نشریه تولید و فرآوری محصولات زراعی و باغی
سال دوازدهم / شماره چهارم / زمستان ۱۴۰۱/مقاله علمی-پژوهشی: صفحات ۱ تا ۱۴

اثر عصاره جلبک دریایی و طیف‌های مختلف نور الای‌دی بر رشد دانهال‌های دو رقم لیسیانتوس (*Eustoma grandiflorum*) و گلدهی آنها

احمدرضا محمدی[۱]، مریم حقیقی[۲*]، علی نیکبخت[۲] و منیره محنت‌کش[۳]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۲/۱۱ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۱/۳۰)

چکیده

لیسیانتوس یک گیاه گل‌دار کند رشد بوده که جوانه‌زنی بذر و رشد گیاهچه آن در مناطق گرمسیری یک نکته چالشی است. با توجه به بازارپسندی این نوع گل شاخه بریده، این مطالعه در دو آزمایش، به‌منظور بررسی اثر عصاره جلبک دریایی و طیف‌های نور الای‌دی بر رشد دانهال‌های دو رقم آرنا و ماریاچی لیسیانتوس و اثر آن بر گلدهی به‌صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی انجام شد. آزمایش اول شامل تیمارهای الای‌دی دارای نورهای آبی، قرمز، آبی- قرمز، سفید در غلظت‌های ۱۲۵، ۲۵۰، ۵۰۰، ۷۵۰ و ۱۰۰۰ میلی‌لیتر در لیتر عصاره جلبک دریایی و تیمار شاهد بدون اعمال تیمار، با هشت تکرار انجام شد. طبق نتایج حاصل از آزمایش اول، بیشترین عرض برگ و قطر ساقه در نور آبی و بیشترین قطر برگ در نور ترکیبی قرمز- آبی الای‌دی مشاهده شد. در آزمایش دوم، پس از گذشت ۶۰ روز از انجام این آزمایش بیشترین تعداد غنچه گل در بوته و طول ساقه در نور سفید الای‌دی مشاهده شد. همچنین در رقم آرنا غلظت‌های ۵۰۰ و ۷۵۰ میلی‌لیتر در لیتر عصاره جلبک دریایی، تعداد غنچه گل در بوته بیشتری نسبت به تیمار شاهد داشت. افزایش در صفات مورفولوژیکی عرض و قطر برگ، طول میانگره و ساقه مربوط به هر دو آزمایش، در نور آبی و نور ترکیبی قرمز- آبی الای‌دی مشاهده شد. با توجه به نتایج این پژوهش می‌توان رقم آرنا تحت تیمار نور آبی و غلظت ۵۰۰ میلی‌لیتر در لیتر عصاره جلبک دریایی را جهت تولید محصول بهتر توصیه کرد.

واژه‌های کلیدی: محرک‌های رشد، کیفیت نور، گل شاخه‌بریده

۱، ۲ و ۳. به‌ترتیب دانشجوی سابق کارشناسی ارشد، دانشیار و دانشجوی کارشناسی ارشد گروه باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران
*: مسئول مکاتبات: پست الکترونیکی: mhaghighi@cc.iut.ac.ir و Dr.hagh@yahoo.com

مقدمه

یکی از اهداف کشورهای در حال توسعه، دستیابی به رشد اقتصادی پایدار است. گل‌ها و گیاهان زینتی از جمله محصولاتی هستند که در بسیاری از نقاط ایران قابل تولید بوده، از قابلیت ارزآوری بالایی برخوردار هستند و می‌توانند به‌عنوان یکی از کالاهای عمده غیر نفتی در ترکیب صادرات کشور قرار گیرند (۷). لیسیانتوس گیاهی است که به‌عنوان گل شاخه‌بریده، بستری و گلدانی پرورش داده می‌شود ولی بیشترین کاربرد آن به صورت گل شاخه‌بریده است. موطن اصلی این گیاه مناطق مرکزی و جنوب آمریکا و مکزیک است، اما نقطه گسترش آن در ژاپن بود و پس از اصلاحات اولیه توسط به‌نژادگران ژاپنی، به کشورهای دیگر معرفی شده و امروز از اهمیت زیادی در بازارهای جهانی برخوردار است. لیسیانتوس رتبه بالایی را در بین گل‌های شاخه‌بریده به خود اختصاص داده و در بین ۱۰ گل برتر شاخه‌بریده در جهان جای گرفته است و مهمترین کشورهای تولید کننده این گل در دنیا هلند، کنیا و تانزانیا هستند (۱۲). با توجه به بازارپسندی این نوع گل شاخه بریده تیمارهایی به‌منظور افزایش تولید، بهبود کیفیت گلدهی و بهبود عمر پس از برداشت این گل طی سال‌های اخیر صورت گرفته که ازجمله این تیمارها کاربرد نور با رنگ‌های مختلف (۱۶)، کاربرد اسیدهای آمینه برای افزایش کیفیت و ماندگاری پس از برداشت گل (۱۸) و کیتوزان (۱۳) برای بهبود ویژگی‌های کمّی و کیفی لیسیانتوس صورت گرفته است. در پژوهش‌های انجام شده بیشتر، به بررسی عوامل محیطی مؤثر بر افزایش کمیت و کیفیت لیسیانتوس پابلند به‌منظور تولید گل شاخه‌بریده پرداخته شده است. اثرات ضد تنشی مواد آلی که از جلبک‌های دریایی مشتق می‌شوند، عمدتاً به فعالیت‌های سیتوکینینی نسبت داده شده است. سیتوکینین‌های مختلف مانند زآتین، آدنین و آمینوپورین، رادیکال‌های آزاد را که منجر به ایجاد تنش در گیاهان می‌شوند، به‌طور مستقیم مهار می‌کنند. گلایسین بتائین، مانیتول و برخی از قندها، از جمله موادی هستند که موجب ایجاد تعادل اسمزی در سلولهای گیاهی می‌شوند (۲). مشخص شده است که عصاره جلبک دریایی نقش مهمی در بالا بردن ترکیبات فتوشیمیایی و آنتی‌اکسیدانی در گیاهان دارویی دارد (۶). در محلول پاشی گیاهان دارویی اسپیره (*Filipendula ulmaria*) و میخک ژاپنی (*Pittosporum tobira*) با عصاره جلبک دریایی (*Ascophyllum nodosum*) به‌صورت هفتگی با غلظت‌های ۵ و۷ میلی‌لیتر در لیتر همراه با آب آبیاری و در شرایط گلخانه‌ای و کنترل‌شده، محتوای ترکیبات فنولیکی، فلاوونوئیدها و ظرفیت آنتی اکسیدانی در هر دو گونه گیاهی افزایش یافته است (۶).

نور یکی از عوامل محیطی مهم و تأثیرگذار بر رشد و فیزیولوژی گیاهان است. گیاهان به‌طور پیوسته به نورهای محیط اطراف خود پاسخ می‌دهند. اگرچه محدوده نور مرئی (۷۰۰-۴۰۰ نانومتر) به‌عنوان مهم‌ترین طیف نور برای فتوسنتز در نظر گرفته می‌شود، اما گیاهان عالی محدوده‌ای از طیف نوری قرمز ۲۶۰ نانومتر و مادون‌قرمز ۷۸۰-۷۲۰ نانومتر را دریافت و به آن پاسخ می‌دهد. هر طول موج از طیف‌های نوری، پاسخ‌های خاصی را در گیاهان ایجاد می‌کنند. نورهای قرمز و آبی برای تحریک الکترون در سیستم فتوسنتزی مؤثرتر هستند، زیرا رنگدانه‌های کلروفیل بیشترین میزان جذب نور را در این طول موج‌های نور دارند. اثرات نورهای قرمز و آبی، تک رنگ یا ترکیبی، به‌طور گسترده‌ای روی رشد و فیزیولوژی گونه‌های مختلف گیاهی مورد مطالعه قرار گرفته است (۸). شدت، مدت تابش و کیفیت نور برای گیاه اهمیت دارد. کمیت یا شدت نور عبارت است از مقدار امواج نورانی که در واحد زمان به واحد سطح می‌رسد. شدت نور بر پاره‌ای از فرآیندهای گیاهی از جمله فتوسنتز اثر می‌گذارد (۴ و ۲۰). برای تولید گیاهان در محیط‌های بسته به جای نور خورشید می‌توان از منابع نوری مانند متال‌هالید، فلورسنت، سدیم پرفشار، لامپ‌های نئون و دیود ساطع کننده نور (LED) استفاده کرد. LEDها به‌دلیل حداقل گرمایش، طول عمر طولانی، جرم و حجم کم، ساختار حالت جامد و تولید طول موج های خاص توجه زیادی را به خود جلب کردند. LEDها با طول موج‌های خاص طیف نور می‌توانند ابزار آسانی برای درک اثرات طیف نور بر رشد و

فیزیولوژی گیاه باشند (۸). در پژوهشی گزارش شد که کاربرد نور الای‌دی با تنوع رنگ متفاوت (سفید، آبی و قرمز) سبب افزایش ارتفاع گیاه، فاصله میانگره، تعداد برگ، محتوای کلروفیل، تراکم روزنه‌ای، عرض برگ، زیست‌توده تازه ساقه و ریشه، همچنین افزایش نسبت زنده‌مانی بیشتر و کاهش حالت روزت در دانهال لیسیانتوس شد (۴). در پژوهشی روی گیاه لیسیانتوس پیشنهاد شده که ترکیبی از نورهای الای‌دی ممکن است برای بهبود رشد و تولید در مقیاس بزرگ و در محیط کنترل شده مفید باشند (۱۶). به‌طورکلی، مطالعات اندکی در مورد شرایط بهینه کشت و کار گیاه لیسیانتوس، به‌ویژه در مراحل اولیه پرورش وجود دارد (۳). بر این اساس مطالعه حاضر به‌منظور بررسی اثر عصاره جلبک دریایی و نورهای متنوع آبی، قرمز، آبی– قرمز، سفید و شاهد بر رشد و استقرار گیاهچه لیسیانتوس و بررسی عملکرد گیاه پس از انتقال گیاهچه‌ها به گلدان انجام شد.

