نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۲، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۷، ص. ۳۲۵-۳۱۱
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

Journal of Horticultural Science
Vol. 32, No.2, Summer 2018, P. 311-325
ISSN: 2008 - 4730

تأثیر شدت نور بر خصوصیات مورفو-فیزیولوژیک و گل‌دهی جعفری آفریقایی و فرانسوی در کشت دیرهنگام

مهری مهدوی فرد[۱]- عبدالحسین رضایی‌نژاد[۲]- صادق موسوی فرد[۳*]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۸/۰۳
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۴/۱۳

چکیده

گل جعفری .*Tagetes* spp یک گیاه زینتی مهم در فضای سبز شهری است و همانند سایر گیاهان زینتی جهت رشد و گل‌دهی نیازمند شدت نور مناسب می‌باشد. هدف از این تحقیق بررسی تأثیر شدت‌های نور مختلف بر رشد و گل‌دهی دو گونه‌ی گل جعفری در کشت دیرهنگام بود. این آزمایش به‌صورت کرت خرده شده در قالب طرح کاملاً تصادفی، با سه تکرار انجام شد. شدت نور با سه سطح (۱۸۰۰، ۱۲۰۰ و ۶۰۰ میکرومول بر مترمربع در ثانیه) به‌عنوان عامل اصلی و دو گونه گل جعفری آفریقایی و فرانسوی، به‌عنوان عامل فرعی در نظر گرفته شد. نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر شدت نور بر صفات مورد مطالعه به‌جز قطر دمگل و محتوای نسبی آب تأثیر معنی‌داری داشت. مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد واکنش گونه‌های مختلف گل جعفری نسبت به شرایط نوری متفاوت است. گونه آفریقایی در شدت نور زیاد (۱۸۰۰ میکرومول بر مترمربع در ثانیه) از بین رفت که نشان‌دهنده حساسیت بیشتر این گونه به کشت دیرهنگام است. با آن‌که شدت نور زیاد بر رشد و گل‌دهی دو گونه گل جعفری اثرات نامطلوبی داشت اما گونه فرانسوی در تمامی سطوح شدت نور توانایی رشد داشته و بنابراین قابل توصیه در کشت دیرهنگام است. گونه آفریقایی در شدت نور ۶۰۰ میکرومول بر مترمربع در ثانیه، بهترین رشد و گل‌دهی را در مقایسه با شدت نورهای دیگر نشان داد، لذا در کشت دیرهنگام در سایه درختان و هرجایی که سایه‌دهی مطلوبی وجود داشته باشد، قابل کشت و توصیه می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: جعفری فرانسوی، زنده‌مانی، عمر گل، کلروفیل

مقدمه

گل جعفری، گیاه زینتی متعلق به تیره میناسانان (Asteraceae) بوده و پراکنش آن بیشتر در مناطق معتدله و حاره می‌باشد (۹ و ۱۷). این گیاه دارای سه گونه مهم یک‌ساله جعفری آفریقایی (*Tagetes erecta* L.)، جعفری فرانسوی (*Tagetes patula* L.) و جعفری مکزیکی (*Tagetes minuta* L.) می‌باشد. جعفری فرانسوی، به عنوان گل جعفری پاکوتاه با ارتفاع ۲۰ تا ۳۰ سانتی‌متر شناخته شده است (۲۶، ۲۷ و ۲۸). جعفری آفریقایی یک گیاه دارویی و زینتی محسوب می‌شود و ارتفاع آن به ۹۰ سانتی‌متر می‌رسد. گل‌های این گونه به رنگ زرد متمایل به نارنجی است. این گونه نسبت به گونه فرانسوی برای رسیدن به مرحله گل‌دهی به مدت زمان طولانی‌تری نیاز دارد (۲۳). این گل از ارزش زینتی بالایی برخوردار است (۳۱).

اقلیم، تغذیه خاک و آب به عنوان سه فاکتور مهم برای رشد گیاهان مطرح شده‌اند. تغذیه خاک و آب به‌طور نسبی از طریق کود دهی و آبیاری به راحتی قابل کنترل می‌باشد، اما نور فاکتور بسیار مهم اقلیمی بوده که کنترل آن بسیار مشکل است (۳ و ۶). نور، رشد و توسعه گیاهان را از طریق فرآیند فتوسنتز و به ویژه از طریق جذب دی‌اکسید کربن کنترل می‌کند. در هر زیستگاه شدت نور مؤثر در فتوسنتز (PPFD[۴]) بسته به زمان و مکان متفاوت است، اگرچه در برابر شدت‌های مختلف نور سازگاری خود را افزایش می‌دهند (۳۵). رشد مطلوب گیاه نیازمند شدت نور مناسب است. نور بیش از اندازه یا شدت کم آن، فتوسنتز گیاه را کاهش می‌دهد (۲ و ۳). تغییر نور نه تنها روی مورفولوژیک، فیزیولوژیک و تشریح گیاه مؤثر است، بلکه تأثیر مهمی هم بر روی تولید دارد (۴ و ۶). در شدت نور زیاد، گیاهان برگ‌های بیشتری تولید می‌کنند ولی اندازه برگ به دلیل کند شدن

۱، ۲ و ۳- به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشیار و استادیار گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان
(*- نویسنده مسئول: Email: Sadeghmosavifard@gmail.com)
DOI: 10.22067/jhorts4.v32i2.68129

4- Photosynthetic photon flux density

تقسیم یاخته‌ای، کوچک‌تر می‌شود، همچنین شکل برگ و جهت آن نیز تغییر می‌یابد (۱۴). گل‌دهی زودهنگام گیاهان تحت شدت نور کم، مشابه پاسخ گیاهان سایه‌پسندی است که در سایه گیاهان مجاورشان رشد کرده‌اند. از دست دادن رنگ و رشد سریع طولی ساقه پاسخ مهم فنوتیپی دیگر در برابر شدت نور کم است (۱ و ۱۹).

رکنل و منگ (۲۰) با مطالعه اثر نور آبی در ترکیب با سایر نورها در پنج گیاه زینتی از جمله *Tagetes erecta* نشان دادند که نور آبی در شدت زیاد از طریق مولکول‌های سیگنالینگ در گل‌دهی گیاهان مورد مطالعه نقش داشته و باعث تنظیم گل‌دهی می‌شود. نتایج پژوهشی دیگر که با هدف تأثیر شدت نور بر ویژگی‌های زایشی و رویشی رز (*Rosa hybrid* L.) رقم باکارا[1] انجام شد، نشان داد که نور مطلوب، عملکرد گل را بهبود می‌بخشد و ضمن کاهش تعداد شاخه کور، گل‌دهی را تسریع می‌کند (۲۱). نتایج پیرز و همکاران (۲۲) در مطالعه تأثیر شدت‌های مختلف نور در گل ساعتی (*Passiflora morifolia*، *P. suberosa litoralis* و *P. palmeri* var. sublanceolata) نشان داد که گیاهان نگهداری شده در سایه نسبت به گیاهان کشت شده در نور کامل خورشید، غلظت کلروفیل کل بیشتر داشته و نسبت کلروفیل a/b در گیاهان رشد کرده در سایه‌کاهش یافته بود. نتایج ژائو و همکاران (۳۶) حاکی از آن است که صفات مورفولوژیک گل صدتومانی (*Paeonia lactiflora* Pall) شامل ارتفاع گیاه، تعداد برگ، قطر ساقه، تعداد شاخه جانبی و تعداد گره در گیاهان رشد یافته در شرایط نور کامل بهتر از حالت سایه بود. نتایج مطالعه هاتامیان و همکاران (۱۴) روی دو رقم رز ‘رد وان[2]’ و ‘گلمیرا[3]’ تحت شدت‌های مختلف نور شامل ۲۴۰، ۵۲۰، ۶۴۰ و ۱۲۰۰ (شاهد) میکرومول بر مترمربع در ثانیه نشان داد که ویژگی‌های مرتبط با رشد و نمو مانند تعداد ساقه گل‌دهنده، تعداد شاخساره جانبی، طول ساقه گل‌دهنده و قطر گل در هر دو رقم در تیمار ۵۲۰ میکرومول بر مترمربع در ثانیه بیشترین مقدار بود. اما وزن تر و خشک ساقه و برگ با افزایش سایه‌دهی در تیمار ۲۴۰ میکرومول بر مترمربع در ثانیه افزایش یافت.

