

نشریه پژوهشی:

تأثیر سایه‌بان‌های رنگی بر صفات مورفولوژیک و فیزیولوژیک همیشه بهار، بنفشه، آگلونما و کروتون

سیده خدیجه عباس نیای زارع^۱، محمدنقی پاداشت دهکایی^{۲*}، شهرام صداقت حور^۳ و داود هاشم آبادی^۳

۱. دانش‌آموخته دکتری علوم باغبانی، واحد رشت، دانشگاه آزاد اسلامی، رشت، ایران

۲. استادیار، بخش تحقیقات زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان گیلان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، لاهیجان، ایران

۳. دانشیار، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد رشت، رشت، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۸/۲۶ - تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۱/۱۰)

چکیده

گروه جدیدی از سایه‌بان‌های رنگی به نام سایه‌بان‌های نورگزین (Photo-Selective Netting) در حال گسترش هستند که می‌توانند بر کیفیت و کمیت نور دریافتی توسط گیاهان مؤثر باشند و در عین حال حفاظت مطلوبی از آنها نیز به عمل آورند. لذا جهت بررسی کاربرد سایه‌بان‌های رنگی (قرمز، سبز و زرد) بر ویژگی‌های مورفولوژیک و فیزیولوژیک همیشه بهار، بنفشه، کروتون و آگلونما دو آزمایش جدا از هم در دو فصل زمستان و بهار در ایستگاه تحقیقات گل و گیاه زینتی لاهیجان انجام شد. صفات مورفولوژیک مورد ارزیابی شامل ارتفاع گیاه، وزن تر و خشک شاخساره و صفات فیزیولوژیک شامل کلروفیل، کاروتنوئید، آنتوسیانین، فلاونوئید، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی، آنزیم‌های کاتالاز و پراکسیداز بودند. نتایج نشان داد سایه‌بان زرد باعث افزایش قدرت رویشی گیاهان شد. اثرات متقابل سایه‌بان و گونه گیاه نشان داد بیشترین میزان ارتفاع گیاه، میزان کلروفیل و میزان کاروتنوئید گیاه مربوط به تیمار سایه‌بان زرد و بنفشه بود. بیشترین میزان آنتوسیانین، کاروتنوئید و کاتالاز تحت سایه‌بان قرمز و بیشترین میزان کلروفیل کل تحت سایه‌بان قرمز و زرد در کروتون و آگلونما به دست آمد. نتایج این تحقیق نشان داد کاربرد سایه‌بان‌های رنگی در مقایسه با عدم استفاده از سایه‌بان، سبز و بدون سایه‌بان بود و تأثیر مطلوب‌تری بر رشد گیاهان داشته است.

واژه‌های کلیدی: آنتی‌اکسیدان، آنتوسیانین، سایه‌بان زرد، نورگزین.

The effect of different colored netting on morphological and physiological traits of common marigold, violet, croton and aglaonema

Seyedeh Khadijeh Abbasnia Zare¹, Mohammad Naghi Padasht Dahkai^{2*}, Shahram Sedaghatoor³ and Davood Hashemabadi³

1. Ph.D. Graduated in Horticulture Science, Rasht Branch, Islamic Azad University, Rasht, Iran

2. Assistant Professor of Horticulture Crops Research Department, Gilan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Lahijan, Iran

3. Associate Professor, Islamic Azad University, Rasht Branch, Rasht, Iran

(Received: Nov. 16, 2020 - Accepted: Jan. 30, 2022)

ABSTRACT

A new group of colored shades called photo-selective netting shades are being developed, which can affect the quality and quantity of light received by the plants, and at the same time provide optimal protection for them. Therefore, in order to investigate the use of colored shades (red, green and yellow) on the morphological and physiological characteristics of marigold, violet, croton and aglaonema, two separate experiments were carried out in winter and spring at Lahijan Flower and Ornamental Plants Research Station. The evaluated morphological traits included: plant height, fresh and dry weight of shoot and physiological traits included chlorophyll, carotenoid, anthocyanin, flavonoid, antioxidant capacity and catalase and peroxidase enzymes. The results showed that the yellow shade increased the vegetative power of the plants. The interaction effects of shade and plant species showed that the highest plant height, chlorophyll content and carotenoid content of the plant were related to yellow shade and violet treatment. The results showed that the highest amount of anthocyanin, carotenoid and catalase was obtained under the red shade and the highest amount of total chlorophyll was obtained under the red and yellow shades in croton and aglaonema. The results of this research showed that the use of colored shades compared to not using shades created more favorable growth conditions for plants. Also, the yellow and red shades were better for the growth of the tested plants than the green shades and no shade and had a more favorable effect on the growth of the plants.

Keywords: Antioxidant, anthocyanin, photo-selective, yellow netting.