مواد و روش‌ها

آزمایش اول: بررسی اثر عصاره جلبک دریایی و طیف‌های نور الای‌دی بر رشد دانهال‌های دو رقم لیسیانتوس

به‌منظور بررسی اثر نور الای‌دی و عصاره جلبک دریایی بر رشد گیاهچه‌های دو رقم لیسیانتوس پابلند آرنا (*Eustoma grandiflorum* cv. Arena) و ماریاچی (*E. grandiflorum* cv. Mariachi) آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی با هشت تکرار شامل یک بوته با تیمارهای چراغ‌های الای‌دی (تولید شرکت مازی نور ایران با شدت نوری ۲۰۰۰ و ۴۰۰۰ لوکس) دارای نورهای آبی ٪۱۰۰ ، قرمز ٪۱۰۰ ، آبی– قرمز ٪۷۰:۳۰ (۷۰ درصد قرمز و ۳۰ درصد آبی) ، سفید ٪۱۰۰ و پنج غلظت ۱۲۵، ۲۵۰، ۵۰۰، ۷۵۰ و ۱۰۰۰ میلی‌لیتر در لیتر عصاره جلبک دریایی (تولید شرکت آکادین سی‌پلنت کانادا) و شاهد انجام شد. بدین منظور بذرهای دو رقم آرنا و ماریاچی در سینی‌های نشا حاوی بستر کشت پیت ماس در شرایط گلخانه کشت شدند. سپس دانهال‌ها در مرحله دو برگی، به مدت ۶۰ روز به اتاقک رشد با فتوپریود ۱۶/۸ ساعت در شبانه روز با شدت نوری ۳۰۰ میکرومول فوتون بر مترمربع بر ثانیه و دمای ۲۱ درجه سلیسیوس انتقال یافتند. گیاهان در قفسه‌های مجزا که چراغ‌های الای‌دی با نورهای مورد نظر در فاصله ۵۰ سانتی‌متری از گیاهان نصب شده بودند، قرار گرفتند و جهت جلوگیری از اختلاط نورها هر قفسه حاوی دانهال‌ها، به وسیله یک نایلون سیاه رنگ از قفسه دیگر جدا شد یک ماه پس از انتقال دانهال‌ها به اتاقک رشد، تیماردهی با عصاره جلبک دریایی آغاز شد. بدین صورت که هریک از غلظت‌های ۱۲۵، ۲۵۰، ۵۰۰، ۷۵۰ و۱۰۰۰ میلی‌لیتر در لیتر، به فواصل هر ۳ روز یکبار(به مدت ۲۱روز)، به‌صورت کودآبیاری (محلول عصاره جلبک دریایی در آب) به میزان ۲۰ میلی‌لیتر به ازای هر دانهال استفاده شد. تیمار شاهد در این مرحله برای هر دو رقم در شرایط گلخانه نگهداری و از آب مقطر جهت کودآبیاری استفاده شد. پس از یک ماه، در پایان آزمایش اول تعداد برگ و میانگره با شمارش، قطر برگ و قطر ساقه به کمک کولیس دیجیتال، عرض برگ، طول ساقه و میانگره با خط‌کش با دقت ۰/۱ میلی‌متر اندازه‌گیری شد. شاخص سبزینگی برگ توسط دستگاه سبزینگی‌سنج پورتابل (مدل CL-01 ساخت انگلستان) انجام و سپس میانگین آن ثبت شد (۶).

آزمایش دوم: بررسی اثر عصاره جلبک دریایی و طیف‌های نور الای‌دی بر فاکتورهای عملکردی گیاهچه‌های دو رقم لیسیانتوس در مرحله گلدهی

۶۰ روز پس از کشت بذرها در سینی نشا و بعد از اتمام آزمایش اول، دانهال‌های چهار برگی لیسیانتوس از هر دو رقم (آرنا و ماریاچی) به گلدان‌های سایز ۱۶ حاوی مخلوط کوکوپیت، پرلیت و ورمیکولیت با نسبت ۲:۲:۱، برای بررسی عملکرد گیاه منتقل و در شرایط گلخانه نگهداری شدند. پس از ۳۰ روز و با ظهور اولین غنچه‌گل گیاهان از بالای سومین گره سربرداری شدند (۱۲). صفات تعداد کل برگ‌های بوته، برگ‌های شاخه‌های جانبی، شاخه‌های جانبی، غنچه گل طی

پنج هفته پس از سربرداری شمارش شد. طول ساقه اصلی و ساقه جانبی هم در طول پنج هفته با خط کش اندازه‌گیری شد (۱۱). در پایان آزمایش، اندازه‌گیری سطح برگ و ریشه به وسیله دستگاه اسکنر، اسکن شده و توسط نرم افزار Image J، سطح برگ و ریشه اندازه‌گیری شد (۲۱).

تجزیه آماری نتایج با استفاده از نرم افزارهای Statistix 8 و SAS 9.2 و مقایسه میانگین‌ها براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد انجام گرفت. به‌منظور انجام محاسبات جبری و رسم نمودارها از نرم افزار اکسل (نسخه ۲۰۱۶) استفاده شد.

نتایج

آزمایش اول: نتایج بررسی اثر عصاره جلبک دریایی و طیف‌های نور الای‌دی بر رشد دانهال‌های دو رقم لیسیانتوس مرحله رشد

با توجه به معنی‌دار شدن اثرات متقابل از ذکر اثرات اصلی و اثرات سه گانه به‌دلیل محدودیت صفحه خودداری شد (جدول ۱).

نتایج اثرات متقابل رقم و نور و عصاره جلبک دریایی بر رشد دانهال‌های دو رقم لیسیانتوس در مرحله رشد نشان داد، بیشترین تعداد برگ در بوته در طیف نوری قرمز در رقم آرنا با ٪۱۸/۱ افزایش نسبت به شاهد و نور ترکیبی آبی- قرمز در رقم ماریاچی با ٪۹/۰۱ افزایش از تیمار شاهد بود (جدول ۲). رقم آرنا در نور ترکیبی آبی- قرمز بیشترین قطر برگ را داشت که نسبت به تیمار شاهد ٪۳۵/۲ افزایش داشت. بیشترین عرض برگ در طیف‌های نوری آبی با ٪۵۲/۸ و آبی- قرمز با ٪۳۱ افزایش در رقم آرنا نسبت به تیمار شاهد و نور سفید با ٪۲۵/۳ و آبی با ٪۲۴ در رقم ماریاچی نسبت به تیمار شاهد مشاهده شد. بیشترین تعداد میانگره در بوته در رقم ماریاچی و طیف‌های نوری سفید با ٪۱۲/۷ افزایش نسبت به تیمار شاهد مشاهده شد. رقم آرنا در طیف‌های نور سفید، آبی و آبی- قرمز به‌ترتیب ٪۴۶/۵، ٪۴۷/۷ و ٪۳۸/۶ طول میانگره بیشتری نسبت به تیمار شاهد داشت. بیشترین و کمترین قطر ساقه به‌ترتیب در تیمار نور آبی و رقم آرنا و نور سفید و رقم آرنا مشاهده شد. بیشترین قطر برگ و عرض برگ در رقم ماریاچی و غلظت ۱۲۵ میلی‌لیتر در لیتر عصاره جلبک دریایی به ترتیب با ٪۱۴/۷ و ٪۳۴/۱ افزایش نسبت به تیمار شاهد مشاهده شد. بیشترین قطر ساقه در رقم آرنا و غلظت ۵۰۰ میلی‌لیتر در لیتر عصاره جلبک دریایی با ٪۱۵/۵ افزایش نسبت به تیمار شاهد مشاهده شد. در تعداد میانگره در بوته تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۲).