کاشت گل جعفری معمولاً همراه با خزانه‌گیری است، بدین صورت که در اواخر اسفندماه تا اواخر فروردین خزانه‌گیری و نشاء ظرف مدت دو ماه آماده انتقال به زمین اصلی می‌شود (۱۱). در این شرایط معمولاً گیاه شدت نور بالا را با توجه به دمای پایین‌تر اردیبهشت تحمل می‌کند. ولی اگر به هر دلیلی کشت و انتقال گیاه با تأخیر همراه باشد، عکس‌العمل گیاه به شدت نور مشخص نیست و نیاز به مطالعه و بررسی دارد. لذا این مطالعه باهدف بررسی اثر شدت‌های مختلف نور بر ویژگی‌های کمی و کیفی دو گونه‌ی گل جعفری در کشت دیر هنگام انجام شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال ۱۳۹۵ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه لرستان واقع در شهر خرم‌آباد صورت گرفت. این منطقه در محدوده ۳۳ درجه و ۲۶ دقیقه عرض شمالی و ۴۸ درجه و ۱۵ دقیقه طول شرقی و در ارتفاع ۱۱۴۸ متر از سطح دریا قرار دارد. از نظر اقلیمی نیز دارای حداقل و حداکثر دمای ۱۴/۶- و ۴۷ درجه سانتی‌گراد و متوسط بارندگی ۴۹۹ میلی‌متر می‌باشد. بذرهای F1 دو گونه‌ی گل جعفری آفریقایی و فرانسوی (*Tagetes erecta* و *T. patula*) از شرکت تولید بذر شکوفه اصفهان تهیه و در ۱۹ اردیبهشت‌ماه سال ۹۵ در محیط کشت شامل خاک (لومی رسی)، ماسه و کود دامی پوسیده به نسبت ۱: ۱: ۱ در گلدان پلاستیکی ۱۸×۱۸ سانتی‌متری کشت شد. با توجه به در نظر گرفتن ظرفیت زراعی خاک، طی یک ماه اول کشت، آبیاری به‌صورت دو روز یک بار و در ماه‌های بعدی روزانه صورت گرفت. آزمایش به صورت اسپلیت پلات (ناقص) در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام شد. این آزمایش شامل سه سطح شدت نور (۱۸۰۰، ۱۲۰۰ و ۶۰۰ میکرومول بر مترمربع در ثانیه) به‌عنوان عامل اصلی و دو گونه گل جعفری، به‌عنوان عامل فرعی در نظر گرفته شد. تیمار شدت نور ۱۸۰۰ میکرومول بر مترمربع در ثانیه در شرایط نور کامل (شاهد)، تیمار ۱۲۰۰ میکرومول بر مترمربع در ثانیه با پوشش ساران (سایبان) سبزرنگ یک لایه و تیمار ۶۰۰ میکرومول بر مترمربع در ثانیه با پوشش ساران سبزرنگ دولایه اجرا شد. سایه‌دهی از زمان ظهور دو برگ حقیقی تا انتهای آزمایش و در تمام مدت شبانه روز اعمال گردید. اندازه‌گیری کلیه صفات در زمان گل‌دهی انجام شد.

اندازه‌گیری صفات مورفولوژیکی

صفات اندازه گیری شده شامل ارتفاع گیاه، قطر اولین میانگره ساقه، تعداد شاخه‌های جانبی، طول ریشه، طول میانگره، تعداد برگ، قطر گل، قطر دمگل، عمر گل، زنده‌مانی، وزن تر و خشک اندام‌های هوایی و ریشه بود.

ارتفاع گیاه، طول میانگره، طول ریشه، تعداد شاخه‌های جانبی و تعداد برگ: با استفاده از خط‌کش و شمارش اندازه‌گیری شد.

قطر اولین میانگره ساقه، قطر گل و قطر دمگل: با استفاده کولیس دیجیتال اندازه‌گیری شد.

عمر گل: از زمان باز شدن کامل گل تا زمان پژمردگی گل محاسبه شد.

وزن تر و خشک اندام‌های هوایی و ریشه: جهت اندازه‌گیری

1- Baccara
2- Red One
3- Gulmira

وزن‌تر و خشک، قسمت هوایی (شامل برگ، ساقه و گل) و ریشه از هم جدا و بلافاصله وزن‌تر آن‌ها اندازه‌گیری گردید. سپس جهت اندازه‌گیری وزن خشک، تمامی بخش‌ها در آون به مدت ۴۸ ساعت با دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد خشک گردید.

زنده‌مانی: در حین و تا پایان آزمایش تعداد گلدان‌های هر دو گونه را در شدت‌های نور مختلف مورد بررسی قرار داده و درصد زنده‌مانی محاسبه شد.

اندازه‌گیری صفات فیزیولوژیکی

محتوای نسبی آب: جهت اندازه‌گیری محتوای نسبی آب برگ طبق روش ریچی و هانسون (۲۵) از برگ‌های جوان توسعه‌یافته، نمونه‌ای انتخاب و بعد از اندازه‌گیری وزن‌تر (FW)، نمونه به مدت ۲۴ ساعت در آب مقطر غوطه‌ور شد. سپس وزن تورژسانس (TW) آن اندازه‌گیری و جهت اندازه‌گیری وزن خشک (DW)، نمونه به مدت ۴۸ ساعت در آون و در دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد. درنهایت محتوای نسبی آب برگ از طریق رابطه (۱) محاسبه گردید:

رابطه (۱)

$$RWC\ (\%) = (FW- DW\ /TW\ -DW)$$

اندازه‌گیری صفات بیوشیمیایی

کلروفیل و کارتنوئید: برای سنجش میزان کلروفیل و کارتنوئید از روش لیچتنالر (۱۸) استفاده شد. برای این کار ۰/۱ گرم برگ تازه در هاون چینی با ازت مایع خرد و با ۱۰ میلی‌لیتر استون خالص مخلوط گردید. سپس نمونه در فالکن ۱۵ میلی‌لیتری ریخته شد و به مدت ۱۵ دقیقه در ۴۰۰۰ دور بر دقیقه سانتریفوژ گردید. سپس با استفاده از اسپکتروفتومتری، جذب محلول در طول‌موج‌های ۴۷۰، ۶۶۲ و ۶۴۵ نانومتر اندازه‌گیری شد. استون به‌عنوان محلول شاهد برای تنظیم صفر جذب نوری استفاده گردید. میزان کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل و کارتنوئیدها برحسب میلی گرم در گرم وزن تر برگ به ترتیب از طریق روابط (۲)، (۳)، (۴) و (۵) محاسبه شدند:

رابطه (۲)

$$Chla\ (mg/g) = (11.24 \times A662) – (2.04\ C\ A645)$$

رابطه (۳)

$$Chlb\ (mg/g) = (20.13 \times A645) – (4.19 \times A662)$$

رابطه (۴)

$$Total\ Chl\ (mg/g) = chl\ a + chl\ b$$

رابطه (۵)

$$Car = 1000 \times (A470 - 1.90\ Chl\ a – 63.14\ Chl\ b) / 214$$

تجزیه و تحلیل آماری

برای تجزیه آماری از نرم افزارهای SAS Version 9.4 و Excel استفاده شد. مقایسه میانگین صفات با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد انجام گردید.

نتایج

زنده‌مانی

گونه جعفری آفریقایی در شدت نور ۱۸۰۰ میکرومول بر مترمربع در ثانیه (شاهد) تا قبل از مرحله گل‌دهی به‌خوبی رشد کرده ولی بعد از آن به‌طور کامل از بین رفت. این گونه در شدت نور ۱۲۰۰ و ۶۰۰ میکرومول بر مترمربع در ثانیه به‌طور کامل زنده ماند. گیاهان گونه جعفری فرانسوی در هر سه سطح شدت نور مورد مطالعه زنده ماندند (شکل ۱).

ویژگی‌های مورفولوژیکی

ارتفاع گیاه، قطر ساقه و طول میانگره: نتایج تجزیه واریانس ارتفاع گیاه (جدول ۱) نشان داد که اثرات اصلی و متقابل عوامل مورد مطالعه تأثیر معنی‌داری ($P<۰/۰۱$) بر ویژگی ارتفاع گیاه داشت. مقایسه میانگین اثرات اصلی (جدول ۲) نشان داد که بیشترین ارتفاع در شدت نور ۶۰۰ میکرومول بر مترمربع در ثانیه مشاهده شد و گونه آفریقایی نسبت به گونه فرانسوی ارتفاع بیشتری داشت. مقایسه میانگین اثرات متقابل (شکل ۲a) نشان داد که با افزایش شدت نور، ارتفاع گیاه در هر دو گونه کاهش یافت. مقدار کاهش ارتفاع گونه فرانسوی در تیمار ۱۸۰۰ میکرومول بر مترمربع در ثانیه در مقایسه با ۱۲۰۰ میکرومول بر مترمربع در ثانیه معنی‌دار بود (شکل ۲a). طول میانگره تنها در فاکتور شدت نور اختلاف آماری معنی‌داری نشان داد (جدول ۱). بیشترین طول میانگره (۲/۵۱ سانتی‌متر) مربوط به شدت نور ۶۰۰ میکرومول بر مترمربع در ثانیه و کمترین میانگین این صفت (۲/۰۴ سانتی‌متر) در تیمار ۱۸۰۰ میکرومول بر مترمربع در ثانیه مشاهده شد (جدول ۲).

