نشریه تولید و فرآوری محصولات زراعی و باغی
سال چهاردهم / شماره اول / بهار ۱۴۰۳/ مقاله علمی-پژوهشی: صفحات ۹۵ تا ۱۰۹

تأثیر تناوب کیفیت نور بر رشد رویشی و زایشی بنفشه آفریقایی (*Saintpaulia ionantha* Wendl.)

کریم داداشی[۱]، منصور مطلوبی[۲*]، علیرضا مطلبی آذر[۲] و مینا امانی[۳]

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۴/۲۰ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۰/۲۵)

چکیده

بنفشه آفریقایی با نام علمی *Saintpaulia ionantha* Wendl. متعلق به خانواده Gesneriaseae به‌عنوان یک گیاه آپارتمانی بسیار محبوب است. هدف از این تحقیق، بررسی اثر تیمار نور قرمز، آبی، ترکیب نور قرمز و آبی (یک قسمت آبی و سه قسمت قرمز) و سفید فلورسنت بر رشد رویشی و زایشی گیاه بنفشه آفریقایی بود. آزمایش به‌صورت طرح کاملاً تصادفی با ۴ تیمار نوری در ۱۶ تکرار در فاز اول و ۱۶ تیمار نوری و ۴ تکرار در فاز دوم اجرا شد. بیشترین ارتفاع در مرحله اول و دوم مربوط به گیاهان تحت تیمار نور قرمز به‌ترتیب با میانگین ۸/۱۶ و ۱۲/۵ سانتی‌متر بود. گیاهان تیمار شده با نور ترکیبی آبی و قرمز بیشترین تعداد برگ در فاز اول آزمایش را تولید کردند. همین گیاهان در فاز دوم زمانیکه با نور آبی تیمار شدند، از تعداد برگ‌های خود کاستند. در فاز اول نور فلورسنت و قرمز به‌تنهایی بیشترین سطح کانوپی (حدود ۳۵۰ سانتی مترمربع) را گسترش دادند درحالی‌که، در فاز دوم گسترش کانوپی در نور فلورسنت به حداکثر میزان خود (۵۰۰ سانتی مترمربع) رسید. نتایج مشابه برای صفت سطح برگ نیز مشاهد شد. نور آبی در فاز اول بیشترین تعداد گل را تولید کرد، هرچند در فاز دوم گیاهان منتقل شده از نور فلورسنت به نور ترکیبی آبی و قرمز برترین تیمار بودند. نتیجه کلی آزمایش حاکی از آنست که نور آبی نقش مهمی در زود گلدهی و نور قرمز تأثیر مهمی در گسترش کانوپی گل بنفشه آفریقایی دارد.

واژه‌های کلیدی: الای‌دی، طیف‌های نور، فلورسنت، گل‌دهی، گیاه گلدانی

۱، ۲ و ۳ .به ترتیب فارغ التحصیل کارشناسی ارشد، دانشیار و دانشجوی دکتری گروه باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران.
*: مسئول مکاتبات: پست الکترونیکی: mmaltoobi@gmail.com; matloobi@tabrizu.ac.ir

مقدمه

نور در طبیعت به‌عنوان منبع انرژی برای بسیاری از موجودات ازجمله گیاهان است. نور یک محرک مهم محیطی است که رشد، مورفولوژی و فیزیولوژی گیاهان را هدایت می‌کند. پاسخ مورفولوژیکی به کیفیت نور در گیاهان، بخشی از یک استراتژی برای انطباق با محیط نور در حال تغییر است. این امر توسط برهم‌کنش بین گیرنده‌های نوری گیاهان حساس به طول‌موج‌های خاص و مسیرهای سیگنال‌دهی پایین‌دست آن‌ها تنظیم می‌شود. بارزترین اثر ترکیب نور بر ساختار ساقه، سندروم دوری از سایه است. این پدیده رشد طولی گیاهان را توصیف می‌کند، که در تراکم بالا رشد می‌کنند تا از سایه تاج فرار کنند (۱۴). در مناطق شمالی، شدت نور ممکن است یک عامل محدودکننده برای تولید گیاهان و شاخ‌وبرگ باکیفیت بالا باشد. به‌خصوص در طول فصل زمستان در مناطق شمالی، پرورش‌دهندگان با شدت نور کم دست‌وپنجه نرم می‌کنند که مانع از تشکیل رنگدانه کافی در شاخ‌وبرگ گیاهان می‌شود و درنتیجه گیاهان جذابیت و ارزش کمتری برای مصرف‌کنندگان خواهد داشت. استفاده از نور مکمل از لامپ‌های سدیم فشار قوی تاکنون بهترین گزینه برای تشدید رنگ برگ و افزایش کیفیت گیاهان بوده است، اما این امر باعث افزایش انرژی و هزینه‌های تولید نیز می‌شود. در سال‌های اخیر استفاده از دیودهای ساطع‌کننده‌ی نور (LED) در بخش باغبانی رایج شده است. LEDها در سال‌های اخیر به‌دلیل ویژگی‌های فراوانی که شامل صرفه‌جویی در انرژی، سازگاری با محیط‌زیست، اندازه کوچک، وزن کم و کاربردهای روشنایی در زمینه‌های مختلف است، شهرت زیادی به دست آورده‌اند (۲۱). کیفیت طیف نور و شدت نور ساطع شده توسط LED را می‌توان دقیقاً مطابق با نیاز گیاه تغییر داد (۷). لامپ‌های LED برای باغبانی، تکثیر گیاهان و تولید غذا استفاده می‌شوند (۲۲). چراغ‌های رشد LED مکمل یا جایگزینی مطمئن برای نور طبیعی برای رشد گلدان‌ها و گیاهان جوان در گلخانه‌ها هستند (۶). LEDها انتخاب طیف نوری با طول‌موج موردنظر را برای جذب بهینه توسط کلروفیل برای انجام فرایند فتوسنتز ارائه می‌دهند (۱۲). یکی از مهم‌ترین جنبه‌های پرورش و رشد گل بنفشه آفریقایی، نور است. میزان نیاز نوری این گیاه متوسط است. شدت و کیفیت نور، عامل اصلی تنظیم زمان گلدهی و تعداد گل‌های تولید شده است. ترکیبات خاص نوری ممکن است طوری تنظیم شود که در تمام طول دوره زندگی یک گیاه، مشخصه‌های موردنظر مانند هم‌زمانی گلدهی، رشد رویشی طبق برنامه، کنترل رشد و نمو گیاه یا شتاب دادن به رشد و شادابی، تا حد ممکن بهینه شود (۷). طی پژوهشی گزاراش شده است در گونه زینتی لیسیانتوس شاخص‌های مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی نظیر ارتفاع و قطر بوته، محتوی ماده‌تر و خشک بوته و میزان کلروفیل تحت تأثیر مثبت شدت نور قرار می‌گیرند (۱۶). در مطالعه‌ای دیگر گزارش شده است که نور قرمز و آبی الای‌دی باعث افزایش ارتفاع دانهال خیار نسبت به نور آبی و قرمز لامپ رشته‌ای شد (۱۸). در آزمایشی دیگر گل‌های حنا و اطلسی تحت تیمارهای نور آبی، قرمز، آبی و قرمز و فلورسنت قرار گرفتند که درنتیجه‌ی آن، قطر ساقه افزایش یافت (۱)؛ بنابراین باتوجه به اهمیت کیفیت نور بر رشد گیاهان، این تحقیق به‌منظور مقایسه اثر تیمار نور قرمز، آبی و یا ترکیب نور قرمز و آبی LED و سفید فلورسنت روی زمان گلدهی، ویژگی‌های رشد و مورفولوژی و همچنین مقایسه دمای محیط با دمای گیاه و تأثیر آن بر رشد و زمان گلدهی بنفشه آفریقایی انجام شد.

مواد و روش‌ها

تهیه مواد گیاهی

برای شروع آزمایش، ابتدا قلمه‌های برگ گل بنفشه آفریقایی (*Saintpaulia ionantha* Wendl. ‘Standard Blue”) از گیاهان مادری سالم که قبلاً در شرایط پرورشی نگهداری می‌شدند، تهیه شدند و سپس در بستر کشت حاوی کوکوپیت و پرلیت (۵۰ درصد حجمی از هر بستر) کشت شدند. بعد از رشد گیاهچه‌ها، زمانی که نمونه‌ها تقریباً ۵ الی ۸ برگ داشتند، به بسترهای اصلی حاوی نسبت مساوی (۵۰ درصد حجمی) کوکوپیت و پرلیت منتقل شدند.