بیشترین تعداد برگ در تیمار نور قرمز و غلظت ۷۵۰ میلی‌لیتر در لیتر و نور آبی- قرمز و غلظت ۲۵۰ میلی‌لیتر در لیتر عصاره جلبک دریایی با ٪۱۷/۴ افزایش نسبت به تیمار شاهد مشاهده شد. در غلظت ۱۰۰۰ و ۵۰۰ میلی‌لیتر در لیتر عصاره جلبک دریایی و نور آبی- قرمز، غلظت ۷۵۰ میلی‌لیتر در لیتر عصاره جلبک دریایی و نور آبی، غلظت ۲۵۰ میلی‌لیتر در لیتر عصاره جلبک دریایی و نور سفید بیشترین قطر برگ را نشان داد و کمترین قطر برگ در تیمار شاهد مشاهده شد. بیشترین عرض برگ در غلظت ۱۰۰۰ میلی‌لیتر در لیتر عصاره جلبک دریایی و نور آبی حاصل شد که ٪۷۳/۳ نسبت به تیمار شاهد بیشتر بود. بیشترین و کمترین تعداد میانگره در بوته در غلظت ۵۰۰ میلی‌لیتر در لیتر عصاره جلبک دریایی و به‌ترتیب در نور سفید و قرمز مشاهده شد. کمترین طول ساقه در نور قرمز و دو غلظت ۵۰۰ و ۷۵۰ میلی‌لیتر در لیتر عصاره جلبک دریایی مشاهده شد. غلظت ۲۵۰ میلی‌لیتر در لیتر عصاره جلبک دریایی و نور آبی بیشترین قطر ساقه و غلظت ۱۲۵ میلی‌لیتر در لیتر عصاره جلبک دریایی و نور سفید کمترین قطر ساقه را داشت. نور قرمز و دو غلظت ۱۲۵ و ۱۰۰۰ میلی‌لیتر در لیتر عصاره جلبک دریایی به‌ترتیب بیشترین و کمترین شاخص سبزینگی را نشان دادند (جدول ۳).

آزمایش دوم: بررسی اثر عصاره جلبک دریایی و طیف‌های نور الای‌دی بر فاکتورهای عملکردی دو رقم لیسیانتوس در مرحله گلدهی

با توجه به معنی‌دار شدن اثرات متقابل از ذکر اثرات اصلی، جدول تجزیه واریانس و اثرات سه گانه به‌دلیل محدودیت

جدول ۱. تجزیه واریانس برخی صفات مورفولوژیک ارقام گیاه لیسیانتوس تحت تأثیر تیمارهای طیف‌های مختلف نور و عصاره جلبک دریایی

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات							
		تعداد برگ	قطر برگ	عرض برگ	تعداد میانگره	طول میانگره	طول ساقه	قطر ساقه	شاخص سبزینگی
رقم	۱	۳/۳۳^{ns}	۱۳/۱**	۰/۴۴۰**	۰/۲۰۸^{ns}	۴/۸۱**	۳۴/۶**	۰/۰۴۵^{ns}	۵۱۵**
نور	۳	۱/۳۴^{ns}	۰/۹۱۴**	۰/۱۹۴**	۱/۲۷*	۰/۷۰۸**	۱۱/۸**	۱/۴۴**	۱۳/۳^{ns}
جلبک دریایی	۴	۱/۰۷^{ns}	۰/۲۱۹*	۰/۱۲۷**	۰/۰۶۲^{ns}	۰/۱۱۸*	۴/۷۶**	۰/۴۵۵**	۱۶/۵^{ns}
رقم*نور	۳	۳/۷۱*	۰/۶۵**	۰/۲۳**	۲/۹۴*	۰/۲۳۷*	۳/۲۷*	۰/۵۴۴**	۳۳/۲*
رقم* جلبک دریایی	۴	۲/۱*	۱/۰۱**	۰/۳۴۰**	۰/۶۴۵*	۰/۰۹۲*	۳/۷۸۸*	۰/۳۷۷**	۲۳/۴*
نور* جلبک دریایی	۱۲	۲/۳۹*	۰/۹۱۵**	۰/۰۹۷**	۰/۸۵۱*	۰/۱۸۱*	۳/۴۲*	۰/۲۰۹**	۴۸/۴*
رقم*نور* جلبک دریایی	۱۲	۳/۶۴*	۰/۲۷۸**	۰/۰۶۱**	۰/۷۱۲*	۰/۰۸۴*	۳/۸۸**	۰/۲۲۵*	۳۶/۹*
شاهد با تیمار	۱	۲/۵*	۰/۰۰۷ ^{ns}	۰/۲۱۶*	۰/۸۲۹*	۰/۰۱۴*	۰/۰۲۹^{ns}	۰/۰۱۸^{ns}	۰/۰۰۳^{ns}
شاهد	۱	۶ ^{ns}	۰/۳۹۵*	۰/۰۲^{ns}	۰/۰۶^{ns}	۰/۰۳۳*	۰/۳۷۵^{ns}	۰/۰۲۸^{ns}	۹/۸۳^{ns}
خطا	۸۴	۱/۷۶	۰/۰۵۳	۰/۰۲۲	۰/۳۰۸	۰/۰۰۵	۰/۹۳۱	۰/۰۵۵	۱۷/۲
کل	۱۲۵	۲/۴۹	۱/۲۸	۰/۱۷۹	۰/۰۸۸	۰/۳۰۸	۵/۰۶	۰/۴۸۶	۲۳۴۱
ضریب تغییرات		۱۶/۳	۲۷/۱	۲۲/۷	۲۵/۶	۳۱/۴	۳۰/۸	۲۷/۱	۱۵

n.s غیر معنی‌دار، * معنی‌دار در سطح احتمال ٪۵ و ** در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار است.

صفحه خودداری شد (جدول ۴).

در اثر متقابل رقم و نور بیشترین طول ساقه و تعداد برگ در بوته در رقم آرنا و نور سفید به‌ترتیب با ٪۴۷/۶ و ٪۱۱/۴ افزایش نسبت به تیمار شاهد مشاهده شد. بیشترین و کمترین تعداد برگ در شاخه جانبی در رقم ماریاچی به‌ترتیب تحت تاثیر نور آبی و قرمز با افزایش ٪۱۸ و کاهش ٪۲۳/۲ نسبت به تیمار شاهد مشاهده شد. بیشترین تعداد شاخه جانبی در بوته در رقم آرنا و نور سفید و کمترین آن در رقم ماریاچی و نور قرمز به‌ترتیب با ٪۴۰ افزایش و ٪۲۸/۳ کاهش نسبت به تیمار شاهد مشاهده شد. بیشترین تعداد غنچه گل در رقم آرنا و نور سفید و کمترین آن در رقم ماریاچی و نور قرمز به‌ترتیب با ٪۵۸/۱ افزایش و ٪۷۲/۷ کاهش نسبت به تیمار شاهد مشاهده شد (جدول ۵).

در اثر متقابل رقم و غلظت‌های مختلف عصاره جلبک دریایی مشاهده شد که رقم آرنا در غلظت‌های مختلف عصاره جلبک دریایی طول ساقه بیشتری نسبت به رقم ماریاچی داشت و بیشترین طول ساقه در غلظت ۷۵۰ میلی‌لیتر در لیتر و رقم آرنا مشاهده شد. بیشترین طول ساقه در رقم آرنا و غلظت ۱۰۰۰ میلی‌لیتر در لیتر و کمترین آن در رقم ماریاچی و غلظت ۱۰۰۰ میلی‌لیتر در لیتر عصاره جلبک دریایی به‌ترتیب با افزایش ٪۵۶/۸ و کاهش ٪۱۴/۷ نسبت به تیمار شاهد مشاهده شد (جدول ۵).

