mahmud, and M. Kato. 2008. Developmental responses of wheat cv. Norin 61 to fluence rate of green light. Plant Prod. Sci. 11:76-81.
11. Klepper, B. 1991. Root–shoot relationships, p. 265–286. In: Y. Waisel and A. Eshel (eds.). Plant Roots: The Hidden Half. Marcel Dekker, New York.
12. Llewellyn, D., K. Schiestel, and Y. Zheng. 2019. Light-emitting diodes can replace high-pressure sodium lighting for cut gerbera production. HortScience, 54:95-99.
13. Llewellyn, D., K. Schiestel, and Y. Zheng. 2020. Increasing levels of supplemental LED light enhances the rate flower development of greenhouse-grown cut gerbera but does not affect flower size and quality. Agron. 10:1332.
14. Lv, G., D. Tang, F. Chen, Y. Sun, W. Fang, Z. Guan, Z. Liu, and S. Chen. 2011. The anatomy and physiology of spray cut chrysanthemum pedicels, and expression of a caffeic acid 3-O-methyltransferase homologue. Postharvest Biol. Technol. 60:244-250.
15. Magar, Y.G., A. Noguchi, S. Furufuji, H. Kato, and W. Amaki. 2019. Effects of light quality during supplemental lighting on *Phalaenopsis* flowering. In III International Orchid Symposium 1262, 75-80. 2019.
16. Marschner, H. 1995. Mineral Nutrition of Higher Plants (2nd Ed.). Academic Press Inc., London, UK.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-01-30]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1401.23.3.5.7]

17. Monfared, A., M.R. Nabid, and A.A.H. Roustaeian. 2002. Composition of a carvone chemotype of *Mentha longifolia* L. Huds. from Iran. J. Essent. Oil Res. 14:51-52.
18. Nissim-Levi, A., M. Kitron, Y. Nishri, R. Ovadia, I. Forer, and M. Oren-Shamir. 2019. Effects of blue and red LED lights on growth and flowering of *Chrysanthemum morifolium*. Sci. Hort. 254:77-83.
19. Paradikovic, N., J. Mustapic-Karlic, T.Teklic, V. Cesar, T.Vinkovic, M. Lisjak, M. Spoljarevic, and D. Iljkic. 2008. The role of light regime and substrate in photosynthetic pigments, free proline content and flower quality of *Gerbera jamesonii* L. Poljoprivreda (Osijek). 14:17-22.
20. Paradiso, R., and S. Proietti. 2021. Light-quality manipulation to control plant growth and photomorphogenesis in greenhouse horticulture: The state of the art and the opportunities of modern LED systems. J. Plant Growth Regul. 41:742-780.
21. Perik, R.R., D. Razé, A. Ferrante, and W.G. van Doorn. 2014. Stem bending in cut *Gerbera jamesonii* flowers: Effects of a pulse treatment with sucrose and calcium ions. Postharvest Biol.Technol. 98:7-13.
22. Perik, R.R., D. Razé, H. Harkema, Y. Zhong, and W.G. van Doorn. 2012. Bending in cut *Gerbera jamesonii* flowers relates to adverse water relations and lack of stem sclerenchyma development, not to expansion of the stem central cavity or stem elongation. Postharvest Biol. Technol. 74:11-18.
23. Pettersen, R.I., and H.R. Gislerød. 2003. Effects of lighting period and temperature on growth, yield and keeping quality of *Gerbera jamesonii* Bolus. Eur. J. Hort. Sci. 68:32-37.
24. Picchioni, G.A., M. Valenzuela-Vazquez, and S. Armenta-Sanchez. 2001. Calcium-activated root growth and mineral nutrient accumulation of *Lupinus havardii*: ecophysiological and horticultural significance. J. Am. Soc. Hort. Sci. 126:631-637.
25. Sabzalian, M.R., P. Heydarizadeh, M. Zahedi, A. Boroomand, M. Agharokh, M.R. Sahba, and B. Schoefs. 2014. Higher performance of vegetables, flowers and medicinal plants in a red-blue LED incubator for indoor plant productions. Agron. Sustain. Dev. 34:879-886.
26. Tan, W., Q.W. Meng, M. Brestic, K. Olsovska, and X. Yang. 2011. Photosynthesis is improved by exogenous calcium in heat-stressed tobacco plants. J. Plant Physiol. 168:2063-2071.
27. Torre, S., A. Borochov, and A.H. Halevy. 1999. Calcium regulation of senescence in rose petals. Physiol. Plant. 107:214-219.
28. van Gelderen, K., C. Kang, and R. Pierik. 2018. Light signaling, root development, and plasticity. Plant Physiol. 176:1049-1060.
29. van Ieperen, W., and A. van Gelder. 2006. Ion-mediated flow changes suppressed by minimal calcium presence in xylem sap in *Chrysanthemum* and *Prunus laurocerasus*. J. Exp. Bot. 57:2743-2750.
30. Xu, Y., Y. Liang, and M. Yang. 2019. Effects of composite LED light on root growth and antioxidant capacity of *Cunninghamia lanceolata* tissue culture seedlings. Sci. Rep. 9:1-9.
31. Zieslin, N., and Y. Mor. 1990. Light on roses. A review. Sci.Hort. 43:1-14.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-01-30]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1401.23.3.5.7]

Iranian Journal of Horticultural Science and Technology 23 (3): 473-484 (2022)
Research article

Improving the Flower Quality of Gerbera (*Gerbera jamesonii* 'Bayadere') Using LED Light and Foliar Application of Calcium Chloride

H.R. Roosta, F. Nili, A. Pourkhaloee*, N. Askari[1]

The purpose of the present study was to improve the vegetative and reproductive growth of gerbera (*Gerbera jamesonii* 'Bayadere') using different light spectra and foliar application of calcium. Light spectra of red (100%), blue (100%), and red (70%) + blue (30%) were used in addition to natural light in greenhouse. Calcium chloride ($CaCl_2$: 0, 0.5, 1, and 1.5 g L^{-1}) was foliar sprayed. The highest number of leaves (20) was observed under combined (red + blue) LED lights + 0.5 g L^{-1} $CaCl_2$, while the lowest number (8) was obtained under natural light conditions. Combined LED lights + 1 g L^{-1} $CaCl_2$ produced the largest leaf area (117.90 cm^2). Under the red light, the lowest leaf area (29.51 cm^2) was observed. The highest diameter of flower stem, neck, and capitulum was obtained by application of combined LED lights and 1.5 g L^{-1} $CaCl_2$. By separate application of combined LED lights or calcium chloride, fresh weight of flower stem and capitulum were significantly increased. The maximum (65.83˚) and the minimum (2.35˚) neck bent were observed under natural sunlight + 0 g L^{-1} $CaCl_2$ and combined LED lights + 0 g L^{-1} $CaCl_2$, respectively. Totally, application of combined (70% red + 30% blue) LED lights along with foliar spraying of 1-1.5 g L^{-1} $CaCl_2$ is recommended to improve the flower quality of this cultivar of gerbera.

Keywords: Artificial lighting, Cut flower, Foliar nutrition, Greenhouse, Soilless culture.

1. Professor, Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture and Natural Sciences, Arak University; Former M.Sc. Student at Department of Horticultural Science, College of Agriculture, Vali-e-Asr University of Rafsanjan; Assistant Professor at Department of Horticultural Science, College of Agriculture, Vali-e-Asr University of Rafsanjan; Assistant Professor at Department of Plant Sciences, Jiroft University, Jiroft, Iran respectively.

* Corresponding Author, Email: alipourkhaloee@vru.ac.ir

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-01-30]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1401.23.3.5.7]