اتاقک رشد و تیمار نوری

این آزمایش در چهار اتاقک رشد گیاهی که هرکدام مجهز به تیمار نوری متفاوت بودند اجرا شد. ابعاد هر اتاقک ۱۰۰ در ۸۰ در ۹۰ سانتی‌متر (ارتفاع) بود و شرایط محیطی آن در ۲±۲۴ درجه سلسیوس از لحاظ دمایی و ۱۰±۶۰ درصد از لحاظ رطوبت نسبی تنظیم شده بود. سه اتاقک با یکی از نورهای LED و یک اتاقک با نور سفید فلورسنت با مشخصات ذیل نوردهی می‌شد: نور قرمز الای‌دی (LED power 88 W, peak wavelength: 650)، نور آبی (LED power, 88 W, peak wavelength: 465)، نور ترکیبی آبی و قرمز به نسبت (یک قسمت نور آبی و سه قسمت نور قرمز: با همان مشخصات قبلی اشاره شده برای لامپ‌های LED) و نور فلورسنت سفید سرد (Dulux T PLUS 26 W/840, Osram). شدت نور با تنظیم ارتفاع لامپ‌ها از گیاهان در سطح کانوپی در حد ۱۲۰µmol $m^{-2}s^{-1}$ حفظ شد. دوره روشنایی لامپ‌ها در طول شبانه‌روز ۱۲ ساعت بود.

انتقال گیاهچه‌ها

گلدان‌هایی با قطر ۱۰ سانتی‌متر برای انتقال گیاهچه‌ها استفاده شدند. بستر کشت شامل کوکوپیت و پرلیت به نسبت حجمی ۵۰ درصد بود. گلدان‌ها روزانه مورد بازدید قرار گرفتند و در صورت نیاز (زمانیکه سینی ته گلدان کاملا خشک می‌شد) آبیاری با محلول غذایی از قبل آماده شده انجام میگرفت. ترکیب عناصر در محلول غذایی مورد استفاده به شرح ذیل بود:

$N\text{-}NO3^-$: 7.1 mM; $N\text{-}NH4^+$: 0.8 mM; $H2PO4^-$: 1 mM; K^+: 3.7 mM; Ca^{2+}:2 mM; Mg^{2+}: 0.5 mM; $SO4^{2-}$:0.7 mM

هدایت الکتریکی محلول غذایی باتوجه به سن رشدی گیاهان بین ۰/۶۵ تا ۰/۹۵ دسی‌زیمنس بر متر و pH آن در حدود ۶/۵ تنظیم شد.

نحوه اعمال تیمارها

گیاهان در مرحله اول آزمایش به مدت ده هفته در شرایط تیمارهای نوری قرار گرفتند (شکل ۱). در هر اتاقک رشد ۱۶ گلدان بنفشه آفریقایی قرار داده شد که از این تعداد ۱۲ گلدان در مرحله دوم آزمایش با ۱۲ گلدان از سه اتاقک نوری دیگر (۴ گلدان از هر اتاقک) معاوضه شد، به‌طوری‌که در نهایت هر اتاقک نوری متشکل از ۱۶ گیاه (۴ گلدان ثابت و ۱۲ گلدان معاوضه شده) با ترکیب جدید در مرحله دوم آزمایش بود. مرحله دوم آزمایش نیز مثل مرحله اول به مدت ده هفته ادامه یافت.

اندازه‌گیری پارامترهای رشدی موردنظر

در طی مرحله اول و دوم آزمایش، هر هفته، ویژگی‌های مورفولوژیکی گیاه ازجمله ارتفاع بوته، طول و عرض برگ، دمای برگ گیاه (توسط دستگاه ترمومتر)، سطح کانوپی گیاهان (تصویر بردای به فرمت JPEG از پلان گیاهان با استفاده از دوربین دیجیتال کانن مدل IXUS 155) اندازه گیری شد. تصاویر بدست آمده بعد از انتقال به نرم‌افزار Image j (Version 1.4) جهت اندازه گیری سطح کانوپی (بیشترین قطر تاج) مورد استفاده قرار گرفتند. مساحت سطح برگ با استفاده از یک رابطه رگرسیونی که بین طول پهنگ برگ و سطح برگ برقرار شد، به‌دست آمد. برای به‌دست آوردن این رابطه رگرسیونی از یک نمونه صد عددی برگ در اندازه‌های مختلف که به‌صورت تصادفی انتخاب شده بود، استفاده شد. اندازه گیری سطح کانوپی گل هم به‌صورت تفکیک بخش رنگی گل کانوپی از بخش سبز برگی با استفاده از نرم افزار Image j انجام شد. در پایان آزمایش تعداد گل در هر تیمار شمارش و ثبت شد.

تجزیه‌وتحلیل آماری

این آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۴ تیمار و ۱۶ تکرار در مرحله اول (شامل نور LED قرمز، آبی و آبی– قرمز و نور فلورسنت سفید) و ۱۶ تیمار و ۴ تکرار در مرحله دوم انجام شد. در هر فاز آزمایش گیاهان به مدت ده هفته با نورهای مختلف تیمار شدند. تجزیه داده‌ها به‌صورت آنالیز واریانس و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد با استفاده از نرم افزار SPSS 22 (IBM Inc., Chicago, USA) صورت گرفت و ترسیم نمودارها به کمک نرم‌افزار Excel انجام گرفت.

شکل ۱. اتاقک‌های تیمار گیاهان تحت طیف‌های نوری مختلف LED

نتایج

ارتفاع گیاه در مرحله اول و دوم

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر تیمارهای نوری بر روی صفت ارتفاع گیاهان در پایان مرحله اول و دوم در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جداول ۱ و ۲). مقایسه میانگین ارتفاع گیاهان در پایان مرحله اول نشان داد که گیاهان تحت تیمار نور قرمز، بیشترین ارتفاع را با میانگین ۸/۱۶ سانتی‌متر داشتند و اختلاف معنی‌دار زیادی با ارتفاع گیاهان در تیمار نور آبی، نور ترکیبی (قرمز- آبی) و فلورسنت نشان داد (شکل ۲- الف). مقایسه میانگین ارتفاع گیاهان در پایان مرحله دوم نشان داد که بیشترین ارتفاع مربوط به گیاهانی است که در مرحله دوم هم تحت تیمار نور قرمز بودند که دارای میانگین ۱۲/۵ سانتی‌متر بوده و اختلاف معنی‌داری با بقیه تیمارها در ارتفاع گیاهان داشتند. گیاهانی که در مرحله دوم از تیمارهای دیگر به تیمار نور فلورسنت آورده شده بودند، افزایش ارتفاع معنی‌داری با بقیه تیمارها با میانگین ۱۱/۱ سانتی‌متر نشان دادند، درحالی‌که گیاهان تحت تیمار نور فلورسنت در مرحله اول و دوم دارای میانگین ۱۰/۱ سانتی‌متر بودند. کمترین ارتفاع مربوط به تیمارهایی بود که در مرحله دوم از نور قرمز به آبی (RB) و از آبی به قرمز (BR) آورده شده بودند که به‌ترتیب دارای میانگین ۷/۵۵ سانتی‌متر و ۸/۰۷ سانتی‌متر بودند. گیاهانی که در مرحله دوم از تیمارهای نور قرمز، نور ترکیبی و فلورسنت به تیمار نور آبی انتقال‌یافته بودند اختلاف معنی‌داری در کاهش ارتفاع با میانگین ۸/۳۹ سانتی‌متر نشان دادند (شکل ۲- ب).

طول و عرض برگ در مرحله اول و دوم

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر تیمارهای نوری بر صفت طول برگ گیاهان در پایان مرحله اول و دوم در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱ و ۲). مقایسه میانگین طول برگ گیاهان نشان داد که بیشترین طول برگ در پایان مرحله اول مربوط به گیاهان تحت تیمارهای نوری قرمز و فلورسنت بود که دارای میانگین به‌ترتیب ۴/۲۶ سانتی‌متر و ۴/۲ سانتی‌متر بود که اختلاف معنی‌داری با بقیه تیمارهای نوری داشتند. گیاهان تحت تیمار نور آبی با میانگین ۳/۲۶ سانتی‌متر کمترین طول برگ را در پایان مرحله اول داشتند (شکل ۳- الف). میانگین طول برگ گیاهان در پایان مرحله دوم آزمایش نشان داد که بیشترین طول برگ مربوط به گیاهانی بودند

جدول ۱. تجزیه واریانس اثر تیمار نوری بر صفات رویشی گیاه بنفشه آفریقایی در مرحله اول