اثر متقابل غلظت‌های مختلف عصاره جلبک دریایی و طیف‌های نوری نشان داد که غلظت ۱۰۰۰ میلی‌لیتر در لیتر عصاره جلبک دریایی به‌ترتیب در نور آبی و قرمز بیشترین و کمترین تعداد برگ در بوته را با افزایش ٪۱۹ و کاهش ٪۲۶/۱ نسبت به تیمار شاهد داشت. به‌ترتیب در تیمارهای نور آبی و غلظت ۷۵۰ میلی‌لیتر در لیتر عصاره جلبک دریایی و نور قرمز و غلظت ۱۰۰۰ میلی‌لیتر در لیتر عصاره جلبک دریایی بیشترین و کمترین تعداد برگ در شاخه جانبی با افزایش ٪۳۸/۷ و کاهش

جدول ۲. اثرات متقابل رقم و نور، رقم و عصاره جلبک دریایی بر فاکتورهای رشد در مرحله رشد

رقم	تیمار	تعداد برگ در بوته	قطر برگ (میلی‌متر)	عرض برگ (سانتی‌متر)	تعداد میانگره در بوته	طول میانگره (سانتی‌متر)	طول ساقه (سانتی‌متر)	قطر ساقه (میلی‌متر)	شاخص سبزینگی (اسپد)
آرنا	شاهد	۷/۳۳^{c}	۱/۹۶^{c}	۰/۶۸^{d}	۲/۶۶^{ab}	۰/۸۸^{b}	۴/۱۶^{b}	۱/۴۸^{bc}	۳۰/۳^{bc}
	سفید	۸/۱۳^{b}	۲/۰۴^{c}	۰/۸۷^{bc}	۲/۳۳^{bc}	۱/۲۹^{a}	۴/۷۶^{a}	۰/۸۹^{d}	۲۶/۶^{d}
	آبی	۸/۶^{bc}	۲/۴۷^{b}	۱/۰۸^{a}	۲/۶۶^{ab}	۱/۳^{a}	۴/۹۱^{a}	۱/۶۹^{a}	۲۸^{cd}
	آبی–قرمز	۸/۴^{b}	۲/۶۵^{a}	۱/۰۵^{a}	۲/۴^{bc}	۱/۲۲^{a}	۴/۶^{a}	۱/۴۱^{bc}	۲۹/۴^{c}
	قرمز	۸/۶۶^{a}	۲/۰۴^{c}	۰/۹۸^{ab}	۲/۶^{ab}	۰/۸۷^{b}	۳/۵۵^{bc}	۱/۴۷^{b}	۲۹/۸^{c}
ماریاچی	شاهد	۸^{bc}	۱/۴۵^{e}	۰/۷۹^{c}	۲/۶۶^{ab}	۰/۹۳^{b}	۳/۶۶^{bc}	۱/۳۵^{c}	۳۲/۸^{ab}
	سفید	۸/۲۶^{b}	۱/۶۸^{de}	۰/۹۹^{a}	۳^{a}	۰/۸۶^{b}	۳/۶^{bc}	۱/۳^{c}	۳۲/۴^{ab}
	آبی	۸^{bc}	۱/۵۳^{e}	۰/۹۸^{a}	۲/۶^{ab}	۰/۶۶^{bc}	۳/۱۶^{c}	۱/۵۶^{ab}	۳۴/۱^{a}
	آبی–قرمز	۸/۷۳^{a}	۱/۷۶^{d}	۰/۸۳^{c}	۲/۸۶^{ab}	۰/۸۷^{b}	۴/۲۳^{ab}	۱/۴۶^{bc}	۳۲/۳^{ab}
	قرمز	۷/۴۶^{c}	۱/۵۹^{e}	۰/۷۰^{d}	۱/۸۶^{c}	۰/۵۸^{c}	۲/۳۳^{d}	۱/۲۹^{c}	۳۱/۶^{b}
	عصاره جلبک دریایی (میلی‌لیتر در لیتر)								
آرنا	۰	۸^{ab}	۱/۴۵^{de}	۰/۷۹^{e}	۲/۶۶^{a}	۰/۸۸^{bc}	۴/۱۶^{ab}	۱/۴۸^{bc}	۳۰/۳^{bc}
	۱۲۵	۸/۳۳^{ab}	۱/۵۹^{de}	۰/۸۱^{e}	۲/۲۵^{a}	۱/۱۷^{a}	۴/۳۷^{ab}	۱/۰۹^{e}	۲۸/۶^{c}
	۲۵۰	۸/۳۳^{ab}	۱/۷۶^{d}	۰/۷۹^{e}	۲/۵۸^{a}	۱/۰۸^{ab}	۴/۵۸^{ab}	۱/۴۴^{bc}	۲۷/۸^{c}
	۵۰۰	۸/۶۸^{a}	۱/۶۲^{de}	۱/۱۳^{ab}	۲/۷۵^{a}	۱/۱^{ab}	۴/۳۷^{ab}	۱/۷۱^{a}	۲۸/۸^{c}
	۷۵۰	۸/۷۶^{a}	۱/۴۴^{e}	۱/۰۴^{bc}	۲/۵^{a}	۱/۰۸^{ab}	۳/۵۸^{cd}	۱/۳^{cd}	۲۸/۷^{c}
	۱۰۰۰	۸/۳۳^{ab}	۱/۷۸^{d}	۱/۲۱^{a}	۲/۴۱^{a}	۱/۲۹^{a}	۵/۱۲^{a}	۱/۲۹^{cd}	۲۸/۴^{c}
ماریاچی	۰	۷/۳۳^{b}	۱/۹۶^{c}	۰/۶۸^{f}	۲/۶۶^{a}	۰/۹۳^{bc}	۳/۶۶^{cd}	۱/۳^{cd}	۳۲/۸^{ab}
	۱۲۵	۸/۴۱^{a}	۲/۶۳^{a}	۰/۹۷^{cd}	۲/۶۶^{a}	۰/۷^{cd}	۳/۲^{cd}	۱/۲۹^{cd}	۳۴/۶^{a}
	۲۵۰	۸/۳۳^{ab}	۲/۰۱^{c}	۰/۸۸^{de}	۲/۵۸^{a}	۰/۸۹^{bc}	۳/۸۷^{bc}	۱/۲۵^{de}	۳۳/۵^{a}
	۵۰۰	۷/۲۵^{b}	۲/۴^{b}	۰/۸۲^{e}	۲/۳۳^{a}	۰/۷^{cd}	۳/۱۲^{cd}	۱/۴۳^{bcd}	۲۹/۹^{bc}
	۷۵۰	۸/۲۵^{ab}	۲/۴۹^{ab}	۰/۸۵^{e}	۲/۵۸^{a}	۰/۶۴^{d}	۲/۸۷^{d}	۱/۵۳^{ab}	۳۲/۳^{ab}
	۱۰۰۰	۸/۳۳^{ab}	۱/۹۸^{d}	۰/۸۴^{e}	۲/۷۵^{a}	۰/۷۹^{cd}	۳/۵۸^{cd}	۱/۵۱^{b}	۳۲/۶^{ab}

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ٪۵ بر اساس آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD)، ندارند.

جدول ۳. اثر متقابل طیف‌های مختلف نور و عصاره جلبک دریایی بر فاکتورهای رشد در مرحله رشد دانهال‌های دو رقم لیسیانتوس