نتایج تجزیه واریانس برای صفت قطر ساقه نشان داد که اثر عوامل اصلی گونه و نور معنی‌دار بوده، اما اثر متقابل این عوامل معنی‌دار نمی‌باشد (جدول ۱). بیشترین قطر ساقه مربوط به شدت نور ۶۰۰ میکرومول بر مترمربع در ثانیه و در بین گونه‌ها، به گونه آفریقایی اختصاص داشت (جدول ۲).

تعداد شاخه‌های جانبی و تعداد برگ: نتایج تجزیه واریانس تعداد شاخه‌های جانبی (جدول ۱) نشان داد اختلاف معنی‌داری ($P<۰/۰۱$) بین سطوح شدت نور وجود دارد. این در حالی است که تأثیر گونه و اثر متقابل گونه و شدت نور بر تعداد شاخه‌های جانبی معنی‌دار نشد.

شکل ۱ - مقایسه دو گونه جعفری آفریقایی (a) و فرانسوی (b) در شدت‌های نوری مختلف از نظر زنده‌مانی. در این آزمایش گونه آفریقایی در تیمار شدت نور ۱۸۰۰ میکرومول بر مترمربع در ثانیه در ادامه آزمایش از بین رفت

Figure 1- Comparison of two species of marigold (*Tagetes erecta* (a) and *T. patula* (b)) in terms of survival in different light intensities. In this study, *Tagetes erecta* lost in 1800 µmol m^{-2} s^{-1} treatment during study

تعداد برگ نیز در اثرات اصلی سطوح شدت نور و گونه و اثر متقابل شدت نور و گونه اختلاف معنی‌داری نشان داد. بر اساس نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل، با افزایش شدت نور تعداد برگ در گونه فرانسوی کاهش یافت ولی تأثیر معنی‌داری بر گونه آفریقایی نداشت. بیشترین تعداد برگ (۷۶/۳۳) مربوط به گونه آفریقایی در شدت نور ۱۲۰۰ میکرومول بر مترمربع در ثانیه و کمترین تعداد برگ (۲۶/۵) مرتبط با شدت نور ۱۸۰۰ میکرومول بر مترمربع در ثانیه و گونه فرانسوی بود (شکل 2b).

طول ریشه: نتایج تجزیه واریانس طول ریشه (جدول ۱) نشان داد تأثیر شدت نور و اثر متقابل عوامل شدت نور و گونه در سطح آماری ۰/۰۱ و تأثیر گونه در سطح آماری ۰/۰۵ بر این صفت تفاوت معنی‌داری داشت. نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل نشان داد که با افزایش شدت نور، طول ریشه در گونه فرانسوی کاهش یافت اما تأثیر معنی‌داری بر گونه آفریقایی نداشت. بیشترین طول ریشه مربوط به شدت نور ۶۰۰ میکرومول بر مترمربع در ثانیه و در گونه فرانسوی بود (شکل 2c).

عمر گل: نتایج تجزیه واریانس عمر گل (جدول ۱) نشان داد که تأثیر شدت نور و گونه بر این ویژگی به ترتیب در سطح آماری ۰/۰۱ و ۰/۰۵ معنی‌دار شد. اثر متقابل شدت نور و گونه بر عمر گل، تأثیر معنی‌داری نداشت. بر اساس نتایج مقایسه میانگین (جدول ۲)، در بین سطوح مختلف شدت نور بیشترین عمر گل مربوط به شدت نور ۶۰۰ میکرومول بر مترمربع در ثانیه و کمترین عمر گل در تیمار ۱۸۰۰ میکرومول بر مترمربع در ثانیه مشاهده شد. همچنین در بین دو گونه مورد مطالعه بیشترین عمر گل (۱۳ روز) مربوط به گونه آفریقایی بود.

قطر گل و قطر دمگل: نتایج تجزیه واریانس (جدول ۱) نشان داد که اثرات اصلی شدت نور و گونه و اثر متقابل شدت نور و گونه تأثیر معنی‌داری بر قطر گل داشت. بر اساس نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل، با افزایش شدت نور قطر گل هر دو گونه مورد مطالعه کاهش یافت و بیشترین قطر گل (۵۱/۱۹ میلیمتر) مربوط به تیمار ۶۰۰ میکرومول بر مترمربع در ثانیه و گونه آفریقایی و کمترین قطر گل (۲۸/۲۱ میلیمتر) مرتبط با شدت نور ۱۸۰۰ میکرومول بر مترمربع در ثانیه و گونه فرانسوی بود (شکل 2d). در صفت قطر دمگل تنها نوع گونه اختلاف معنی‌داری در این صفت ایجاد نمود (جدول ۱) اما از نظر سطح‌های شدت نور و اثر متقابل شدت نور و گونه تفاوت معنی‌داری در بین تیمارها مشاهده نشد. نتایج مقایسه میانگین نشان داد که گونه آفریقایی نسبت به گونه فرانسوی دارای قطر دمگل بیشتری بود (جدول ۲).

جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس ویژگی‌های مورفو- فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی در دو گونه گل جعفری

Table 1- ANOVA for Morpho-physiological and biochemical characteristics of two species of marigold

منابع تغییرات Source of variation	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean of Squers										
		ارتفاع گیاه Plant height	قطر ساقه Stem diameter	طول میانگره Internode length	تعداد شاخه جانبی Numbers of axillary shoots	تعداد برگ Leaf number	طول ریشه Root length	عمر گل Flower vase Life	قطر گل Flower diameter	قطر دمگل Peduncle diameter	وزن تر برگ Leaf fresh weight	وزن تر ساقه Stem fresh weight
شدت نور light Intensity (LI)	2	55.98**	1.15*	0.34**	18.77**	889.29**	95.60**	13.29**	149.97**	0.026^{ns}	95.15**	9.57**
خطای a Error a	6	1.09	0.11	0.026	0.72	2.30	0.62	0.77	1.60	0.03	0.64	0.36
گونه Species (Sp)	1	365.20**	33.83**	0.31^{ns}	0.33^{ns}	1302.08**	11.21*	6.75*	416.89**	3.58**	312.52**	779.07**
شدت نور × گونه Sp × LI	1	23.12**	0.046^{ns}	0.11^{ns}	1.33^{ns}	200.08**	51.66**	2.08^{ns}	40.88*	0.016^{ns}	36.54**	1.09^{ns}
خطای b Error b	4	0.99	0.075	0.04	0.58	2.83	0.62	0.66	3.05	0.057	0.44	0.59
ضریب تغییرات CV (%)		4.35	5.33	9.31	14.50	2.92	2.43	7.16	4.76	7.29	6.49	8.68

ns عدم وجود اختلاف معنی‌دار، * و ** اختلاف معنی‌دار به ترتیب در سطح احتمال ۰/۰۵ و ۰/۰۱

^{ns} Non_Significant, * and ** Significant at 5% and 1% of probability level, respectively

ادامه جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس ویژگی‌های مورفو- فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی در دو گونه گل جعفری

Table 1- continued ANOVA for Morpho-physiological and biochemical characteristics of two species of marigold