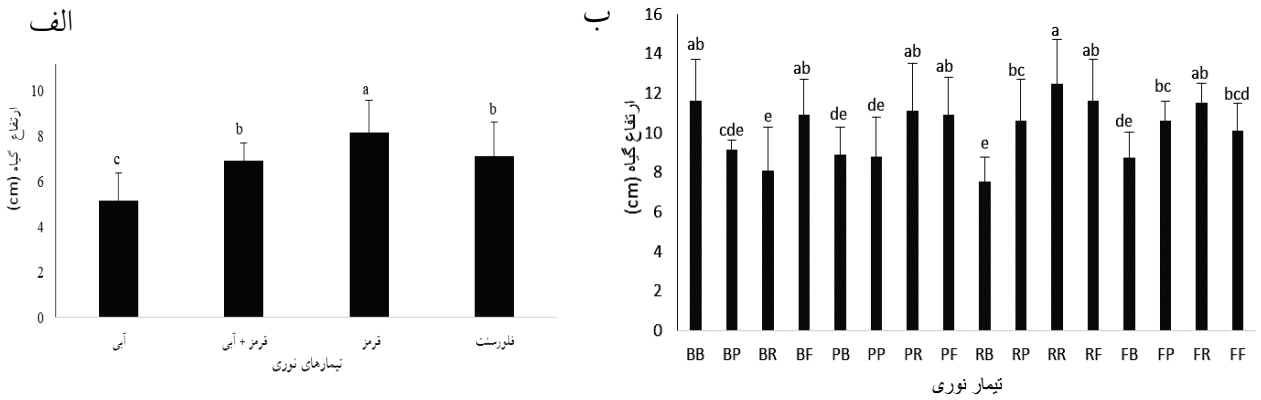
	منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات					
			ارتفاع گیاه	طول برگ	عرض برگ	دمای برگ	تعداد برگ	سطح کانوپی گیاهان
هفته اول	تیمار نوری	۳	۴/۸۰**	۰/۰۰۴ns	۰/۰۰۲ns	۰/۲۷ns	۳۲۱*	–
	اشتباه	۶۰	۰/۹۶	۰/۰۰۳	۰/۰۰۱	۰/۲۹	۸۸/۰	–
هفته پنجم	تیمار نوری	۳	۱۱/۲**	۰/۷۱**	۰/۶۹**	۰/۷۰**	۷۶۶**	–
	اشتباه	۶۰	۱/۱۸	۰/۱۰	۰/۰۷	۰/۰۷	۱۶۹	–
هفته دهم	تیمار نوری	۳	۲۳/۹**	۳/۴۴**	۲/۹۳**	۱/۲۵**	۱۱۹۲**	۴۲۸۹۲**
	اشتباه	۶۰	۱/۷۱	۰/۳۱	۰/۱۸	۰/۲۸	۲۰۱	۲۶۰۵

**، * و ns به ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال ۱درصد، ۵ درصد و غیرمعنی‌دار

جدول ۲. تجزیه واریانس اثر تیمار نوری بر صفات رویشی گیاه بنفشه آفریقایی در مرحله دوم

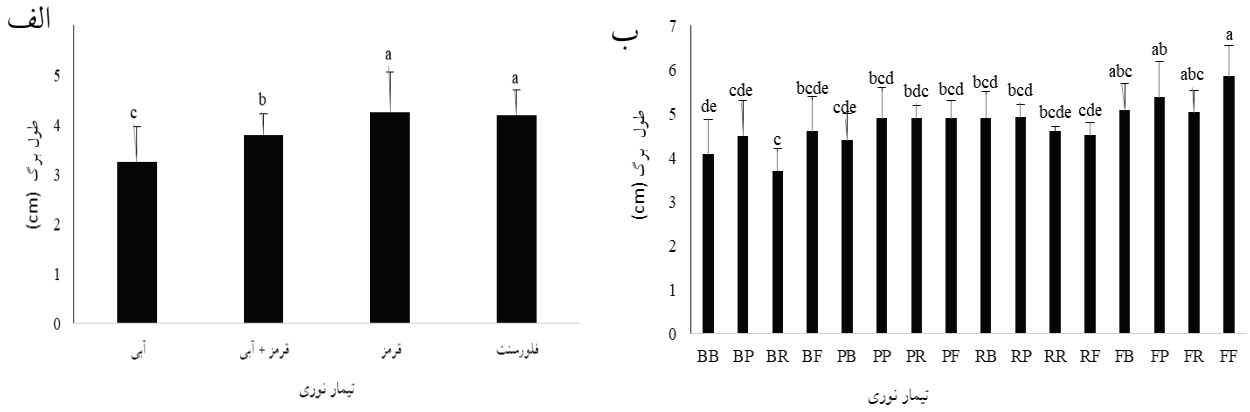
	منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات					
			ارتفاع گیاه	طول برگ	عرض برگ	دمای برگ	تعداد برگ	سطح کانوپی گیاهان
هفته اول	تیمار نوری	۱۵	۵/۲۴**	۱/۱۳**	۰/۹۹**	۱/۰۳**	۳۵۵**	–
	اشتباه	۴۸	۱/۳۱	۰/۲۹	۰/۱۶	۰/۳۱	۱۵۵	–
هفته پنجم	تیمار نوری	۱۵	۹۰/۷ns	۱/۲۷**	۱/۰۵**	۰/۱۸ns	۳۳۰**	–
	اشتباه	۴۸	۸۲/۲	۰/۲۷	۰/۱۷	۰/۱۰	۱۳۲	–
هفته دهم	تیمار نوری	۱۵	۸/۳۶**	۱/۰۱**	۰/۸۸**	۰/۲۸*	۳۱۰**	۱۵۰۶۵**
	اشتباه	۴۸	۱/۰۱	۰/۲۸	۰/۲۴	۰/۱۲	۱۲۱	۱۴۰۹

**، * و ns به ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال ۱درصد، ۵ درصد و غیرمعنی‌دار



شکل ۲. میانگین ارتفاع گیاهان (cm) در تیمارهای مختلف نوری در مرحله اول (الف) و مرحله دوم (ب) در هفته دهم، تیمارهای دارای حداقل یک حرف مشترک اختلاف معنی‌داری با یکدیگر در آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

*** (نور آبی B)، (نور ترکیبی قرمز + آبی P)، (نور قرمز R)، (نور فلورسنت F).**



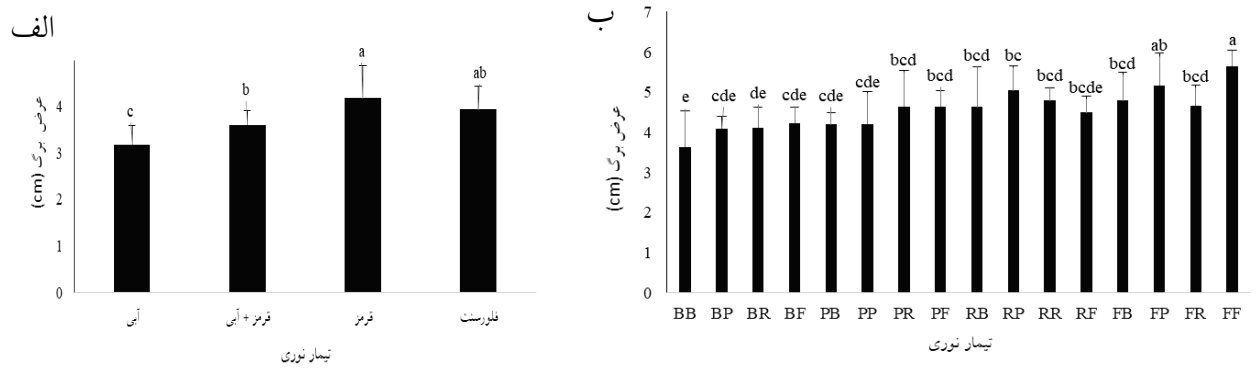
شکل ۳. میانگین طول برگ گیاهان (cm) در تیمارهای مختلف نوری در مرحله اول (الف) و مرحله دوم (ب) در هفته دهم، تیمارهای دارای حداقل یک حرف مشترک اختلاف معنی‌داری با یکدیگر در آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.
*** (نور آبی B)، (نور ترکیبی قرمز و آبی P)، (نور قرمز R)، (نور فلورسنت F).**

که در مرحله اول و دوم تحت تیمار نور فلورسنت بودند (شکل ۳-ب). کته قابل‌توجه این است که گیاهانی که در مرحله اول تحت تیمار نور فلورسنت بودند بعد از انتقال به تیمارهای نوری قرمز، آبی و ترکیبی در مرحله دوم، اختلاف معنی‌داری در افزایش اندازه طول برگ آن‌ها به‌ترتیب با میانگین ۵/۰۴، ۵/۰۸ و ۵/۳۸ سانتی‌متر مشاهده شد (شکل ۳- ب).