نور	عصاره جلبک دریایی (میلی‌لیتر در لیتر)	تعداد برگ در بوته	قطر برگ (میلی‌متر)	عرض برگ (سانتی‌متر)	تعدادمیانگره در بوته	طول میانگره (سانتی‌متر)	طول‌ساقه (سانتی‌متر)	قطر ساقه (میلی‌متر)	شاخص سبزینگی (اسپد)
شاهد	۰	۷/۶۶^{ab}	۰/۷۴^{h}	۰/۷۴^{f}	۲/۶۶$^{a-d}$	۰/۹۱$^{b-g}$	۳/۹۱$^{b-e}$	۱/۴۱$^{c-g}$	۳۱/۵^{abc}
	۱۲۵	۸/۶۶^{ab}	۱/۹۹^{bc}	۰/۹۴$^{c-f}$	۲/۸۳^{abc}	۰/۹$^{b-g}$	۳/۹۱$^{b-e}$	۰/۸۶^{j}	۲۸/۵^{cd}
	۲۵۰	۸^{ab}	۲/۵۴^{a}	۰/۹۶^{cde}	۲/۵$^{a-d}$	۱/۱۹^{ab}	۴/۳۳^{abc}	۰/۹^{ij}	۳۱/۸^{abc}
سفید	۵۰۰	۸/۶۶^{ab}	۱/۶۹^{def}	۰/۹۲$^{c-f}$	۳/۳۳^{a}	۱/۱۲^{abc}	۴/۸۳^{ab}	۱/۳۹$^{c-g}$	۳۰/۵$^{a-d}$
	۷۵۰	۷/۶۶^{ab}	۱/۳۳^{g}	۰/۹۰$^{c-f}$	۲/۱۶^{cd}	۱/۰۲$^{a-e}$	۳/۶۶$^{c-f}$	۱/۱۲^{hij}	۲۷/۵^{cd}
	۱۰۰۰	۸^{ab}	۱/۷۳$^{c-f}$	۰/۹۱$^{c-f}$	۲/۵$^{a-d}$	۱/۱۶^{ab}	۴/۱۶$^{a-d}$	۱/۲۲^{fgh}	۲۹/۳^{bcd}
آبی	۱۲۵	۸/۶۶^{ab}	۲/۰۸^{b}	۰/۸۸^{def}	۲/۳۳^{bcd}	۱/۰۲$^{a-e}$	۳/۷۵$^{b-f}$	۱/۵۶$^{a-d}$	۳۱/۱^{abc}
	۲۵۰	۸/۳۳^{ab}	۱/۷^{def}	۰/۸۲^{ef}	۲/۵$^{a-d}$	۰/۶۸^{efg}	۳/۰۸$^{d-g}$	۱/۸۳^{a}	۲۸^{cd}
	۵۰۰	۷/۶۶^{ab}	۱/۸۹^{bcd}	۱^{bcd}	۲/۵$^{a-d}$	۰/۹۰$^{b-g}$	۳/۹۱$^{b-e}$	۱/۶۴^{ab}	۲۸/۵^{cd}
	۷۵۰	۸/۵^{ab}	۲/۴۸^{a}	۱/۱۵^{ab}	۳/۱۶^{ab}	۱/۰۴$^{a-d}$	۴/۲۹^{abc}	۱/۵^{cde}	۳۴/۱^{ab}
	۱۰۰۰	۸/۳۳^{ab}	۱/۸۳$^{b-e}$	۱/۳۲^{a}	۲/۶۶$^{a-d}$	۱/۲۵^{a}	۵/۱۶^{a}	۱/۶۲^{abc}	۳۳/۴^{ab}
آبی–قرمز	۱۲۵	۸/۳۳^{ab}	۱/۹۱^{bcd}	۰/۸۳^{def}	۲/۶۶$^{a-d}$	۱/۰۲$^{a-e}$	۴/۴۱^{abc}	۱/۲۹$^{d-h}$	۳۱/۸^{abc}
	۲۵۰	۹^{a}	۲/۰۱^{b}	۰/۷۸^{f}	۲/۸۳^{abc}	۱/۱۷^{ab}	۵/۲۵^{a}	۱/۴۱$^{c-g}$	۳۰/۹^{abc}
	۵۰۰	۸^{ab}	۲/۵۲^{a}	۱/۱۴^{b}	۲/۵$^{a-d}$	۱$^{a-f}$	۴$^{b-e}$	۱/۸^{abc}	۲۷/۴^{cd}
	۷۵۰	۸/۶۶^{ab}	۲/۰۵^{b}	۰/۸۷^{def}	۲/۳۳^{bcd}	۰/۶۷^{fg}	۲/۷۵^{fg}	۱/۵^{cde}	۳۰/۶^{abc}
	۱۰۰۰	۸/۸۳^{ab}	۲/۵۳^{a}	۱/۰۷^{bc}	۲/۸۳^{abc}	۱/۱۲^{abc}	۵/۱۶^{a}	۱/۱۵^{ghi}	۳۳/۴^{ab}
قرمز	۱۲۵	۷/۸۳^{b}	۱/۵۳^{fg}	۰/۹۱$^{c-f}$	۲^{cd}	۰/۷۹$^{c-g}$	۳/۰۸$^{d-g}$	۱/۰۴^{hij}	۳۵/۳^{a}
	۲۵۰	۸^{b}	۱/۶^{ef}	۰/۷۸^{f}	۲/۵$^{a-d}$	۰/۸۹$^{b-g}$	۴/۲۵^{abc}	۱/۲۶$^{e-h}$	۳۱/۸^{abc}
	۵۰۰	۷/۳۳^{b}	۱/۹۲^{bcd}	۰/۸۳^{def}	۱/۸۳^{d}	۰/۵۹^{g}	۲/۲۵^{g}	۱/۴۵$^{c-f}$	۳۰/۸^{abc}
	۷۵۰	۹^{a}	۱/۶۹^{def}	۰/۸۶^{def}	۲/۵$^{a-d}$	۰/۷۲$^{d-g}$	۲/۲^{g}	۱/۵۴^{bcd}	۲۹/۸^{abc}
	۱۰۰۰	۸/۱۶^{ab}	۲/۳۵^{a}	۰/۸۱^{ef}	۲/۳۳^{bcd}	۰/۶۲^{g}	۲/۹۱^{efg}	۱/۶۲^{abc}	۲۵/۸^{d}

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD)، ندارند.

جدول ۴. تجزیه واریانس صفات عملکردی ارقام گیاه لیسیانتوس تحت تأثیر تیمارهای مختلف نور و عصاره جلبک دریایی

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات					
		طول ساقه	تعداد برگ هر بوته	تعداد برگ شاخه‌های جانبی	تعداد شاخه جانبی	طول شاخه جانبی	تعداد غنچه گل
رقم	۱	۱۳۷۴**	۲۹۷**	۱۵/۶^{ns}	۲۵/۹**	۵۸/۵**	۱۰۳**
نور	۳	۳۷۱**	۱۵۵**	۵۶/۱*	۶/۴۳**	۲۹/۸**	۱۱/۶**
عصاره	۴	۲۴۲**	۱۷/۸*	۷/۲۵**	۲/۹۹*	۱/۴۱*	۰/۴۷۵**
رقم*نور	۳	۱۵/۵*	۲۵/۲*	۳۰/۵*	۰/۷۳۳*	۴۰/۳**	۲/۷۶*
رقم*عصاره	۴	۱۱۷**	۲۱/۷*	۹/۱۶*	۲/۲۷*	۵/۲۶*	۰/۲۰۵*
نور*عصاره	۱۲	۱۸/۶*	۲۳/۶**	۱۷/۳*	۳/۱۲**	۴/۷*	۳/۱**
رقم*نور*عصاره	۱۲	۳/۶۲*	۲۵/۵**	۱۸/۰۸*	۲/۱۶*	۲/۹۵*	۱/۴۱*
شاهد با تیمار	۱	۱۷/۹۵^{ns}	۰/۲۸^{ns}	۱/۲۶^{ns}	۰/۰۳۹*	۰/۰۰۶^{ns}	۰/۵۹^{ns}
شاهد	۱	۰/۱^{ns}	۱/۶^{ns}	۰/۴^{ns}	۰/۱^{ns}	۴/۵۹^{ns}	۰/۹^{ns}
خطا	۸۴	۱۳/۱	۶/۳۱	۵/۴۵	۰/۰۰۶۰۹	۰/۶۶	۰/۰۰۳
کل	۱۲۵	۱۱۳	۳۸/۹	۱۸/۵	۳/۲۲	۲/۱۷	۵/۰۹
ضریب تغییرات		۱۸/۸	۱۵/۲	۲۴/۶	۳۵/۵	۲۸/۰۵	۳۵/۴

n.s غیر معنی‌دار، *معنی‌دار در سطح احتمال ٪۵ و ** در سطح احتمال ٪۱ معنی‌دار است.

٪۱۸/۳ نسبت به تیمار شاهد مشاهده شد. تیمار نور سفید و غلظت ۵۰۰ میلی‌لیتر در لیتر عصاره جلبک دریایی بیشترین تعداد شاخه جانبی در بوته را داشت که از لحاظ آماری در سطح احتمال ٪۵ تفاوت معنی‌داری با تیمار نور آبی و غلظت ۱۰۰۰ میلی‌لیتر در لیتر عصاره جلبک دریایی نداشت. از سوی دیگر، تیمار نور قرمز و غلظت ۱۰۰۰ میلی‌لیتر در لیتر عصاره جلبک دریایی کمترین تعداد شاخه جانبی در بوته را با کاهش ٪۳۰/۴ نسبت به تیمار شاهد داشت. بیشترین و کمترین طول شاخه جانبی به‌ترتیب متعلق به تیمارهای نور آبی و غلظت ۵۰۰ میلی‌لیتر در لیتر عصاره جلبک دریایی و نور قرمز و غلظت ۲۵۰ میلی‌لیتر در لیتر عصاره جلبک دریایی با افزایش ٪۳۰/۱ و کاهش ٪۳۲/۹ نسبت به تیمار شاهد مشاهده شد. در نور سفید و غلظت ۵۰۰ میلی‌لیتر در لیتر و نورآبی و غلظت ۷۵۰ میلی‌لیتر در لیتر عصاره جلبک دریایی بیشترین تعداد غنچه گل در بوته مشاهده شد که از لحاظ آماری تفاوت معنی داری نداشتند و کمترین تعداد غنچه گل متعلق به تیمار نور قرمز و غلظت ۱۰۰۰ میلی‌لیتر در لیتر عصاره جلبک دریایی با کاهش ٪۶۸ نسبت به تیمار شاهد مشاهده شد (جدول ۶).