منابع تغییرات Source of variation	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean of Squers												
		وزن تر ریشه Root fresh weight	وزن تر گل Flower fresh weight	وزن خشک برگ Leaf dry weight	وزن خشک ساقه Stem dry weight	وزن خشک ریشه Root dry weight	وزن خشک گل Flower dry weight	وزن تر کل Total fresh weight	وزن خشک کل Total dry weight	محتوی نسبی آب RWC	کلروفیل a chl a	کلروفیل b chl b	کارتنوئید carotenoids	کلروفیل کل Total Chl
شدت نور light Intensity (LI)	2	20.57**	3.43*	0.45**	0.06*	0.14**	0.05**	359.2**	1.35**	75.34ns	240.61**	13.59**	15.08**	489.26**
خطای a Error a	6	0.67	0.33	0.002	0.009	0.004	0.002	1.29	0.11	28.95	0.35	0.05	0.30	0.69
گونه Species (Sp)	1	141.38**	59.0**	8.11**	12.44**	10.28**	1.24**	4513.6**	114.45**	43.81ns	219.43**	22.99**	11.40*	99.73**
شدت نور × گونه Sp × LI	1	4.18ns	7.44*	0.27**	0.20*	0.13*	0.21**	192.88*	0.79ns	37.91ns	50.04**	0.86ns	2.24 *	100.25**
خطای b Error b	4	0.83	0.56	0.005	0.015	0.016	0.004	1.15	0.28	10.90	0.40	0.38	0.12	0.93
ضریب تغییرات CV (%)		7.63	22.53	5.53	11.44	8.21	13.36	3.07	11.84	4.52	3.91	12.85	7.35	3.90

ns عدم وجود اختلاف معنی‌دار، * و ** اختلاف معنی‌دار به ترتیب در سطح احتمال ۰/۰۵ و ۰/۰۱

ns Non_Significant, * and ** Significant at 5% and 1% of probability level, respectively

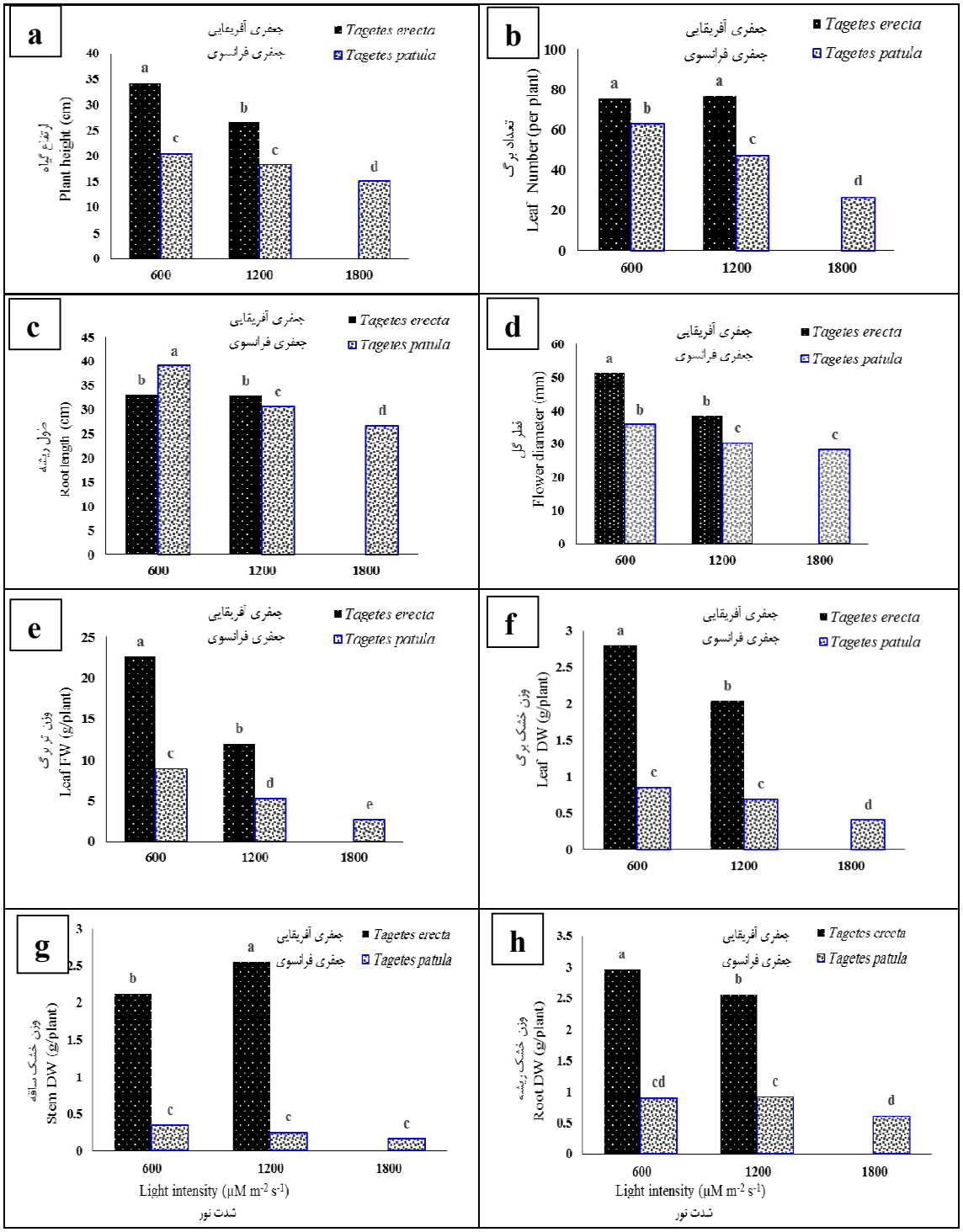
جدول ۲- مقایسه میانگین ویژگی‌های مورفو- فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی دو گونه گل جعفری و در شدت‌های نور مختلف

Table 2- Mean comparison of Morpho-physiological and biochemical characteristics of two species of marigold and in different levels of light intensities

مقایسه میانگین شدت نور Mean Comparison Light Intensity ($\mu mol\ m^{-2}\ s^{-1}$)			ویژگی‌ها Traits	مقایسه میانگین دو گونه Mean Comparison Species	
600	1200	1800		جعفری آفریقایی *T. erecta*	جعفری فرانسوی *T. patula*
27.34[a]	22.37[b]	14.99[c]	ارتفاع گیاه Plant height (cm)	30.37[a]	17.89[b]
5.91[a]	5.37[a]	3.12[b]	قطر ساقه Stem diameter (mm)	7.32[a]	3.68[b]
2.51[a]	2.35[a]	2.04[b]	طول میانگره Internode length (cm)	2.27[a]	2.40[a]
6.16[a]	6.16[a]	1.66[b]	تعداد شاخه جانبی No. of axillary shoots (per plant)	6.33[a]	4.55[a]
69[a]	62[b]	26.5[c]	تعداد برگ Leaf number (per plant)	75.83[a]	45.61[b]
36.04[a]	31.72[ab]	26.62[b]	طول ریشه Root length (cm)	32.91[a]	32.10[b]
12.66[a]	11.83[a]	8[b]	عمر گل Flower vase life (day)	13[a]	10.33[b]
43.45[a]	34.23[b]	28.21[c]	قطر گل Flower diameter (mm)	44.74[a]	31.37[b]
3.19[a]	3.07[a]	2.52[a]	قطر دمگل Peduncle diameter (mm)	3.68[a]	2.56[b]
15.76[a]	8.65[b]	2.72[c]	وزن تر برگ Leaf FW (g/plant)	17.31[a]	5.64[b]
11.92[a]	9.78[a]	1.15[b]	وزن تر ساقه Stem FW (g/plant)	18.91[a]	2.24[b]
14.75[a]	13.10[a]	5.65[b]	وزن تر ریشه Root FW (g/plant)	17.77[a]	8.60[b]
4.59[a]	3.11[b]	1.30[c]	وزن تر گل Flower FW (g/plant)	6.07[a]	1.52[b]
1.82[a]	1.36[a]	0.40[b]	وزن خشک برگ Leaf DW (g/plant)	2.41[a]	0.65[b]
1.39[a]	1.22[a]	0.15[b]	وزن خشک ساقه Stem DW(g/plant)	2.33[a]	0.24[b]
1.92[a]	1.72[ab]	0.59[b]	وزن خشک ریشه Root DW (g/plant)	2.75[a]	0.79[b]
0.65[a]	0.46[b]	0.22[c]	وزن خشک گل Flower DW (g/plant)	0.88[a]	0.23[b]
47.04[a]	34.65[b]	10.83[c]	وزن تر کل Total FW (g/plant)	60.07[a]	18.2[b]
5.62[a]	4.96[a]	1.38[b]	وزن خشک کل Total DW (g/plant)	8.38[a]	1.93[b]
76.30[a]	73.16[a]	69.44[a]	محتوی نسبی آب RWC (%)	74.87[a]	71.80[a]
13.85[a]	10.60[b]	4.05[c]	کلروفیل a chl a (mg g^{-1} FW)	13.92[a]	8.84[b]
6.71[a]	4.50[b]	1.69[c]	کلروفیل b chl b (mg g^{-1} FW)	6.98[a]	3.38[b]
5.91[a]	4.58[b]	2.70[c]	کارتنوئید carotenoids (mg g^{-1} FW)	4.27[b]	5.05[a]
20.57[a]	15.81[b]	5.74[c]	کلروفیل کل Total Chl (mg g^{-1} FW)	20.91[a]	12.23[b]

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ردیف بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد دارای اختلاف معنی‌داری نمی‌باشند.