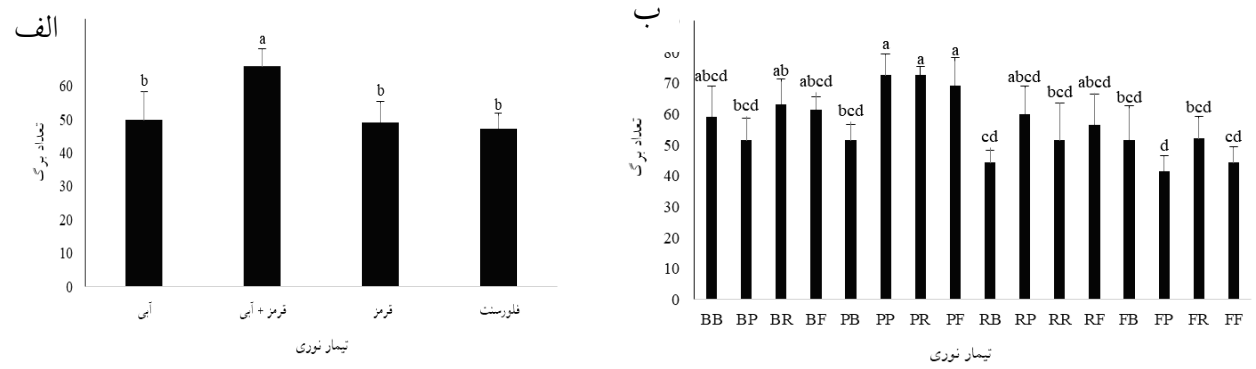
نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر تیمارهای نوری بر صفت عرض برگ گیاهان در پایان مرحله اول و دوم در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱ و ۲). مقایسه میانگین عرض برگ گیاهان نشان داد که بیشترین عرض برگ مربوط به گیاهانی بود که تحت تیمار نوری قرمز رشد کرده بودند و اختلاف معنی‌داری با عرض برگ گیاهان تحت تیمارهای نوری فلورسنت، آبی و نور ترکیبی قرمز و آبی با میانگین ۴/۱۸ سانتی‌متر داشتند. گیاهان تحت تیمار نور فلورسنت، اختلاف معنی‌داری در عرض برگ با گیاهان تحت تیمار نور قرمز و ترکیبی با میانگین ۳/۹۳ سانتی‌متر نداشتند، ولی با گیاهان تحت تیمار نور آبی در عرض برگ در پایان مرحله اول اختلاف معنی‌داری داشتند. همچنین گیاهان تحت تیمار نور آبی کمترین عرض برگ را در پایان مرحله اول با میانگین ۳/۱۸ سانتی‌متر به خود اختصاص دادند (شکل ۴- الف). طبق شکل ۴- ب گیاهان تحت تیمار نور فلورسنت بیشترین عرض برگ را در مرحله دوم با اختلاف معنی‌داری نسبت به بقیه تیمارهای نوری با میانگین ۵/۶۵ سانتی‌متر نشان دادند. همچنین گیاهانی که در مرحله اول تحت نور فلورسنت قرار داشتند با انتقال به تیمار نور ترکیبی قرمز و آبی اختلاف معنی‌داری در رشد عرض برگ نسبت به بقیه تیمارها با میانگین ۵/۱۷ سانتی‌متر نشان دادند. گیاهان تحت تیمار نور آبی (BB) با میانگین ۳/۶۴ سانتی‌متر کمترین عرض برگ را نسبت به سایر تیمارها به خود اختصاص دادند، درحالی‌که گیاهان انتقال‌یافته از تیمار نور آبی به سایر تیمارها (BF, BR, BP) اختلاف معنی‌داری با گیاهان تحت تیمار نور آبی (BB) با میانگین ۴/۲۲ سانتی‌متر از خود نشان دادند. گیاهان تحت تیمار نور ترکیبی قرمز و آبی در مرحله دوم (PP) مانند گیاهان انتقال‌یافته از نور ترکیبی به نور آبی (PB) عمل کردند و اختلاف معنی‌داری با همدیگر نداشتند (شکل ۴- ب).

تعداد نهایی برگ در مرحله اول و دوم

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر تیمارهای نوری بر تعداد نهایی برگ گیاهان پایان مرحله اول و دوم در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱ و ۲). مقایسه



شکل ۴. میانگین عرض گیاهان (cm) در تیمارهای مختلف نوری در مرحله اول (الف) و مرحله دوم (ب) در هفته دهم، تیمارهای دارای حداقل یک حرف مشترک اختلاف معنی‌داری با یکدیگر در آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.
*** (نور آبی B)، (نور ترکیبی قرمز و آبی P)، (نور قرمز R)، (نور فلورسنت F).**



شکل ۵. میانگین تعداد نهایی برگ گیاهان در تیمارهای مختلف نوری در مرحله اول (الف) و در مرحله دوم (ب) در هفته دهم، تیمارهای دارای حداقل یک حرف مشترک اختلاف معنی‌داری با یکدیگر در آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.
*** (نور آبی B)، (نور ترکیبی قرمز و آبی P)، (نور قرمز R)، (نور فلورسنت F).**

میانگین این صفت نشان داد که بیشترین تعداد برگ گیاهان مربوط به تیمارهای نور ترکیبی قرمز و آبی با میانگین آبی با میانگین ۶۵/۸ بود و اختلاف معنی‌دار زیادی با بقیه تیمارهای نوری نشان داد. همچنین تعداد نهایی برگ گیاهان در تیمارهای نوری قرمز، آبی و فلورسنت اختلاف معنی‌داری نشان ندادند و به‌ترتیب دارای میانگین‌های ۴۹/۲ و ۴۹/۸ و ۴۷/۲ بودند (شکل ۵- الف). مقایسه میانگین تعداد نهایی برگ در پایان مرحله دوم نشان داد که بیشترین تعداد برگ مربوط به تیمارهای نور ترکیبی قرمز و آبی انتقال‌یافته در مرحله دوم به تیمارهای نوری قرمز، فلورسنت و نور ترکیبی قرمز و آبی بود که اختلاف معنی‌داری باهم نداشتند، ولی با سایر تیمارها در تعداد نهایی برگ اختلاف معنی‌دار زیادی داشتند. گیاهان تحت تیمار FP یا گیاهان انتقال‌یافته از تیمار نور فلورسنت به تیمار نور ترکیبی قرمز و آبی با میانگین ۴۴/۲ در پایان مرحله دوم، کمترین تعداد برگ را در بین تیمارها به خود اختصاص داد و اختلاف معنی‌داری نسبت به سایر تیمارها نشان داد. گیاهان انتقال‌یافته از تیمار نور آبی به تیمار نور قرمز با میانگین ۶۳/۲ در پایان مرحله دوم، اختلاف معنی‌دار با گیاهان تحت تیمارهای FP، FF، RB در

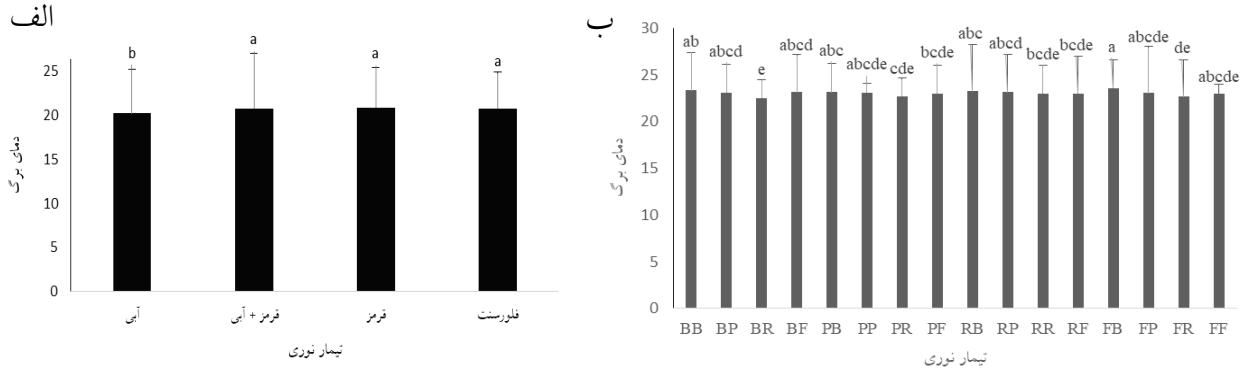
تعداد نهایی برگ داشتند (شکل ۵- ب).