بحث

نورهای ال‌ای‌دی به رشد و نمو گیاهان کمک می‌کنند و موجب افزایش عملکرد فتوسنتزی و ویژگی‌های آناتومیکی مربوط به آن در رشد اولیه می‌شوند، نور تنها منبع انرژی برای فتوسنتز و ایجاد رشد و نمو در گیاهان است و کیفیت نور اثرات بسیار پیچیده‌ای در مورفولوژی و فیزیولوژی گیاهان دارد (۹). بریگس و هوالا (۵) و اوزونیس و همکاران (۱۴) استفاده از چراغ‌های رنگی مختلف در چرخه رشد گیاه و فیزیولوژی آن تأثیر زیادی دارد، از این رو نورهای آبی و قرمز جذب شده توسط رنگدانه‌های فتوسنتزی نسبت به سایر نورهای طیف گسترده مؤثر است، نور آبی موجب افزایش رشد رویشی، باز شدن روزنه‌ها، گسترش سطح برگ، عملکرد فتوسنتزی و سنتز آنزیم‌ها می‌شود. اگرچه نور قرمز برای انجام فتوسنتز مناسب است اما گیاهان نمی‌توانند بدون نور آبی به‌طور مطلوب توسعه یابند. در تحقیقی رونی و همکاران (۱۶) تأثیر نور آبی، قرمز و سفید ال‌ای‌دی را بر افزایش سطح برگ و محتوای کلروفیل برگ گزارش دادند و بیشترین عرض برگ گیاه لیسیانتوس را

جدول ۵. اثرات متقابل رقم و نور، رقم و عصاره جلبک دریایی بر صفات عملکردی ارقام گیاه لیسیانتوس در مرحله گلدهی

رقم	نور	طول ساقه (سانتی‌متر)	تعداد برگ در بوته	تعداد برگ شاخه جانبی	تعداد شاخه جانبی در بوته	طول شاخه جانبی (سانتی‌متر)	تعداد غنچه گل در بوته
آرنا	شاهد	۱۷/۶^{c}	۱۶/۴^{c}	۱۰^{b}	۲/۴^{cd}	۴/۸^{bc}	۲/۲^{c}
	سفید	۲۵/۹^{a}	۱۸/۲^{a}	۱۱/۲^{ab}	۳/۳۶^{a}	۵/۳۵^{ab}	۳/۴۸^{a}
	آبی	۲۱/۳^{b}	۱۷/۸^{b}	۱۰/۶^{ab}	۳^{ab}	۵/۵۶^{a}	۲/۶۲^{b}
	آبی–قرمز	۲۰^{bc}	۱۷/۵^{b}	۱۱/۱^{ab}	۲/۷۶^{bc}	۴/۷۲^{bc}	۲/۴^{bc}
	قرمز	۱۸/۳^{c}	۱۵/۸^{d}	۱۰/۲^{b}	۲/۲۸^{cd}	۵/۹^{a}	۱/۸۸^{cd}
ماریاچی	شاهد	۱۷/۸^{c}	۱۷/۲^{b}	۹/۶^{b}	۲/۲^{cd}	۵/۱۶^{ab}	۲/۷^{b}
	سفید	۱۹/۶^{bc}	۱۶/۵^{c}	۱۰/۴^{ab}	۲/۳۶^{cd}	۵/۲۳^{ab}	۱/۳۶^{de}
	آبی	۱۵/۴^{d}	۱۶/۲^{c}	۱۱/۸^{a}	۲/۱۶^{de}	۵/۸۱^{a}	۱/۲^{e}
	آبی–قرمز	۱۵/۵^{d}	۱۵/۶^{d}	۱۰/۸^{ab}	۲/۲۸^{cd}	۳/۹۷^{c}	۱/۳۶^{de}
	قرمز	۱۴/۵^{d}	۱۱/۲^{e}	۷/۶^{c}	۱/۷۲^{e}	۲/۲^{d}	۰/۶^{f}
	عصاره جلبک دریایی (میلی‌لیتر در لیتر)						
آرنا	۰	۱۷/۶^{de}	۱۶/۴^{cd}	۱۰^{b}	۲/۴^{b}	۴/۸^{bc}	۲/۲^{b}
	۱۲۵	۱۸/۸^{cd}	۱۶/۳^{cd}	۱۰/۲^{ab}	۲/۳^{b}	۵/۵۵^{a}	۲/۵^{ab}
	۲۵۰	۱۷/۶^{de}	۱۵/۸^{de}	۹/۹^{b}	۲/۳^{b}	۴/۵۴^{bc}	۲/۵۵^{ab}
	۵۰۰	۲۰/۵^{c}	۱۸/۱^{ab}	۱۰/۹^{ab}	۳/۱^{a}	۵/۵۵^{a}	۲/۷^{a}
	۷۵۰	۲۷/۶^{a}	۱۷/۵^{bc}	۱۱/۶^{a}	۳/۲۵^{a}	۵/۳^{ab}	۲/۵۵^{ab}
	۱۰۰۰	۲۲/۸^{b}	۱۹/۱^{a}	۱۱/۲^{a}	۳/۳^{a}	۵/۹۸^{a}	۲/۵۵^{ab}
ماریاچی	۰	۱۷/۸^{de}	۱۷/۲^{bc}	۹/۶^{b}	۲/۲^{b}	۵/۱۶^{ab}	۲/۷^{a}
	۱۲۵	۱۶/۱^{ef}	۱۵/۱^{def}	۱۰/۳^{b}	۲/۰۵^{b}	۴/۴۱^{c}	۰/۹۵^{d}
	۲۵۰	۱۶/۷^{ed}	۱۵/۲^{def}	۱۰/۱^{b}	۲/۱۵^{b}	۴/۴۹^{bc}	۱/۳^{d}
	۵۰۰	۱۴/۸^{f}	۱۴/۳^{f}	۹/۹^{b}	۲/۰۵^{b}	۴/۲۸^{c}	۱/۲۵^{d}
	۷۵۰	۱۸/۵^{cd}	۱۴/۷e^{f}	۱۰^{b}	۲/۲^{b}	۴/۴۱^{c}	۱/۲^{d}
	۱۰۰۰	۱۵^{f}	۱۵/۳^{def}	۱۰/۸^{ab}	۲/۲^{b}	۳/۹۱^{c}	۰/۹۵^{d}

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ٪۵ بر اساس آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD)، ندارند.

تحت تیمار نور آبی مشاهده کردند. کلروفیل و کاروتنوئید به‌عنوان رنگدانه‌های اصلی فتوسنتزی در فرآیندهای فیزیولوژیکی گیاه نقش دارند. تشکیل شدن و عملکرد رنگدانه‌ها وابسته به طیف‌های نوری است. تیمار گیاهان با نور آبی موجب افزایش نسبت کلروفیل a به b می‌شود. مطالعات نشان می‌دهد که نور آبی موجب افزایش بیوسنتز ۵- آمینولیولینیک (ALA) می‌شود که ماده اولیه بیوسنتز کلروفیل است. نور آبی در تنظیم بیان ژن‌های اصلی مسیر بیوسنتز کلروفیل نقش دارد. از سوی دیگر، نور آبی رشد و نمو کلروپلاست را افزایش می‌دهد (۱۰ و ۱۹). نتایج این پژوهش با نتایج فوق همخوانی دارد و بیشترین عرض برگ در این مرحله تحت تیمار نور آبی مشاهده شد. احمدی و همکاران (۱) گزارش کردند که نور قرمز و ترکیب نور قرمز- آبی موجب بیشترین تعداد برگ و نور قرمز موجب افزایش ارتفاع در گیاه

جدول ۶. اثرمتقابل طیف‌های نور و عصاره جلبک دریایی بر صفات عملکردی ارقام گیاه لیسیانتوس در مرحله گلدهی