Means with the same letter in each row are not significantly different at 5% of probability level-using LSD test.



شکل ۲- اثر متقابل شدت نور × گونه بر ارتفاع گیاه (a)، تعداد برگ (b)، طول ریشه (c)، قطر گل (d)، وزن تر برگ (e)، وزن خشک برگ (f)، وزن خشک ساقه (g) و وزن خشک ریشه (h) گل جعفری. میانگین‌های با حداقل یک حرف مشترک دارای اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون LSD نیستند

Figure 2- Interaction effects of light intensity ×species on plant height (a), leaf number (b), root length (c), flower diameter (d), leaf fresh weight (e), leaf dry weight (f), stem dry weight (g) and root dry weight (h) of marigold. Means with the same letter in each treatment are not significantly different at 5% of probability level-using LSD test

وزن تر و خشک برگ، ساقه، گل، ریشه و وزن کل: نتایج تجزیه واریانس (جدول ۱) نشان داد که بین دو گونه از نظر صفات اندازه‌گیری شده در این بخش اختلاف معنی‌داری وجود داشت. بررسی میانگین‌های وزن تر و خشک برگ، ساقه، گل، ریشه و کل گیاه نشان داد گونه فرانسوی کمترین و گونه آفریقایی بیشترین میانگین‌ها را به خود اختصاص دادند (جدول ۲). سطوح مختلف شدت نوری بر ویژگی‌های وزن تر برگ، ساقه، ریشه و کل، وزن خشک برگ، ریشه، گل و کل در سطح آماری ۰/۰۱ و بر ویژگی‌های وزن تر گل و وزن خشک ساقه در سطح آماری ۰/۰۵ تأثیر معنی‌داری داشتند. بیشترین وزن تر ساقه و ریشه و وزن خشک کل در شدت نور ۶۰۰ میکرومول بر مترمربع در ثانیه مشاهده شد (جدول ۲). اثر متقابل شدت نور و گونه بر روی صفات وزن تر و خشک برگ، وزن تر و خشک گل، وزن خشک ساقه و ریشه و وزن تر کل دارای اختلاف معنی‌داری بود (جدول ۱). مقایسه میانگین اثرات متقابل نشان داد که با افزایش شدت نور، وزن تر و خشک برگ و وزن تر کل در هر دو گونه کاهش یافت و بیشترین مقدار مربوط به تیمار ۶۰۰ میکرومول بر مترمربع در ثانیه و گونه آفریقایی و کمترین مرتبط با شدت نور ۱۸۰۰ میکرومول بر مترمربع در ثانیه و گونه فرانسوی بود (شکل ۲e,f و ۳c). نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل نشان داد که با افزایش شدت نور، وزن خشک ساقه در گونه آفریقایی افزایش و وزن خشک ریشه این گونه کاهش یافت ولی تأثیر معنی‌داری بر گونه فرانسوی نداشت. بیشترین وزن خشک ساقه مربوط به شدت نور ۱۲۰۰ میکرومول بر مترمربع در ثانیه و گونه آفریقایی بود. همچنین بیشترین وزن خشک ریشه در شدت نور ۶۰۰ میکرومول بر مترمربع در ثانیه و گونه آفریقایی مشاهده شد (شکل ۲g,h). مقایسه میانگین اثرات متقابل نشان داد که با کاهش شدت نور وزن تر و خشک گل در گونه آفریقایی افزایش یافته ولی تأثیر معنی‌داری بر گونه فرانسوی نداشته است. بیشترین وزن تر و خشک گل مربوط به گونه آفریقایی در شدت نور ۶۰۰ میکرومول بر مترمربع در ثانیه بود (شکل ۳a,b).

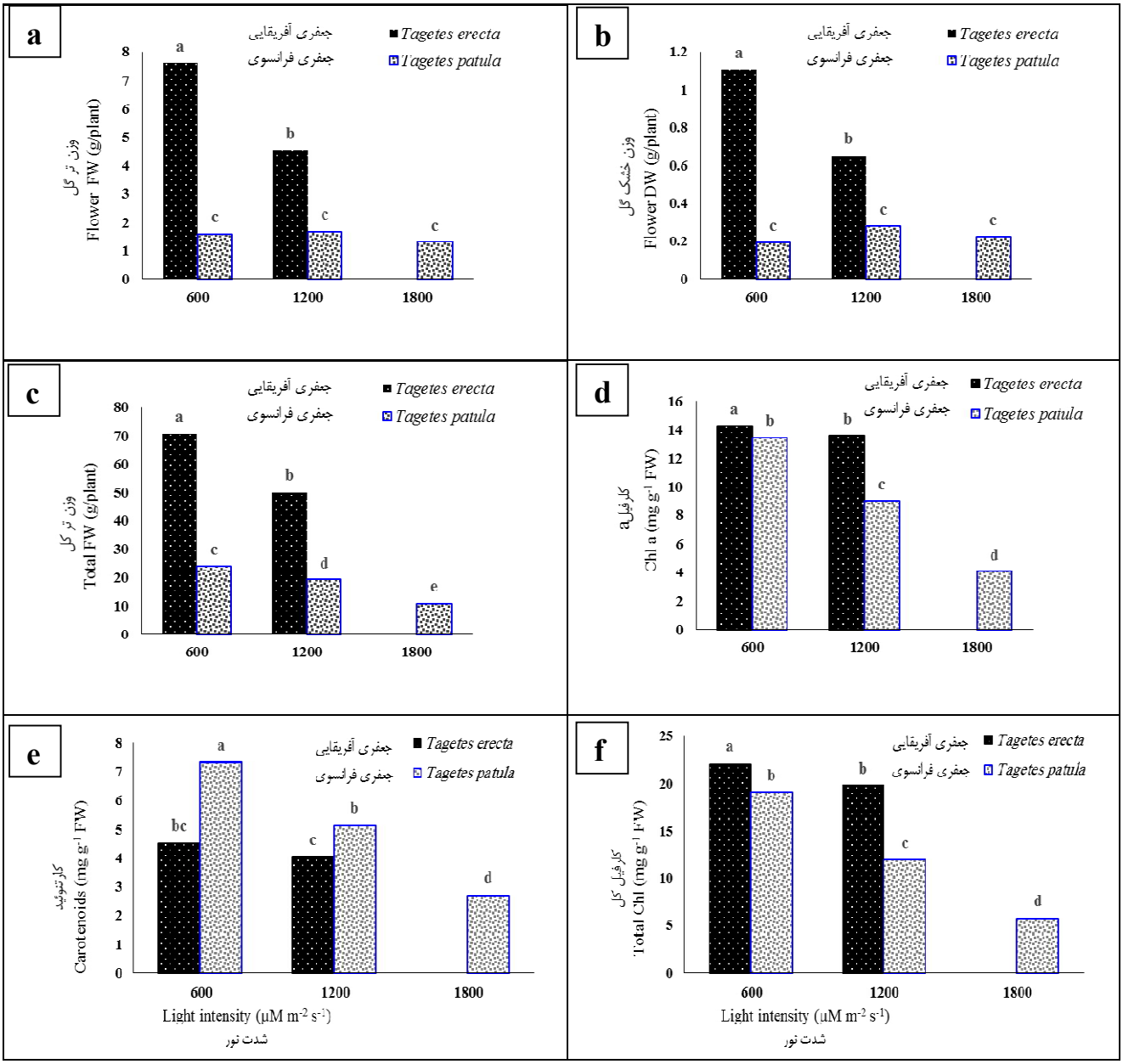
صفات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی

محتوای نسبی آب: نتایج تجزیه واریانس (جدول ۱) نشان داد که سطح‌های مختلف شدت نور، گونه و برهمکنش بین شدت نور و گونه بر روی صفت محتوای نسبی آب اختلاف معنی‌داری نشان نداد.