دمای برگ در پایان مرحله اول و دوم

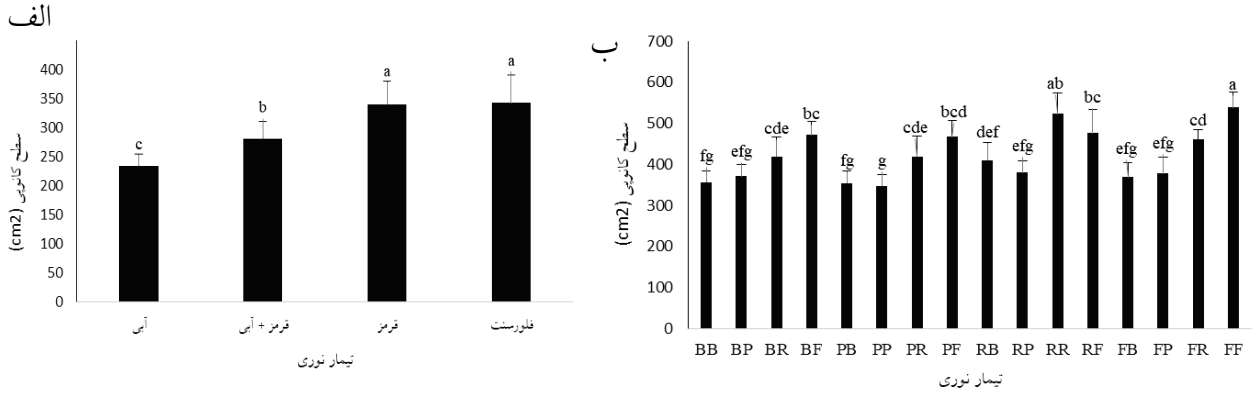
نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر تیمارهای نوری بر دمای برگ گیاهان در پایان مرحله اول و دوم در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱ و ۲). مقایسه میانگین دمای برگ در پایان مرحله اول نشان داد که دمای گیاهان تحت تیمارهای نوری قرمز، فلورسنت و نور ترکیبی قرمز و آبی اختلاف معنی‌داری با دمای گیاهان تحت تیمار نور آبی داشتند که به‌ترتیب دارای میانگین‌های ۲۰/۸، ۲۰/۷ و ۲۰/۷ درجه سانتی‌گراد بودند. کمترین دمای برگ با میانگین ۲۰/۲ درجه سانتی‌گراد در تیمار نور آبی به‌دست آمد و اختلاف معنی‌دار زیادی با بقیه تیمارها در دمای برگ نشان دادند (شکل ۶- الف). بر اساس نتایج مقایسه میانگین بر صفت دمای برگ در پایان مرحله دوم، بیشترین دمای برگ مربوط به تیمار نور FB (گیاهان انتقال‌یافته از نور فلورسنت به نور آبی) بود که اختلاف معنی‌داری نسبت به سایر تیمارها با میانگین دمای ۲۳/۶ درجه سانتی‌گراد داشت. در رتبه دوم میانگین بیشترین دمای برگ در پایان مرحله دوم، تیمار نوری BB قرار داشت که با تیمارهای نوری FR، PR، BR اختلاف معنی‌دار زیادی در دمای برگ گیاهان داشت. گیاهان تحت تیمار نور BR با میانگین ۲۲/۵ درجه سانتی‌گراد، کمترین دمای برگ را در بین همه تیمارها به خود اختصاص دادند و اختلاف معنی‌داری با همه تیمارها در دمای برگ داشتند (شکل ۶- ب).

مساحت سطح کانوپی در پایان مرحله اول و دوم

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر تیمارهای نوری بر مساحت سطح نهایی گیاهان در پایان مرحله اول و دوم در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جداول ۱ و ۲). مقایسه میانگین مساحت سطح کانوپی در پایان مرحله اول نشان داد که سطح کانوپی گیاهان تحت تیمارهای نوری قرمز و فلورسنت اختلاف معنی‌داری نسبت به گیاهان تحت تیمارهای نوری آبی و قرمز- آبی داشته و بیشترین سطح کانوپی را داشتند. البته گیاهان تحت تیمار نوری فلورسنت و قرمز نسبت بهم اختلاف معنی‌داری نداشته و به‌ترتیب دارای میانگین‌های ۳۴۲ و ۳۴۰ سانتی‌مترمربع بودند. گیاهان تحت تیمار نور آبی کمترین مساحت سطح کانوپی را با میانگین ۲۳۴ سانتی‌مترمربع به خود اختصاص دادند (شکل ۷- الف). بر اساس مقایسه میانگین مساحت سطح کانوپی، گیاهان تحت تیمار نور فلورسنت انتقال‌یافته از مرحله اول به تیمار نور فلورسنت در مرحله دوم دارای بیشترین مساحت سطح کانوپی بودند و اختلاف معنی‌داری نسبت به سایر تیمارها با میانگین ۵۳۸ سانتی‌متر مربع نشان دادند. گیاهانی که در مرحله دوم از تیمارهای نوری قرمز، آبی و قرمز- آبی به زیر تیمار نوری فلورسنت در مرحله دوم انتقال‌یافته بودند در رتبه دوم بیشترین مساحت سطح کانوپی قرار گرفتند که تأثیر نور فلورسنت در بلندمدت نسبت به نور قرمز در افزایش مساحت سطح کانوپی گیاهان را نشان می‌دهد. همچنین گیاهان انتقال‌یافته از تیماری نوری فلورسنت به سایر تیمارها کاهش مساحت سطح کانوپی را نشان می‌دهند که نور قرمز در بین آن‌ها اثر کمتری در کاهش مساحت سطح کانوپی داشته است. گیاهان تحت‌تأثیر تیمار نور قرمز در مرحله اول بیشترین سطح کانوپی را داشتند، ولی در مرحله دوم، در رتبه دوم بیشترین مساحت سطح کانوپی، قرار داشتند و اختلاف معنی‌داری با تیمارهای RF، BF، PF، FF نشان ندادند، ولی با سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری در مساحت سطح کانوپی گیاهان داشتند. گیاهانی که در مرحله اول دوره رشد تحت تیمار نور آبی بودند، در مرحله دوم هم کاهش مساحت سطح کانوپی را در تیمار نور آبی نشان دادند، ولی گیاهان انتقال‌یافته به تیمارهای دیگر (BF, BR, BP) افزایش در مساحت سطح کانوپی را نشان دادند که نشان‌دهنده کنترل رشد ساقه و برگ توسط نور آبی است (شکل ۷- ب).



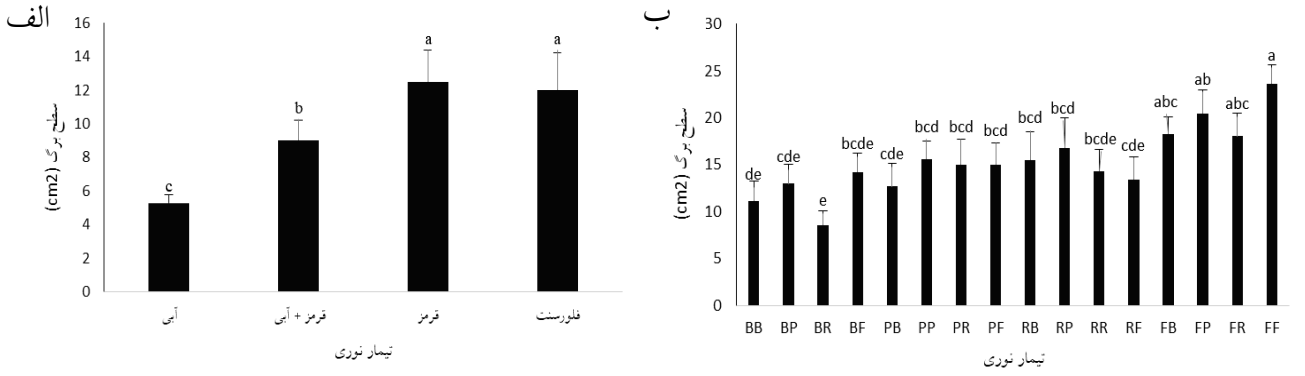
شکل ۶. میانگین دمای برگ گیاهان در تیمارهای مختلف نوری در مرحله اول (الف) و مرحله دوم (ب) در هفته دهم، تیمارهای دارای حداقل یک حرف مشترک اختلاف معنی‌داری با یکدیگر در آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.
*** (نور آبی B)، (نور ترکیبی قرمز و آبی P)، (نور قرمز R)، (نور فلورسنت F).**



شکل ۷. میانگین مساحت سطح کانوپی (cm^2) گیاهان در تیمارهای مختلف نوری در مرحله اول (الف) در مرحله دوم (ب) در هفته دهم، تیمارهای دارای حداقل یک حرف مشترک اختلاف معنی‌داری با یکدیگر در آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.
*** (نور آبی B)، (نور ترکیبی قرمز و آبی P)، (نور قرمز R)، (نور فلورسنت F).**