نور	عصاره جلبک دریایی (میلی‌لیتر در لیتر)	طول ساقه (سانتی‌متر)	تعداد برگ در بوته	تعداد برگ شاخه جانبی	تعداد شاخه جانبی در بوته	طول شاخه جانبی (سانتی‌متر)	تعداد غنچه گل در بوته
شاهد	۰	۱۷/۷^{efg}	۱۶/۸^{cde}	۹/۸$^{c-g}$	۲/۳^{efg}	۴/۸۸$^{c-g}$	۲/۵^{ab}
	۱۲۵	۲۱/۶^{bc}	۱۷^{bcd}	۱۰/۶$^{b-f}$	۲/۷$^{b-e}$	۵/۳۳$^{a-e}$	۲/۵^{ab}
	۲۵۰	۲۱/۴^{bcd}	۱۶/۶^{cde}	۹/۶ $^{d-g}$	۲/۲^{efg}	۵/۹۸^{ab}	۲/۵^{ab}
سفید	۵۰۰	۲۱/۴^{bcd}	۱۸/۶^{abc}	۱۲/۶^{ab}	۳/۷^{a}	۴/۴۳$^{e-i}$	۲/۷^{a}
	۷۵۰	۲۶/۶^{a}	۱۷/۱^{bcd}	۱۰$^{c-g}$	۳$^{a-d}$	۵/۲۲$^{a-f}$	۲/۵^{ab}
	۱۰۰۰	۲۲/۸^{b}	۱۷/۸^{bcd}	۱۱/۴$^{a-d}$	۲/۷$^{b-e}$	۵/۴۷$^{a-e}$	۱/۹^{abc}
آبی	۱۲۵	۱۶/۶$^{e-h}$	۱۶/۲^{def}	۱۱$^{b-f}$	۲^{efg}	۵/۸۵^{abc}	۱/۴^{cde}
	۲۵۰	۱۳/۸^{h}	۱۵/۷$^{d-h}$	۱۰/۴$^{b-f}$	۲/۱^{efg}	۴/۴$^{e-i}$	۱/۳^{cde}
	۵۰۰	۱۸/۷$^{c-f}$	۱۴/۸$^{e-h}$	۹^{efg}	۱/۹^{fg}	۶/۳۵^{a}	۱/۵^{cde}
	۷۵۰	۲۳/۵^{ab}	۱۸/۶^{abc}	۱۳/۶^{a}	۳/۴^{ab}	۶/۰۸^{ab}	۲/۷^{a}
	۱۰۰۰	۱۹/۲^{cde}	۲۰^{a}	۱۲/۲^{abc}	۳/۵^{a}	۵/۷۵$^{a-d}$	۲/۴^{ab}
آبی–قرمز	۱۲۵	۱۵/۵^{gh}	۱۵/۹$^{d-g}$	۱۰/۶$^{b-f}$	۲/۱^{efg}	۴/۷۷$^{c-g}$	۱/۷^{bcd}
	۲۵۰	۱۷/۴^{efg}	۱۶/۲^{def}	۱۰/۸$^{b-f}$	۲/۵$^{c-f}$	۴/۴۲$^{e-i}$	۲/۵^{ab}
	۵۰۰	۱۶/۷$^{e-h}$	۱۷/۸^{bcd}	۱۱/۲$^{b-e}$	۲/۷$^{b-e}$	۵/۰۶$^{b-f}$	۲/۴^{ab}
	۷۵۰	۲۱/۲^{bcd}	۱۴/۳$^{f-i}$	۹/۹$^{d-g}$	۲/۱^{efg}	۳/۴۷^{hi}	۰/۹^{de}
	۱۰۰۰	۱۸/۳$^{d-g}$	۱۸/۸^{ab}	۱۲/۶^{ab}	۳/۲^{abc}	۴/۰۸$^{f-i}$	۱/۹^{abc}
قرمز	۱۲۵	۱۶f^{gh}	۱۳/۸^{ghi}	۸/۸^{fg}	۱/۹^{fg}	۴/۰۲$^{f-i}$	۱/۳^{cde}
	۲۵۰	۱۶/۴$^{e-h}$	۱۳/۶^{hi}	۹/۲$^{d-g}$	۲/۱^{efg}	۳/۲۷^{i}	۱/۴^{cde}
	۵۰۰	۱۴^{h}	۱۳/۶^{hi}	۸/۹^{fg}	۲efg	۳/۸۴^{ghi}	۱/۳^{cde}
	۷۵۰	۲۱^{bcd}	۱۴/۴$^{f-i}$	۹/۸$^{d-g}$	۲/۴^{def}	۴/۶۵$^{d-h}$	۱/۴^{cde}
	۱۰۰۰	۱۵/۲^{gh}	۱۲/۴^{i}	۸^{g}	۱/۶^{g}	۴/۴۷$^{e-i}$	۰/۸^{e}

در هر ستون و برای هر تیمار میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ٪۵ بر اساس آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD)، ندارند.

بادرنجبویه شده است. بیشترین طول ساقه و میانگره و تعداد برگ در گیاهچه‌های انگور رشد یافته تحت تیمار نور قرمز ال‌ای‌دی حاصل شد (۱۴). در صورتی‌که براساس نتایج پژوهش حاضر طول ساقه و میانگره تحت تیمار با نور آبی نسبت به نور قرمز بالاتر بود، البته با تیمار نور سفید و نور ترکیبی آبی– قرمز تفاوت معنی داری نداشت که به نظر می‌رسد هر دو نور آبی و قرمز برای افزایش ارتفاع گیاه مورد نیاز هستند. سبزعلیان و همکاران (۱۷) گزارش کردند که نورهای آبی و قرمز ال‌ای‌دی

فقط به افزایش رشد رویشی محدود نمی‌شوند بلکه موجب افزایش ترکیبات آنتی اکسیدانی در گیاهان نیز می‌شوند. رونی و همکاران (۱۶) بیشترین ضخامت لایه اپیدرمی برگ گیاه لیسیانتوس را تحت تأثیر نورهای سفید، آبی و قرمز الای‌دی گزارش دادند. براساس نتایج بیشترین قطر ساقه و برگ به‌ترتیب تحت تیمار نور آبی وآبی– قرمز مشاهده شد. بر اساس نتایج آزمایش دوم بیشترین تعداد برگ در کل بوته و شاخه جانبی در نورهای سفید، آبی و قرمز– آبی الای‌دی، نسبت به تیمار شاهد مشاهده شد. ترکیبی از نورهای آبی و قرمز الای‌دی موجب می‌شود تا نور آبی لازم برای رشد رویشی و نور قرمز لازم برای رشد زایشی تأمین شود (۴ و۱۱). تحقیقات نشان می‌دهد که ژن CRY (حساس به نور آبی) با تعدیل بیوسنتز و انتقال اکسین‌های درون‌زا مانند IAA از طویل شدن سلول‌های هیپوکوتیل جلوگیری می‌کند اما موجب پهن و بزرگ شدن سلول می‌شود. همچنین نور قرمز به‌عنوان منبع اولیه نور، از طریق تأثیر بر گیرنده‌های تنظیم‌کننده جیبرلین در گیاه و بر توقف ساخت جیبرلین در بافت بر طویل شدن ساقه تأثیر می‌گذارند (۲۲). براساس نتایج به‌دست آمده، بیشترین طول ساقه و تعداد غنچه گل در نور سفید الای‌دی مشاهده شد. کمترین تعداد غنچه‌گل در تیمار نور قرمز و غلظت ۱۰۰۰ میلی‌لیتر در لیتر عصاره جلبک دریایی به‌دست آمد که نسبت به تیمار شاهد هم کمتر مشاهده شد. به‌نظر می‌رسد با توجه به اینکه دامنه فعال فتوسنتزی در طول موج ۷۰۰–۴۰۰ نانومتر قرار دارد و نورهای آبی، سفید و قرمز در همین محدوده طول موج نوری قرار دارند، موجب افزایش صفات رشدی گیاهان پیش تیمار شده با این نورها در مراحل اولیه رشد شده است. نسبت بالای نور آبی به قرمز باعث تولید گل‌های بیشتر می‌شود. محققان تأثیر مثبت نور آبی بر گلدهی گیاهان پیازدار مانند گل لاله را به اثبات رساندند (۸). همچنین در تحقیقاتی تأثیر منفی نور قرمز بر گلدهی گیاهان خردل و ریحان هندی گزارش شده است (۸). نیکبخت و اشرفی (۱۲) گزارش کردند که گلدهی لیسیانتوس تحت تأثیر شدت نور و طول روز قرار دارد، اما نکته حائز اهمیت این است که چنانچه مقادیر مناسبی از مواد غذایی در دسترس بوته باشد اثر بسیار مثبتی بر گسترش نظام‌های ریشه‌ای و مراحل مختلف فاز رویشی و زایشی بوته خواهد داشت (۳). عصاره جلبک دریایی حاوی مواد غذایی ماکرو و میکرو، اسیدهای‌آمینه، ویتامین‌ها، هورمون‌های رشد چون اکسین، جیبرلین و سیتوکینین است (۲۳). بر اساس نتایج غلظت‌های مختلف عصاره جلبک دریایی بر طول ساقه و میانگره و قطر ساقه و برگ تأثیر داشت و می‌توان دلیل آن را به اندوخته مواد غذایی، هورمون‌های گیاهی و تأثیر آنها بر رشد و نمو گیاهان نسبت داد. بر اساس نتایج بیشترین طول ساقه، طول شاخه جانبی و تعداد برگ در شاخه جانبی در غلظت ۱۰۰۰ میلی‌لیتر در لیتر عصاره جلبک دریایی مشاهده شد، که بر این اساس هرچه تغذیه‌ی گیاه بهتر صورت گیرد در نتیجه گیاه از رشد بهتری برخوردار خواهد بود. بر اساس نتایج، بیشترین تعداد غنچه گل، در تیمارهای مختلف عصاره جلبک دریایی نسبت به تیمار شاهد مشاهده شد. در این پژوهش با افزایش غلظت مصرف عصاره جلبک دریایی رشد گیاه به‌صورت افزایشی بوده است. به‌نظر می‌رسد با افزایش غلظت مصرفی عصاره جلبک دریایی و به دنبال آن رشد و توسعه‌ی بهتر ریشه‌ها، گیاه از لحاظ تغذیه‌ای توانسته است از عناصر موجود در خاک بهتر استفاده کرده و در نتیجه موجب رشد بهتر اندام هوایی گیاه شود. همین امر باعث شده است که تعداد مریستم‌های آغازنده‌ی شاخه‌های فرعی نیز روی ساقه‌ی لیسیانتوس بیشتر تشکیل شود و موجب افزایش در تعداد شاخه‌ی فرعی شود.