کلروفیل a، کلروفیل b، کارتنوئید و کلروفیل کل: نتایج تجزیه واریانس (جدول ۱) نشان داد اثرات اصلی شدت نور و گونه بر کلروفیل a، کلروفیل b، کارتنوئید و کلروفیل کل در سطح آماری ۰/۰۱ تفاوت معنی‌دار داشت. مقایسه میانگین این صفات نشان داد با کاهش شدت نور میزان کلروفیل a، کلروفیل b، کارتنوئید و کلروفیل کل افزایش یافت. همچنین گونه آفریقایی نسبت به گونه فرانسوی کلروفیل a، کلروفیل b و کلروفیل کل بیشتر و کارتنوئید کمتری داشت (جدول ۲). نتایج تجزیه واریانس (جدول ۱) نشان داد، اثر متقابل شدت نور و گونه به جز کلروفیل b روی بقیه صفات این بخش معنی‌دار شد. مقایسه میانگین اثرات متقابل نشان داد که با افزایش شدت نور، کلروفیل a و کلروفیل کل در هر دو گونه کاهش یافت و بیشترین مقدار مربوط به تیمار ۶۰۰ میکرومول بر مترمربع در ثانیه و گونه آفریقایی بود (شکل ۳d,f). همچنین مقایسه میانگین اثرات متقابل نشان داد که با افزایش شدت نور، کارتنوئید در گونه فرانسوی کاهش یافت ولی تأثیر معنی‌داری بر گونه آفریقایی نداشت. بیشترین میزان کارتنوئید مربوط به شدت نور ۶۰۰ میکرومول بر مترمربع در ثانیه و در گونه فرانسوی بود(شکل ۳e).

بحث

نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که با کاهش شدت نور ارتفاع، طول میانگره، قطر ساقه، تعداد برگ، طول ریشه، تعداد شاخه‌های جانبی، عمر و قطر گل افزایش یافت. سایه‌دهی عموماً به عنوان ابزاری در کشت گیاهان باغبانی استفاده می‌شود که با تغییر شرایط مطلوب می‌تواند بر رشد و نمو گیاه تأثیر بگذارد (۲۹ و ۳۰) و این بارزترین اثر سایه بر ویژگی مورفولوژیک گیاه است (۳۶). همچنین سایه‌دهی باعث تغییر در طول موج نوری می‌شود که این تغییر، می‌تواند بر رشد و ریخت‌شناسی گیاه اثر بگذارد (۳۷). مقدار سایتوکنین داخلی در شاخساره‌های قرار گرفته در سایه کم‌تر از شاخساره‌های قرار گرفته در معرض نور است (۳۹). این امر نشان می‌دهد، سایه ممکن است سبب غیرفعال شدن سایتوکنین داخلی شود، در نتیجه کاهش قابل توجهی در تعداد شاخساره جانبی در سایه مشاهده می‌شود (۳۸). شدت نور بیش از حد می‌تواند بر رشد رویشی گیاهان اثر منفی داشته باشد و همچنین در این شرایط گیاهان برگ کمتری تولید می‌کنند و اندازه برگ کوچکتر می‌شود (۲۴). در پژوهش حاضر نیز در شدت نور زیاد (۱۸۰۰ میکرومول بر مترمربع در ثانیه) به دلیل ایجاد تنش، فتوسنتز و رشد رویشی کاهش یافته و تعداد برگ نیز کمتر شده است. با افزایش سطح سایه، ارتفاع گل میخک (*Dianthus caryohyllus*) افزایش و تعداد برگ کاهش یافت (۱۵).



شکل ۳- اثر متقابل شدت نور × گونه بر وزن تر گل (a)، وزن خشک گل (b)، وزن تر کل (c)، کلروفیل a (d)، کارتنوئید (e) و کلروفیل کل (f) گل جعفری. میانگین‌های با حداقل یک حرف مشترک دارای اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون LSD نیستند.

Figuer 3- Interaction of light intensity and species on flower fresh weight (a), flower dry weight (b), total fresh weight (c), chloroghyll a (d), carotenoids (e) and total chloroghyll (f) of marigold. Means with the same letter in each treatment are not significantly different at 5% of probability level-using LSD test.

پژوهش کرمنو و همکاران (۵) نشان داد که کاهش متوسط نور، باعث افزایش ارتفاع گل داوودی شده است. ژائو و همکاران (۳۶) گزارش نمودند که ارتفاع، قطر ساقه، تعداد برگ و تعداد شاخه در گل صدتومانی (*Paeonia lactiflora* Pall) با افزایش سایه کاهش پیدا کرده که با نتایج پژوهش حاضر متناقض می‌باشد، که نشان دهنده واکنش متفاوت گیاهان مختلف به شدت نور می‌باشد. در مطالعه‌ای دیگر با وجودی که سایه‌دهی ارتفاع گل سیکلامن (*Cyclamen persicum*) را کاهش داد، اما اثر معنی‌داری بر تعداد برگ این گیاه نداشت (۳۲).

نتایج بررسی‌های مختلف نشان می‌دهد که میزان شدت نور می‌تواند بر مشخصات ظاهری گیاهان تأثیر بگذارد، به گونه‌ای که در برخی از گیاهان وزن تر و خشک اندام هوایی دچار تغییر می‌شود. در

این پژوهش میزان وزن تر و خشک برگ، ساقه، گل، ریشه و کل با افزایش شدت نور، کاهش یافت که این می‌تواند به دلیل اثر منفی شدت نور زیاد در فتوسنتز و رشد رویشی گیاه باشد. این نتایج همسو با هاتامیان و همکاران (۱۳) می‌باشد که اظهار داشتند، وزن تر و خشک ساقه، برگ و ساقه گل‌دهنده دو واریته رز با افزایش شدت نور کاهش یافت، اما در آزمایش این محققین با افزایش شدت نور وزن تر و خشک گل افزایش یافت. در پژوهش ژانلوین و زیسلین (۱۰) نیز کاربرد سایه (۴۰ درصد) باعث افزایش معنی‌داری در وزن تر و خشک جوانه‌های گل رز در مقایسه با شاهد (در معرض نور) شد. اما در گل رز رقم آوالانژ۱ افزایش سایه‌دهی به‌طور معنی‌داری وزن تر و خشک شاخه گل‌دهنده را کاهش داد (۸). در شرایط تابش کم، ATP کافی برای تثبیت کربن و بیوسنتز کربوهیدرات تولید نمی‌شود که این منجر به کاهش رشد گیاه می‌شود (۲۹).

نتایج پژوهش حاضر نشان داد با کاهش شدت نور میزان کلروفیل a، کلروفیل b و کلروفیل کل افزایش یافت. گیاهان موجود در آفتاب، کلروفیل کمتری نسبت به گیاهان موجود در سایه دارند. گیاهان رشد یافته در سایه، نور کمتری برای فتوسنتز دریافت می‌کنند، در نتیجه ملزم به افزایش سطح برگ و مقدار رنگیزه‌ها در برگ خود هستند تا بتوانند تا حدودی این کمبود نور را جبران کنند. درنتیجه مقدار کلروفیل در آن‌ها افزایش می‌یابد (۱۲). مطالعات قبلی نشان داده است که سایه می‌تواند تا حد زیادی محتویات رنگدانه‌های فتوسنتزی برگ را تغییر دهد، به‌طوری‌که کلروفیل کل و نسبت a/b شاخص مهم برای ارزیابی تحمل گیاه سایه‌دار بوده و گیاهان متحمل به سایه محتوای کلروفیل کل بالا دارند و نسبت کلروفیل a/b پایینی دارند (۳۳ و ۳۴). از سویی شدت نور زیاد سبب تخریب رنگدانه‌های فتوسنتزی می‌شود که این امر منجر به آسیب و کاهش رشد گیاه می‌شود. در پژوهش ژائو و همکاران (۳۶)، پیرز و همکاران (۲۲) میزان کلروفیل با افزایش سطح سایه افزایش یافته که با مطالعات این پژوهش همسویی دارد. در پژوهش دولت‌خواهی و همکاران (۷) که اعمال سایه‌دهی را در شرایط گلخانه انجام داده‌اند، نتایج نشان داد میزان کلروفیل a، کلروفیل b و کلروفیل کل با افزایش سطح سایه کاهش یافت اما پژوهش حاضر در شرایط فضای آزاد انجام گرفته است که باعث می‌شود شدت نورها متفاوت شود و نتایج این دو پژوهش همسو نباشند. همچنین میزان کارتنوئید نیز با کاهش شدت نور افزایش یافت. در بافت‌های فتوسنتزی، کارتنوئید عامل حفاظتی محسوب می‌شود و از اکسید شدن مولکول‌های کلروفیل در حضور نور و اکسیژن جلوگیری می‌کند.