سطح برگ در پایان مرحله اول و دوم

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر تیمارهای نوری بر صفت سطح برگ گیاهان در پایان مرحله اول و دوم در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جداول ۱ و ۲). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که گیاهان تحت تیمار نور قرمز و فلورسنت به‌ترتیب با میانگین ۱۲/۵ و ۱۲/۰ سانتی‌مترمربع، بیشترین سطح برگ را داشتند که این اختلاف معنی‌دار نبود، ولی با گیاهان تیمارهای نوری آبی و آبی- قرمز اختلاف معنی-دار داشتند. کمترین سطح برگ متعلق به گیاهان تحت تیمار نور آبی بود که دارای میانگین ۵/۲۸ سانتی‌مترمربع شد (شکل ۸-الف). مقایسه میانگین در مرحله دوم بر صفت مساحت سطح برگ نشان داد که گیاهان رشدیافته تحت تیمار نور فلورسنت بیشترین مساحت سطح برگ را با میانگین ۲۳/۷ سانتی‌مترمربع به خود اختصاص دادند. این گیاهان با گیاهانی که ۵۰ درصد دوره رشد اولیه را تحت تیمار نور فلورسنت بودند و ۵۰ درصد دیگر را تحت تیمارهای دیگر بودند، اختلاف معنی‌داری در مساحت سطح برگ نشان دادند، ولی با سایر گیاهانی که دوره رشد اولیه را تحت تیمارهای نوری آبی



شکل ۸. میانگین مساحت سطح برگ گیاهان (cm^2) در تیمارهای مختلف نوری در مرحله اول (الف) در مرحله دوم (ب) در هفته دهم، تیمارهای دارای حداقل یک حرف مشترک اختلاف معنی‌داری با یکدیگر در آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.
*** (نور آبی B)، (نور ترکیبی قرمز و آبی P)، (نور قرمز R)، (نور فلورسنت F).**

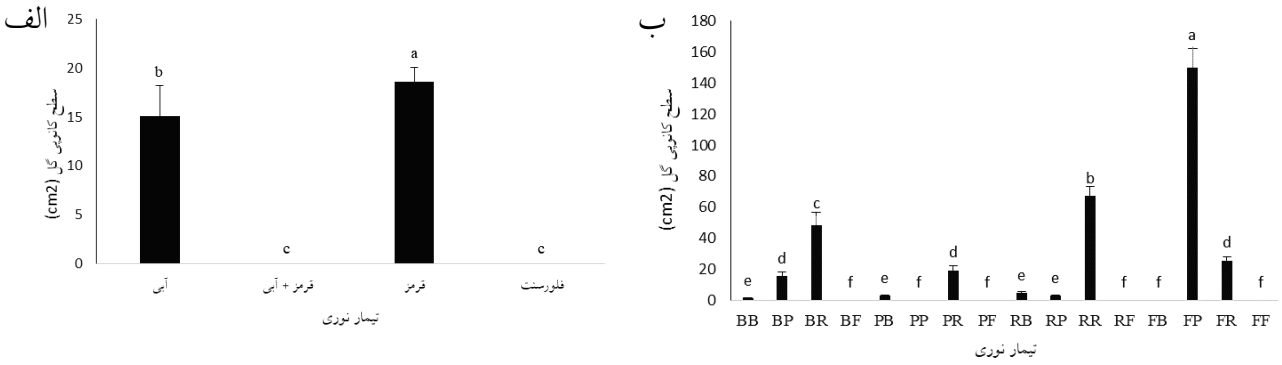
و قرمز و نور ترکیبی قرمز- آبی بودند اختلاف معنی‌داری داشتند. کمترین مساحت سطح برگ مربوط به گیاهانی است که در مرحله اول تحت تیمار نور آبی و در مرحله دوم تحت تیمار نور قرمز بودند و دارای میانگین ۸/۵۶ سانتی‌متر مربع مساحت سطح برگ بودند. نکته قابل‌توجه در این صفت، گیاهان تحت تیمار نور قرمز بودند که در مرحله اول بیشترین سطح برگ را داشتند، ولی در مرحله دوم نسبت به سایر تیمارها نتوانستند افزایش در سطح برگ را نشان دهند. این گیاهان حتی در زیر نور فلورسنت که بیشترین تأثیر را در افزایش سطح برگ نشان دادند کمترین عملکرد در افزایش سطح برگ نشان می‌دهند (شکل ۸- ب).

سطح کانوپی گل در پایان مرحله اول و دوم

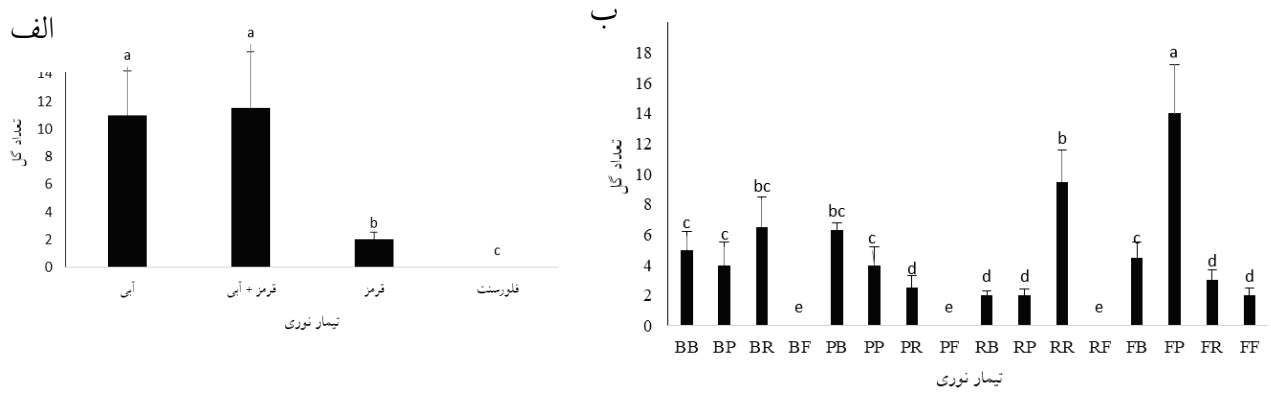
گیاهان تحت تیمار نور آبی و قرمز بیشترین سطح کانوپی گل را داشتند و دارای میانگین ۱۸/۵ سانتی‌مترمربع مساحت سطح کانوپی گل با اختلاف معنی‌داری نسبت به سایر تیمارها بودند. گیاهان تحت تیمار نور آبی هم با میانگین ۱۵/۱ سانتی‌مترمربع سطح کانوپی گل در رده دوم قرار داشت. گیاهان تحت تیمار نور قرمز و نور فلورسنت در مرحله اول گل ندادند (شکل ۹- الف). باتوجه به مقایسه میانگین داده‌ها بر صفت سطح کانوپی گل در مرحله دوم، گیاهانی که در مرحله اول تحت تیمار نور فلورسنت بودند و در مرحله دوم تحت تیمار نور ترکیبی آبی- قرمز بودند بیشترین سطح کانوپی گل با میانگین ۱۴۹ سانتی‌مترمربع را نشان دادند که اختلاف معنی‌داری با سایر تیمارها در مساحت سطح کانوپی گل داشتند. گیاهانی که در مرحله اول و دوم تحت تیمار نور قرمز بودند در رتبه دوم بیشترین سطح کانوپی با میانگین ۶۷/۴ سانتی‌مترمربع قرار گرفتند. گیاهان تحت تیمارهای BB, BF, PB, PP, PF, RF, FB, FF در پایان مرحله دوم در زمان اندازه‌گیری گل نداشتند یا عمر گل‌هایشان تا پایان مرحله دوم تمام شده بود (شکل ۹- ب).

تعداد گل در پایان مرحله اول و دوم

نمودار میانگین نشان می‌دهد مانند صفت سطح کانوپی گل، تعداد گل هم در پایان مرحله اول در گیاهان تحت تیمار نور آبی و نور قرمز- آبی بیشتر بوده یا به‌عبارت‌دیگر زودتر از گیاهان تحت تیمارهای قرمز و فلورسنت وارد فاز گلدهی شدند. میانگین تعداد گل در پایان مرحله اول در تیمار نور ترکیبی با میانگین ۱۱/۵ و در تیمار نور آبی با میانگین ۱۱ بود. گیاهان تحت تیمار نور قرمز در این زمان به‌طور میانگین تنها دو عدد گل تولید کرده بودند، درحالی‌که گیاهان تحت تیمار نور فلورسنت در پایان مرحله اول گلدهی نداشتند (شکل ۱۰- الف). نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که گیاهانی که در



شکل ۹. میانگین مساحت سطح کانوپی گل (cm^2) در تیمارهای مختلف نوری در مرحله اول (الف) در مرحله دوم (ب) در هفته دهم، تیمارهای دارای حداقل یک حرف مشترک اختلاف معنی‌داری با یکدیگر در آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.
*** (نور آبی B)، (نور ترکیبی قرمز و آبی P)، (نور قرمز R)، (نور فلورسنت F).**



شکل ۱۰. میانگین تعداد گل در تیمارهای مختلف نوری در مرحله اول (الف) و مرحله دوم (ب) در هفته دهم، تیمارهای دارای حداقل یک حرف مشترک اختلاف معنی‌داری با یکدیگر در آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.
*** (نور آبی B)، (نور ترکیبی قرمز و آبی P)، (نور قرمز R)، (نور فلورسنت F).**

مرحله اول تحت تیمار نور فلورسنت بودند و گلدهی نداشتند بعد از انتقال به تیمار نور ترکیبی بیشترین گلدهی را با میانگین ۱۴ عدد گل در هر گلدان نشان دادند. گیاهان که در مرحله دوم از تیمارهای دیگر به تیمار نور فلورسنت منتقل شدند تا پایان مرحله دوم گلدهی نداشتند یا عمر گل کوتاهی داشتند. گیاهان تحت تیمار نور قرمز دیرتر به گلدهی رفتند، ولی نسبت به نور فلورسنت تعداد گل بیشتر و همچنین زودتر به گلدهی رفتند. گیاهان تحت تیمار نور ترکیبی و نور آبی زودتر از بقیه تیمارها به گلدهی رفتند، در پایان مرحله دوم باز هم گل داشتند، ولی تعدادشان کم بود. این نشان‌دهنده عمر بیشتر گل تحت این تیمارها در این گیاه‌ها بود (شکل ۱۰– ب).