نتیجه گیری کلی

در اثرمتقابل رقم وطیف‌های نوری مشاهده شد که رقم آرنا در طیف نوری آبی الای‌دی بیشترین عرض برگ، طول میانگره، طول ساقه و قطر ساقه را داشت. نتایج اثرمتقابل رقم و عصاره جلبک دریایی نشان داد که رقم آرنا و غلظت ۵۰۰ میلی‌لیتر در لیتر عصاره جلبک دریایی تعداد برگ در بوته، تعداد میانگره و

قطر ساقه را منجر شد. در اثر متقابل رقم و نور بیشترین طول ساقه، تعداد برگ، شاخه جانبی و تعداد غنچه گل در بوته در رقم آرنا و نور سفید مشاهده شد. بنابراین با توجه به نتایج به‌دست آمده در این پژوهش می‌توان رقم آرنا تحت تیمار نور آبی الای‌دی و غلظت ۵۰۰ میلی‌لیتر در لیتر عصاره جلبک دریایی را جهت تولید محصول بهتر توصیه کرد.

منابع مورد استفاده

1. Ahmadi, T., L. Shabani and M. R. Sabzalian. 2017. Investigation of the effect of different spectra of LED light on growth indices and rosmarinic acid content in (*Melissa officinalis* L.). *Plant Process and Function* 6: 222-213. (In Farsi).
2. Altindal, D. 2019. Effect of seaweed extract on seed germination characteristics of wheat in salty conditions. *International Journal of Agriculture and Life Sciences* 3: 115-120.
3. Anderson, N. O. 2006. Flower Breeding and Genetics. Springer Science, Berlin.
4. Asgarzadeh, M., M. R. Sabzalian and M. Agha Rokh Shah Enayat. 2009. Technology of using LED lamps in greenhouse crops and environmental simulators. In: Proceeding of ۱th Congress of Hydroponics and Greenhouse Products. Isfahan, Iran. pp. 25-30. (In Farsi).
5. Briggs, W. R. and E. Huala. 1999. Blue-light photoreceptors in higher plants. *Annual Review of Cell and Developmental Biology* 15: 33-62.
6. Elansary, H. O., K. Skalicka-Wozniak and I. W. King. 2016. Enhancing stress growth traits as well as phytochemical and antioxidant contents of Spiraea and Pittosporum under seaweed extract treatments. *Plant Physiology and Biochemistry* 105: 310-320.
7. Idrisi, B. 2009. Post-Harvest Physiology of Cut Flowers. Payam Digar Publications, Arak. (In Farsi).
8. Moradi, Sh., M. Kafi, S. Aliniaeifard, S. A. Salami, M. Shokrpour, C. Pedersen, M. Moosavi-Nezhad, J. Wróbel and H. M. Kalaji. 2021. Blue light improves photosynthetic performance and biomass partitioning toward harvestable Organs in Saffron (*Crocus sativus* L.). *Cells* 10: 1994.
9. Morrow, R. C. 2008. LED lighting in horticulture. *Horticultural Science* 43: 1947-1950.
10. Naznin, M. T., M. Lefsrud, V. Gravel and M. O. K. Azad. 2019. Blue light added with red LEDs enhance growth characteristics, pigments content, and antioxidant capacity in lettuce, spinach, kale, basil, and sweet pepper in a controlled environment. *Plants* 93- 98.
11. Nejad Shamloo, A. R. 1996. Morphological, physiological and yield characteristics of spring safflower cultivars in Isfahan. MSc thesis. Islamic Azad University- Khorasgan Branch. Isfahan, Iran. (In Farsi).
12. Nikbakht, A. and N. Ashrafi. 2019. Cut Flowers of Scientific and Practical Principles of Cultivation. University Jahad Publications- Isfahan Industrial Branch, Isfahan. (In Farsi).
13. Ohta, K., A. Taniguchi, N. Konishi and T. Hosoki. 1990. Chitosan treatment affects plant growth and flower quality in *Eustoma grandiflorum*. *Journal of Horticultural Science* 34: 233-234.
14. Ouzounis, T., B. Razi Parjikolaei, X. Frette, E. Rosenqvist and C. O. Ottosen. 2015. Predawn and high intensity application of supplemental blue light decreases the quantum yield of PSII and enhances the amount of phenolic acids, flavonoids, and pigments in Lactuca sativa. *Frontiers in Plant Science* 6: 1-14.
15. Poudel, P. R., I. Kataoka and R. Mochioka. 2008. Effect of red-and blue-light-emitting diodes on growth and morphogenesis of grapes. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture* 92: 147-153.
16. Roni, M. Z. K., M. S. Islam and K. Shimasaki. 2017. Response of *Eustoma grandiflorum* leaf phenotype and photosynthetic performance to LED light quality. *Journal of Horticulture* 3: 50-53.
17. Sabzalian, M. R., P. Heydarizadeh, M. Zahedi, A. Boroomand, M. Agharokh, M. R. Sahba and B. Schoefs. 2014. High performance of vegetables, flowers, and medicinal plants in a red-blue LED incubator for indoor plant production. *Agronomy for Sustainable Development* 34: 879-886.
18. Saeedi, R., N. Etemadi and A. Nikbakht. 2015. Calcium chelated with amino acids improves quality and postharvest life of lisianthus (*Eustoma grandiflorum* cv. Cinderella lime). *Journal of Horticultural Science* 50: 1394-1398.
19. Salvi, L., C. Brunetti, E. Cataldo, A. Niccolai, M. Centritto, F. Ferrini and G. B. Mattii. 2019. Effects of *Ascophyllum nodosum* extract on Vitis vinifera: Consequences on plant physiology, grape quality and secondary metabolism. *Plant Physiology and Biochemistry* 139: 21-32.
20. Sheligl, H. 1986. Die verwertung orgngischer souren durch chlorella lincht. *Journal of Planta* 47: 510-526.
21. Tavakoli Manzari, A., Kh. M. Hosseini and A. Mohammadabadi. 2014. The effect of volume and type of seedling substrate on the characteristics of sweet corn seedlings under greenhouse conditions. In: Proceeding of 13th Iranian Congress of Agronomy and Plant Breeding. Karaj, Iran. pp. 1256- 1259. (In Farsi).

22. Yang, F. O., J. F. Mao, J. Wang, S. Zhang, Y. Li. 2015. Transcriptome analysis reveals that red and blue light regulate growth and phytohormone metabolism in Norway spruce [*Picea abies* (L.) Karst.]. *PLoS ONE* 10: e0127896.
23. Zodape, S. T. 2001. Seaweeds as a fertilizer. *Journal of Scientific and Industrial Research* 60: 378-382.

Journal of Crop Production and Processing
Vol. 12, No. 4, Winter 2023, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran.

The Effect of Seaweed Extract and LED on the Growth and flowering of Two Lisianthus Cultivars

A. R. Mohammadi[1], M. Haghighi[2*], A. Nikbakht[2] and M. Mehnatkesh[3]

(Received: March 01-2021; Accepted: April 19-2022)

Abstract

Lisianthus is a slow-growing flowering plant whose seed germination and growth is a challenge in the tropics. Due to the marketability of this type of cut flower, this study was performed in two experiments to investigate the effect of seaweed extract (SWE) and LED on the growth of seedlings of two cultivars of lisianthus (namely Ariana and Mariachi) and its effect on flowering as a factorial experiment in a completely randomized design. The first experiment consisted of LED treatments with blue, red, blue-red, and white light at concentrations of 125, 250, 500, 750 and 1000 ml/L of seaweed extract and control treatment (no treatment) with 8 replications. According to the results of the first experiment, the greatest leaf width and stem diameter were observed in the presence of blue light and the greatest leaf diameter was observed in the presence of red-blue combined light. In the second experiment, conducted 60 days after the second experiment, the greatest number of flower buds per plant and stem length were observed under the white light condition. Also, in Arena cultivar, concentrations of 500 and 750 ml/L of seaweed extract led to a greater number of flower buds per plant than the control treatment. Increases in morphological traits of leaf width and diameter, leaf length, and internode length were observed upon exposure to blue light and red-blue combined light in both of the experiments. Enhancements in most of the morphological traits in both experiments was observed in the presence of blue light and red-blue LED combined light. According to the results of this study, it seems that production of Arena cultivar in the presence of blue light and a concentration of 500 ml /L of seaweed extract is more feasible than the other cultivar and light and seaweed amendments.

Keywords: Biostimulant, Light quality, Cut flower

1, 2 and 3. Former MSc student, Associate Professor and MSc student, Respectively, Department of Horticulture, College of Agriculture, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran.
*: Corresponding Author, Email: mhaghighi@cc.iut.ac.ir, Dr.hagh@yahoo.com