هاتشویو و وحم (۱۵) با بررسی اثر سطح‌های مختلف سایه (صفر، ۲۰، ۴۰، ۶۰ و ۷۰ درصد) روی گل میخک (*Dianthus caryohyllus*) به این نتیجه رسیدند که بیشترین قطر گل مربوط به سایه ۲۰ درصد بود. پژوهش هاتامیان و همکاران (۱۴) نشان داد که بیشترین مقدار قطر گل دو رقم گل رز مربوط به شدت نور ۵۲۰ میکرومول بر مترمربع بر ثانیه نسبت به تیمارهای ۲۴۰، ۶۴۰ و ۱۲۰۰ (شاهد) بوده است. پژوهش ژائو و همکاران (۳۶) روی گل صدتومانی (*Paeonia lactiflora* Pall) نشان داد که عمر گل در سایه نسبت به نور کامل بیشتر بود.

محتوای نسبی آب برگ معیار مناسبی جهت بررسی وضعیت آبی گیاه می‌باشد (۱۶). با اعمال تنش خشکی محتوای نسبی آب (RWC) در گیاهان کاهش می‌یابد که این کاهش RWC بر رشد و نمو گیاه تأثیر زیادی خواهد داشت (۲۹). در مطالعه حاضر با توجه به اینکه هدف بررسی شدت نور بود، لذا میزان آب خاک در حد ظرفیت زراعی در نظر گرفته شده، بنابراین تأثیر شدت نور بر محتوای نسبی آب (RWC) معنی‌دار نشد.

با بررسی تمامی ویژگی‌های مورد مطالعه این احتمال وجود دارد که شدت نور زیاد از طریق تنش اکسیداتیو تأثیراتی بر رشد و نمو دو گونه جعفری مورد مطالعه داشته است، به گونه‌ای که در شدت نور زیاد علاوه بر کاهش ویژگی‌های رشدی باعث از بین رفتن گونه آفریقایی شد.

نتیجه‌گیری کلی

به‌طور کلی نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد که افزایش شدت نور که معمولاً در اواخر بهار و تابستان اتفاق می‌افتد سبب شده است که رشد دو گونه جعفری آفریقایی و فرانسوی کاهش یابد. با این وجود گونه آفریقایی به میزان بیشتری تحت تأثیر قرار گرفته است، لذا حساسیت بیشتری به شدت نور بالا دارد و با توجه به نتایج این مطالعه، تنها در سایه درختان و هر مکان دیگری که شدت نور کمتری داشته باشد قابل توصیه جهت کاشت می‌باشد. شرایط رشد و گل‌دهی گونه فرانسوی متفاوت بود و حتی در شدت نور بالا نیز به رشد و نمو خود ادامه داد و لذا چنانچه کشت و انتقال گیاهان به زمین اصلی دچار وقفه شود، امکان کشت این گونه وجود دارد. لذا در مناطق شهری با شدت نور و حتی دمای بالا (مانند خرم‌آباد) قابل کشت و توصیه است، اگرچه در کشت دیرهنگام، کاشت این گونه نیز در مناطق دارای سایه رشد بهتری را خواهد داشت. نکته قابل ذکر عمر گل گونه آفریقایی (۱۳ روز) می‌باشد که در مقایسه با گونه فرانسوی (۱۰/۳۳) به طور معنی‌داری بیشتر است (جدول ۲) و لذا اگر شدت نور زیاد نباشد، با توجه به بیشتر بودن عمر گل گونه آفریقایی کاشت این گونه در این شرایط قابل توصیه است.

1- *Rosa hybrid* cv. Avalanche

سپاسگزاری

در پایان از دانشگاه لرستان که در تأمین هزینه‌های مطالعه انجـام شده همکاری و مساعدت لازم را داشتند، نویسندگان کمـال تشـکر و قدردانی را دارند.

منابع

1. Adams P., Nelson D.E., Yamada S., Chmara W., Jensen R.G., Bohnert H.J. and Griffiths H. 1998. Growth and development of *Mesembryanthemum crystallinum* (Aizoaceae). New Phytologist, 138(2): 171-190.
2. Bertamini M., Muthuchelian K., Rubinigg M., Zorer R., Velasco R. and Nedunchezhian N. 2006. Low-night temperature increased the photo inhibition of photosynthesis in grapevine (*Vitis vinifera* L. cv. Riesling) leaves. Environmental and Experimental Botany, 57(1): 25-31.
3. Boyer J.S. 1982. Plant productivity and environment. Science, 218 (4571): 443-448.
4. Cavagnaro J.B. and Trione S.O. 2007. Physiological, morphological and biochemical responses to shade of *Trichloris crinita*, a forage grass from the arid zone of Argentina. Journal of Arid Environments, 68(3): 337-347.
5. Cermeno P., Sotomayor J.A., Serrano Z. and Escobar A.I. 2001. The effects of solar radiation on *Dendranthema*. Acta Hortrticulturae, 559: 339–344.
6. Dai Y., Shen Z., Liu Y., Wang L., Hannaway D. and Lu H. 2009. Effects of shade treatments on the photosynthetic capacity, chlorophyll fluorescence and chlorophyll content of *Tetrastigma hemsleyanum* Diels et Gilg. Environmental and Experimental Botany, 65(2): 177-182.
7. Dolatkhahi A., Matloobi M., Motallebiazar A. and Vahdati N. 2013a. Shading impact on qualitative characteristics and chlorophyll content of cut rose (*Rosa hybrid* cv. Avalanche). Journal of Ornamental Plants, 3(4): 215-220.
8. Dolatkhahi A., Mtluby M. and Mtlbyazr A. 2013b. Responses of arching and traditional training systems to shading in cut roses (*Rosa hybrida* cv. Avalanche). Journal of Science and Technolog of Greenhouse Culture, 5(18):115-121. (In Persian)
9. Funk V.A., Chan R. and Holland A. 2007. *Cymbonotus* (Compositae: Arctotideae, Arctotidinae): an endemic Australian genus embedded in a southern African clade. Botanical Journal of the Linnean Society, 153: 1-8.
10. Ganelevin R. and Zieslin N. 2000. Effects of flower bud shading on growth and development of rose flowers. In III International Symposium on Rose Research and Cultivation, 547: 403-412.
11. Ghasemi Ghasareh M. and Kafi M. 2009. Scientific and practical flowering. Razavi Publications (1): Pp313. (In Persian)
12. Hamerlynck E.P., Tuba Z., Csintalan Z., Nagy Z., Henebry G. and Goodin D. 2000. Diurnal variation in photochemical dynamics and surface reflectance of the desiccation-tolerant moss, *Tortula ruralis*. Plant Ecology, 151(1): 55-63.
13. Hatamian M., Arab M. and Roozban M. 2014a. Photosynthetic and non-photosynthetic pigments of two rose cultivars under different light intensities. Journal of Crops Improvement, 16 (2): 259-270. (In Persian)
14. Hatamian M., Arab M., Roozban M. and Salehi H. 2014b. Evaluation of growth and developmental characteristics of two rose cultivars as influenced by different levels of shading. Iranian Journal of Horticultural Science and Technology, 15(3): 331-344. (In Persian)
15. Hlatshwayo M.S. and Wahome P.K. 2010. Effects of shading on growth, flowering and cut flower quality in carnation (*Dianthus caryophyllus*). Journal of Agriculture and Social Sciences, 6(2): 34-38.
16. Kaya M.D., Okçu G., Atak M., Çıkılı Y. and Kolsarıcı O. 2006. Seed treatments to overcome salt and drought stress during germination in sunflower (*Helianthus annuus* L.). European Journal of Agronomy, 24(4): 291-295.
17. Kotilainen M., Helariutta Y. and Mehto M. 1999. GEG participates in the regulation of cell and organ shape during corolla and carpel development in Gerbera hybrida. The Plant Cell, 11(6): 1093-1104.
18. Lichtenthaler H.K. 1987. Chlorophylls and cartenoides: pigments of hotosynthetice biomembranes. Method in Enzymol, 148: 350-382.
19. Lorrain S., Allen T., Duek P.D., Whitelam G.C. and Fankhauser C. 2008. Phytochrome-mediated inhibition of shade avoidance involves degradation of growth-promoting bHLH transcription factors. The Plant Journal, 53(2): 312-323.
20. Meng Q. and Runkle E.S. 2017. Moderate-intensity blue radiation can regulate flowering, but not extension growth, of several photoperiodic ornamental crops. Environmental and Experimental Botany, 134: 12-20.
21. Moe R. and Kristoffersen T. 1968. The effect of temperature and light on growth and flowering of Rosa 'Baccara' in greenhouses. In Symposium on Flower Regulation in Florist Crops, August. 14: 157-166.
22. Pires M.V., Almeida A.A., Figueiredo A.L., Gomes F.P. and Souza M.M. 2011. Photosynthetic characteristics of

ornamental passion flowers grown under different light intensities. Photosynthetica, 49(4): 593-602.