بحث

در این آزمایش تیمار نور قرمز در مقایسه با تیمارهای دیگر باعث افزایش ارتفاع گیاه شد و نور آبی بیشتر نقش مهارکنندهٔ ارتفاع را داشت. نتیجه دیگری که در ارتفاع گیاهان دیده می‌شود این است که گیاهانی که ۵۰ درصد دوره رشد را تحت تیمار نور آبی و ۵۰ درصد دیگر را تحت تیمار نور قرمز و

بالعکس بودند کمترین ارتفاع را داشتند. تفاوت بین پاسخ‌های مورفولوژیکی گیاه به نور قرمز و آبی با تفاوت در مشارکت نسبی فیتوکروم‌ها و گیرنده‌های نوری حساس آبی (کریپتوکروم‌ها و فوتوتروپین‌ها) در مهار گسترش ساقه، مرتبط است (۱۳). افزایش سهم نور آبی در استفاده از نور ترکیبی قرمز و آبی در گل رز و گوجه‌فرنگی، باعث کاهش ارتفاع شد و همچنین نور قرمز افزایش ارتفاع گیاه گوجه‌فرنگی را در پی داشت (۳) که این نتیجه، مرتبط با ارتفاع گیاه در تیمار PB، PP در این آزمایش بود.

بررسی روی طول و عرض برگ‌ها در پایان آزمایش نشان داد که گیاهان تحت تیمار نور فلورسنت، طول و عرض بیشتری نسبت به سایر تیمارها داشتند و گیاهان تحت تیمار نور قرمز، که در مرحله اول طول و عرض برگ بیشتری داشتند، در مرحله دوم قابل مقایسه با تیمار نور فلورسنت نبودند و کاهش رشد در اندازه برگ نشان دادند و گیاهان تحت تیمار نور آبی همگی در پایان آزمایش کمترین اندازه برگ از نظر طول و عرض را نشان دادند. سبزعلیان و همکاران (۱۷) نشان دادند که گیاهانی که در زیر نور مصنوعی رشد می‌کنند، رشد بیشتری را نشان می‌دهند و گیاهانی که در زیر نور LED ترکیبی قرمز و آبی رشد می‌کنند، به‌طور قابل‌توجهی کوچک‌تر از سایر تیمارها هستند. نور فلورسنت به‌دلیل داشتن طیف نور سبز می‌تواند بیشتر از نور قرمز یا آبی به داخل تاج‌پوش‌ها و برگ‌ها نفوذ کند و می‌تواند باعث افزایش فتوسنتز در سلول‌ها یا برگ‌هایی شود که نور قرمز و آبی به آن‌ها نمی‌رسد (۱۹) که احتمالاً دلیل بیشتر شدن طول و عرض گیاهان تحت تیمار نور فلورسنت در آزمایش حاضر به همین علت باشد. در پژوهش حاضر گیاهانی که ۱۰۰ درصد دوره رشد خود را تحت تیمار نور ترکیبی قرمز و آبی بودند بیشترین تعداد برگ را داشتند و با گیاهانی که ۵۰ درصد دوره رشد اولیه خود را تحت تیمار نور ترکیبی بودند و ۵۰ درصد دیگر را تحت تیمار نور فلورسنت و قرمز بودند همتراز هستند، درحالی‌که گیاهان تحت تیمار نور RB کمترین تعداد برگ را داشتند. مطالعاتی که برای این صفت تاکنون انجام‌گرفته نیز تأییدکننده نتیجه آزمایش حاضر هست. برای مثال در آزمایشی تیمار نور ترکیبی آبی و قرمز با نسبت ۱:۱ برای تکثیر گیاهان پنبه مؤثرترین تیمار بود (۱۰). در پژوهش دیگری بیشترین تعداد برگ در نور سفید در بنفشه آفریقایی در رقم Optimara و به‌دنبال آن ترکیب نور آبی و نور قرمز در همان رقم مشاهده شد. در همان آزمایش کمترین تعداد برگ باز هم در تیمار نور سفید در بنفشه آفریقایی در رقم Rhapsody مشاهده شد. این نتایج نشان می‌دهد که واکنش گیاهان به کیفیت‌های مختلف نوری در درون رقم‌ها نیز می‌تواند متفاوت باشد (۲).

نتایج به‌دست‌آمده نشان داد که گیاهان تحت تیمار نور آبی بیشترین دمای برگ را در پایان مرحله دوم داشتند. نور آبی انرژی زیادی تولید می‌کند و عامل باز شدن روزنه‌ها در سطح برگ است، باعث تعرق در برگ گیاه در دوره‌های اولیه رشد، به‌علت جوان بودن و ضخامت ناکافی برگ، می‌شود و دستگاه ترمومتر به‌خاطر تبخیر برگ و آب‌روی برگ دمای پایین‌تری نشان می‌دهد، اما علت دمای بالا در پایان مرحله دوم از نظر ما به این صورت است که احتمالاً گیاه برای سازگاری بیشتر با محیط نور آبی و عدم تعرق بیشتر، فعالیت‌های فتوسنتزی را بیشتر می‌کند که در واکنش‌های فتوسنتزی آب مصرف می‌شود. از طرف دیگر، گیاه بیشتر رشد می‌کند و به‌دلیل مصرف آب داخل سلول‌ها، آب کافی برای تعرق از روزنه‌ها و کم‌کردن دمای سطح برگ باقی نمی‌ماند (۱۱ و ۲۰). دلایلی که می‌توان برای اختلاف معنی‌دار سطح کانوپی در انواع کیفیت‌های مختلف نوری بیان کرد به این صورت است: ۱- نور آبی قدرت نفوذ و انرژی بیشتری دارد، برای اینکه گیاهان تحت این تیمار نوری بتوانند از صدمات نور مضر ازجمله آسیب به فتوسنتز و ساختار بیوشیمیایی درون‌سلولی گیاه در امان بمانند، این میزان انرژی را صرف ضخیم کردن برگ‌ها می‌کنند؛ بنابراین سطح برگ و سطح کانوپی کمتری را تولید کردند و برعکس نور قرمز قدرت نفوذ و انرژی کمتری دارد که باعث افزایش عملکرد فتوسنتز و افزایش سطح کانوپی شده است و ضخامت برگ آن-

ها کمتر از سایر نورها شده است (۸). در مطالعه‌ای استفاده از نور RB در طول رشد گیاهان گوجه‌فرنگی باعث کاهش سطح برگ و افزایش طول ساقه و کاهش زیست‌توده در مقایسه با نور فلورسنت شد (۹).

از طریق فتوسنتز، نور به‌ویژه طول‌موج‌های آبی و قرمز، انرژی موردنیاز برای رشد و نمو گیاه را تأمین می‌کنند، اما از طریق گیرنده‌های نوری، نور چندین فرآیند مورفوژنتیکی ازجمله افزایش طول گیاه، انبساط برگ، باز شدن روزنه، ساعت شبانه‌روزی و گلدهی را تنظیم می‌کند (۴). نتایج به‌دست‌آمده می‌تواند به این دلیل باشد که گیرنده‌های نوری تیمار قرمز که فیتوکروم‌ها هستند، در القای گلدهی نقش دارند، ولی کریپتوکروم‌ها که به‌عنوان گیرنده‌های نور آبی هستند، در مورفولوژی گیاه و انتقال به مرحله گلدهی و توسعه گل نقش دارند (۱۵)؛ بنابراین این گیرنده‌ها باعث شده‌اند که گیاهان تحت تیمار نور آبی و قرمز سریع‌تر وارد مرحله گلدهی شده و درنتیجه زودتر از باقی تیمارها به شکوفایی گل برسند. این آزمایش‌ها نشان می‌دهد که LEDها می‌توانند به طور مؤثر برای کنترل گلدهی گیاهان استفاده شوند و همچنین اهمیت ترکیب طیفی نورهای مورداستفاده برای این کاربرد را برجسته می‌کنند. در آزمایشی مشخص شد که نور آبی بیشترین تأثیر خود را بر گلدهی در چندین گیاه روزبلند (*Rudbeckia hirta*, *Antirrhinum majus*, Fuchsia × hybrida) و سه رقم گل اطلسی (Petunia × hybrida) داشت، زمانی که نسبت نور قرمز: مادون‌قرمز متوسط اعمال شد، اگر نسبت قرمز به مادون‌قرمز خیلی زیاد یا خیلی کم باشد، گلدهی کاهش می‌یابد (۵).

نتیجه‌گیری نهایی

در این آزمایش تمامی صفات اندازه‌گیری شده تحت تاثیر کیفیت نور قرار گرفتند، هرچند این تاثیر در فازهای آزمایش متفاوت بود. به‌طورکلی به‌نظر می‌رسد تیمار ترکیبی آبی و قرمز برای ایجاد یک تعادل منطقی بین رشد رویشی و زایشی (گلدهی) انتخاب مناسبی است. استفاده از نور آبی در فاز اول در اکثر موارد به گلدهی زودهنگام منجر شد هرچند گیاهان منتقل شده از نور فلورسنت به نور ترکیبی آبی- قرمز در فاز دوم بیشترین تعداد گل را تولید کردند. این آزمایش مشخص می‌کند کیفیت نور می‌تواند به‌عنوان یک ابزار مهم در تنظیم تعداد، سطح گلدهی و گسترش کانوپی در گل بنفشه آفریقایی با توجه به تقاضای بازار هدف مورد استفاده قرار گیرد.

تشکر و قدردانی

از دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز به‌خاطر همکاری‌های صمیمانه‌شان تشکر و قدردانی می‌شود.

منابع مورد استفاده

1. Akbarian, B., M. Matloobi and N. Mahna. 2016. Effects of LED light on seed emergence and seedling quality of four bedding flowers. *Journal of Ornamental Plants* 2: 115-123.
2. Aslanpour, M., M. Shoor, B. Ghalekahi, A. Sharifi and M. Kharazi. 2018. Evaluation of the effect of light quality treatments on growth and flowering of saintpaulia seedlings (*Saintpaulia ionantha* WENDI). *International Transaction Journal of Engineering, Management, & Applied Sciences & Technologies* 9(6): 611-623.
3. Bergstrand, K. J., L. M. Mortensen, A. Suthaparan and H. R. Gislerød. 2016. Acclimatisation of greenhouse crops to differing light quality. *Scientia Horticulturae* 204(1): 1-7.
4. Chen, X. L., L. C. Wang, T. Li, Q. C. Yang and W. Z. Guo. 2019. Sugar accumulation and growth of lettuce exposed to different lighting modes of red and blue LED light. *Scientific Reports* 9(1): 1-10.
5. Craig, D. S. and E. S. Runkle. 2016. An intermediate phytochrome photoequilibria from night-interruption lighting optimally promotes flowering of several long-day plants. *Environmental and Experimental Botany* 121: 132-138.
6. Darko, E., P. Heydarizadeh, B. Schoefs and M. R. Sabzalian. 2014. Photosynthesis under artificial light: the shift in primary and secondary metabolism. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 369(1640): 20130243.

7. Folta, K. M. and K. S. Childers. 2008. Light as a growth regulator: Controlling plant biology with narrow-bandwidth solid-state lighting systems. *HortScience* 43(7): 1957-1964.
8. Holmes, M. G. and H. Smith. 1975. The function of phytochrome in plants growing in the natural environment. *Nature* 254(5500): 512-514.
9. Lanoue, J., E. D. Leonardos and B. Grodzinski. 2018. Effects of light quality and intensity on diurnal patterns and rates of photo-assimilate translocation and transpiration in tomato leaves. *Frontiers in Plant Science* 9: 756.
10. Li, Q. and C. Kubota. 2009. Effects of supplemental light quality on growth and phytochemicals of baby leaf lettuce. *Environmental and Experimental Botany* 67(1): 59-64.
11. Lin, K. H., M. Y. Huang, W. D. Huang, M. H. Hsu, Z. W. Yang and C. M. Yang. 2013. The effects of red, blue, and white light-emitting diodes on the growth, development, and edible quality of hydroponically grown lettuce (*Lactuca sativa* L. var. capitata). *Scientia Horticulturae* 150: 86-91.
12. Mitchell, C. A., M. P. Dzakovich, C. Gomez, R. Lopez, J. F. Burr, R. Hernández, C. Kubota, C. J. Currey, Q. Meng, E. S. Runkle and C. M. Bourget. 2015. Light-Emitting diodes in horticulture. *Horticultural Reviews* 43: 1-88.
13. Ouzounis, T., X. Fretté, E. Rosenqvist and C. O. Ottosen. 2014. Spectral effects of supplementary lighting on the secondary metabolites in roses, chrysanthemums, and campanulas. *Journal of Plant Physiology* 171(16): 1491-1499.
14. Pierik, R. and M. de Wit. 2014. Shade avoidance: phytochrome signalling and other aboveground neighbour detection cues. *Journal of Experimental Botany* 65(11): 2815-2824.
15. Pinho, P., K. Jokinen and L. Halonen. 2012. Horticultural lighting–present and future challenges. *Lighting Research & Technology* 44(4): 427-437.
16. Rahnemoonfar, M., N. Etemadi, A. Nikbakht, M. Gheisari and M. R. Sabzalian. 2014. Effect of shade, organic matter and planting time on morphological and physiological characteristics of lisianthus (*Eustoma grandiflorum*) (Raf.) Shinn. *Plant Productions* 37(3): 1-11.
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. Su, N. N., Q. Wu and J. Cui. 2012. Effects of supplemental lighting with led light quality on growth and photosynthetic characteristics of cucumber seedlings. *China Vegetables* 1: 48-54.
19. Terashima, I., T. Fujita, T. Inoue, W. S. Chow and R. Oguchi. 2009. Green light drives leaf photosynthesis more efficiently than red light in strong white light: revisiting the enigmatic question of why leaves are green. *Plant and Cell Physiology* 50(4): 684-697.
20. Wang, J., W. Lu, Y. Tong and Q. Yang. 2016. Leaf morphology, photosynthetic performance, chlorophyll fluorescence, stomatal development of lettuce (*Lactuca sativa* L.) exposed to different ratios of red light to blue light. *Frontiers in Plant Science* 7: 250.
21. Wishkerman, A. and E. Wishkerman. 2017. Application note: A novel low-cost open-source LED system for microalgae cultivation. *Computers and Electronics in Agriculture* 132: 56-62.
22. Yeh, N., T. J. Ding and P. Yeh. 2015. Light-emitting diodes′ light qualities and their corresponding scientific applications. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 51: 55-61.

Journal of Crop Production and Processing
Vol. 14, No. 1, Spring 2024, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran.

Effect of Alternating Light Quality on the Vegetative and Reproductive Growth of African Violet (*Saintpaulia ionantha* Wendl.)

K. Dadashi[1], M. Matloobi[2*], A. Motallebiazar[2] and M. Amani[3]

(Received: July 11-2023; Accepted: January 15-2024)

Abstract

African violet (*Saintpaulia ionantha* Wendl.) belonging to the family Gesneriaseae is a very popular indoor plant. The aim of this study was to investigate the effect of red, blue, red and blue light (one part blue and three parts red) and white fluorescent on the vegetative and reproductive growth of African violet plants. The experiment was conducted in a completely randomized design with 4 treatments and 16 replications in the first phase and 16 treatments with 4 replications in the second phase. The tallest plants in the first and second phases were those treated with red light with an average of 8.2 and 12.5 cm, respectively. Plants treated with mixed blue and red light produced the highest leaves/plant in the first phase of the experiment. However, these plants reduced their number of leaves in the second phase when treated with the blue light. In the first phase, the fluorescent and red light alone developed the greatest canopy area (about 350 cm^2), while in the second phase, the canopy area in fluorescent light reached its maximum rate (500 cm^2). Similar results were observed for the leaf area. Blue light produced the highest flowers/plant in the first phase, although in the second phase, plants transferred from fluorescent light to the mixed blue and red light indicated increases in flowers/plant. The overall results of the experiment indicate that the blue light plays an important role in early flowering and the red light has an important effect on the rate of canopy extension.

Keywords: LED, Light spectra, Fluorescent, Flowering, Pot plant

1, 2 and 3. Graduated MSc, Associate Professor, and Ph.D. Student, Respectively, Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran.
*: Corresponding Author, Email: mmatloobi@gmail.com; matloobi@tabrizu.ac.ir