23. Priyanka D., Shalini T. and Navneet V.K. 2013. A brief study on marigold (*Tagetes species*). A review. International Research Journal of Pharmacy, 4(1): 43-48.
24. Rhie Y.H., Lee S.Y., Jung H.H. and Kim K.S. 2014. Light intensity influences photosynthesis and crop characteristics of (*Jeffersonia dubia*). Horticultural Science and Biotechnology, 32(5):584-589.
25. Ritchie S.W. and Hanson A.D. 1990. Leaf water content and gas exchange parameters of two wheat genotypes differing in drought resistance. Crop Science, 30: 105-111
26. Romagnoli C., Bruni R., Andreotti E., Rai M.K., Vicentini C.B. and Mares D. 2005. Chemical characterization and antifungal activity of essential oil of capitula from wild Indian *Tagetes patula* L. Protoplasma, 225(1-2): 57-65.
27. Romagnoli C., Mares D., Fasulo M.P. and Bruni A. 1994. Antifungal effects of α-terthienyl from *Tagetes patula* on five dermatophytes. Phytotherapy Research, 8(6): 332-336.
28. Sairam R.K. and Srivastava G.C. 2001. Water stress tolerance of wheat (*Triticum aestivum* L.): variations in hydrogen peroxide accumulation and antioxidant activity in tolerant and susceptible genotypes. Journal of Agronomy and Crop Science, 186(1): 63-70.
29. Shao Q., Wang H., Guo H., Zhou A., Huang Y., Sun Y. and Li M. 2014. Effects of shade treatments on photosynthetic characteristics, chloroplast ultrastructure, and physiology of *Anoectochilus roxburghii*. Plos One, 9(2): e85996.
30. Song R., Kelman D., Johns K.L. and Wright A.D. 2012. Correlation between leaf age, shade levels and characteristic beneficial natural constituents of tea (*Camellia sinensis*) grown in Hawaii. Food Chemistry, 133(3): 707-714.
31. Tian Z., Wang F., Zhang W., Liu C. and Zhao X. 2012. Antioxidant mechanism and lipid peroxidation patterns in leaves and petals of marigold in response to drought stress. Horticulture, Environment and Biotechnology, 53(3): 183-192.
32. Villegas E., Perez M. and Lao M.T. 2005. Influence of lighting levels by shading cloths on *Cyclamen persicum* quality. In V International Symposium on Artificial Lighting in Horticulture, 711: 145-150.
33. Wittmann C., Aschan G. and Pfanz H. 2001. Leaf and twig photosynthesis of young beech (*Fagus sylvatica*) and aspen (*Populus tremula*) trees grown under different light regime. Basic and Applied Ecology, 2(2): 145-154.
34. Zhang B.B., Jiang W.B., Weng M.L. and Han J. 2009. Research progress on photosynthetic characteristics of horticulture and landscape tree species under shading condition. Nonwood Forest Research, 27(3): 115-119.
35. Zhang S., Ma K. and Chen L. 2003. Response of photosynthetic plasticity of Paeonia suffruticosa to changed light environments. Environmental and Experimental Botany, 49(2): 121-133.
36. Zhao D., Hao Z. and Tao J. 2012. Effects of shade on plant growth and flower quality in the herbaceous peony (*Paeonia lactiflora* Pall.). Plant Physiology and Biochemistry, 61: 187-196.
37. Zieslin N. and Moe R. 1985. Rosa. p. 280-287. In: A.H. Halevy, (ed.). Handbook of Flowering. CRC Press, Boca Raton, FL. 723 p.
38. Zieslin N. and Mor Y. 1990. Light on roses. A review. Scientia Horticalturae, 43: 1-14.
39. Zieslin N. and Tsujita M.J. 1990. Response of miniature rose to supplementary illumination. II. Effect of stage of plant development and cold storage. Scientia. Horticalturae, 42: 123-131.

Journal of Horticultural Science
Vol. 32, No.2, Summer 2018, P. 311-325
ISSN: 2008 - 4730

نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۲، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۷، ص. ۳۲۵-۳۱۱
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

Effect of Light Intensity on Morpho-PhysiologicalTraits and Flowering of *Tagetes patula* and *T. erecta* under Late Season Planting Conditions

M. Mahdavifard[1] – A. Rezaei Nejad[2] – S. Mousavi-Fard[3*]

Received: 25-10-2017
Accepted: 04-07-2018

Background and Objectives: Marigold species(*Tagetes* spp.) are ornamental plants which belong to Asteraceaefamily and their geographical dispersal occur mainly in temperate regions. Climate conditions, soil nutritional properties and water are considered as three important factors for plant growth. The majority of these plants are cultivated as bedding plant, flowerbed edging and mass planting from January through May in spring and early summer. During this period, plants are exposed to a wide range of temperature and light conditions. Light is an absolute requirement for plant growth and development. However, different plants have optimum requirements and both deficient and excessive light intensities are injurious. The aim of this study was to investigate the effect of different light intensity on the growth and flowering of two species of the Marigold under the late season planting dates, conditions in which young plants have to grow under high light intensity.

Material and Methods: In order to evaluate the effect of light intensity on the growth and flowering of two species of marigold (*Tagetes erecta*and*Tagetes patula*), an experiment was conducted at the research station of Lorestan University (Khorramabad, Iran) in 2016. The experimental design was a split plot based on a completely randomized design with three replications. The treatments were consisted of three light intensity levels (600, 1200 and 1800 µmol m^{-2} s^{-1}) as main factor and two species of marigold as a sub-plot factor. F1 seeds were growninto the pots containing equal amount of soil, sand and manure. Different levels of light intensities (1200 and 600 µmol m^{-2} s^{-1}) were achieved by shading with one or two thin layers of green screen (Saran), respectively. Control plants were grown under natural light condition (no shading) with light intensity of about 1800 µmol m^{-2} s^{-1}. The shading was applied at the two leaf stage until the end of the experiment. Plant height, stem diameter, numbers of axillary shoots, root length, internode length, leaf number, flower diameter, flower vase life, peduncle diameter, root, shoot and total dry and fresh weights, relative water content, chlorophyll and carotenoid content were measured at the flowering stage.

Results: The result of the present study showed that the effects of light intensity, species and their interaction effects were significant for plant height, leaf number, root length, flower diameter, leaf fresh weight, flower fresh weight, total fresh weight, leaf dry weight, stem dry weight, root dry weight, flower dry weight, chlorophyll a, carotenoids and total chlorophyll.The main effects of light intensity and species had also significant effects on stem diameter, flower vase life, stem fresh weight, root fresh weight, total dry weight and chlorophyll b. The highest mean of the most traits was found in plants grown under 600 µmol m^{-2} s^{-1}, followed by that in 1200 µmol m^{-2} s^{-1}. The mean comparison revealed that with increasing light intensity, plant height decreased in both cultivars. With decreasing light intensity, flower fresh and dry weight increased in *T. erecta*, while no differences were found in those of *T. patula*. The highest flower fresh and dry weight was found in *T. erecta* plants grown under 600 µmol m^{-2} s^{-1}.In the present study, high light intensity had a detrimental effect on *T.erecta* as all plants died under the 1800 µmol m^{-2} s^{-1} level. However, under 600 or 1200 µmol m^{-2} s^{-1}*T. erecta* performed much better than *T. patula*in most studied traits.

Discussions: The obtained results showed that by decreasing light intensity, plant height, internode length, stem diameter, leaf number, root length, number of axillary shoots, flower vase life and flower diameter increased which revealed that marigold is a sensitive plant to light intensity in late planting date, and so suitable planting date is very important for good performance of this plant. The responses of various species of marigold were different to light intensity and also toplanting date. Although the mean of most traits in *T. erecta*was higher compared to *T. patula*, *T. erecta* was more sensitive to light intensity compared to *T. patula*since high light

1, 2 and 3- M.Sc. Student, Associate Professor and Assistant Professor, Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agriculture, Lorestan University, Khorramabad, Iran
(*- Corresponding Author Email : Sadeghmosavifard@gmail.com)

intensity could kill the *T. erecta*. Considering all the investigated traits, there is a possibility that high light intensity can affect marigold growth and development through oxidative stress. The results of present study suggest that, in late season planting conditions, *T. patula* and *T. erecta*are recommended for sunny and shaded area, respectively.

Keywords: Chlorophyll, Flower vase life, Survival, *Tagetespatula*