* Corresponding author E-mail: padasht45@gmail.com

مقدمه

کشور ایران در منطقه‌ای واقع شده که به لحاظ دریافت انرژی خورشیدی در بین نقاط مختلف جهان در بالاترین رده‌ها قرار دارد. میزان تابش خورشیدی در ایران بین ۱۸۰۰ تا ۲۲۰۰ کیلووات ساعت بر متر مربع در سال تخمین زده شده است که البته بالاتر از میزان متوسط جهانی است (Safaii et al., 2005). در ایران به طور متوسط سالانه بیش از ۲۸۰ روز آفتابی گزارش شده است که بسیار قابل توجه می‌باشد ولی در عین حال استفاده از سایه‌اندازی و کنترل تابش ورودی در هنگام استفاده از نور خورشید را اجتناب‌ناپذیر می‌سازد. ایران، کشوری وسیع باتنوع آب و هوایی است. از ۱۴ گونه اقلیم آب و هوایی شناخته شده در جهان، ایران ۱۲ نوع آن را در نقاط مختلف کشور دارا می‌باشد (Forghani & KianiAbri, 2005). استان گیلان به سبب ویژگی‌های جوی و اقلیمی، در تمام ماه‌های سال دارای پوشش ابری قابل ملاحظه‌ای می‌باشد و به طور متوسط بیش از نیمی از سال آسمان به طور کامل پوشیده از ابر است، اما به طور کلی میزان ساعات آفتابی در استان گیلان نیز قابل توجه است. میانگین ساعت آفتابی برای کل استان در سال ۱۳۹۶ (۷/۷۹۹ ساعت) و برای شهرستان لاهیجان (۷۴۶ ساعت) و در سال ۱۳۹۷ برای کل استان گیلان (۳/۶۹۶ ساعت) و شهرستان لاهیجان (۱/۵۸۹ ساعت) گزارش شده است (Agricultural Meteorology, 2018). اثرات گرمایش جهان که هم‌اکنون نیز شروع شده است احتمالاً باعث افزایش بروز اختلال در گیاهان خواهد شد (Ilić et al., 2012). بنابراین برای افزایش تولید و کیفیت گیاهان، معمولاً محیط رشد آنها دستکاری می‌شود (Dueck et al., 2016). به منظور افزایش عملکرد و کیفیت گیاهان زراعی، از دانش فعلی‌مان در مورد نحوه واکنش گیاهان به نور در بخش باغداری استفاده می‌شود. به همین منظور و به لطف اختراعات فناوریانه اخیر مانند طراحی توری‌های نورگزين (Demotes-Mainard et al., 2016) امروزه می‌توان کیفیت نور را دستکاری کرد (Flaishman et al., 2015).

همیشه بهار با نام علمی *Calendula officinalis* از

خانواده Asteraceae گیاهی زیبا، زینتی و دارویی با دوره طولانی گلدهی می‌باشد و آفتاب کامل را می‌پسندد و به نیم سایه نیز واکنش خوبی نشان می‌دهد (Omidbeigi, 2003). گل همیشه بهار یکی از گیاهان مهم دارویی بوده و نیز از جهت زینتی جز گیاهان نشایی و فصلی ارزشمند در زمینه طراحی فضای سبز شهری و گل‌گردانی است. هدف از کشت این گیاه، تولید دارو و مواد مؤثره موجود در گل‌ها و مخصوصاً در گلبرگ‌ها نیز می‌باشد (Martin, & Deo, 1999). بنفشه با نام علمی *Viola tricolor* از خانواده Violaceae، گیاهی چندساله است که به صورت یک ساله و دو ساله کشت و کار می‌شود و بویژه از اندام گل آن به عنوان گیاه دارویی مورد استفاده قرار می‌گیرد و همچنین به عنوان گیاه فصلی بویژه در فصل خنک نیز کاربرد فراوان دارد (Ghasemi Ghahsareh & Kafi, 2007). گیاه کروتون *Codiaeum variegatum* از خانواده Euphorbiaceae گیاهی سه کربنه، بومی نواحی گرم و مرطوب آمریکای جنوبی است. رنگ برگ‌های آن مخلوطی از سبز، سفید، زرد، قرمز، صورتی، سیاه و نارنجی می‌باشد و در خارج از رویشگاه اصلی به عنوان گیاه گل‌دانی برگ زینتی مورد استفاده قرار می‌گیرد و در مناطق مستعد دنیا در فضای آزاد نیز به عنوان درختچه زینتی کشت می‌شود (Ghasemi Ghahsareh & Kafi, 2007). آگلونما با نام علمی *Aglaonema commutatum* از خانواده Araceae است. گیاه بسیار زیبایی است با برگ‌های رنگ سبز-قرمز، ساقه‌ها کوتاه که به عنوان گیاه گل‌دانی برگ زینتی کاربرد فراوان دارد و این گیاه مقاومت خوبی در برابر سایه و خشکی دارد (Ghasemi Ghahsareh & Kafi, 2007). در ایران کاربرد سایبان برای پرورش و تولید آگلونما و کروتون الزامی است و برای همیشه بهار و بنفشه نیز با توجه به مناطق تولید کاربرد سایبان می‌تواند نقش موثری در پرورش این گیاهان داشته باشند، ولی در این تحقیق آنچه حایز اهمیت است تاثیر کاربرد سایبان‌های رنگی یا نورگزين در رشد و نمو این گیاهان است و می‌توان توصیه‌های کاربردی را به تولید کنندگان این گیاهان ارائه نمود.

استفاده از توری‌های نورگزين در تکنولوژی

درختی را تحریک کند. همچنین بررسی های دیگر نشان داد که تورهای سایه‌انداز آبی رنگ باعث کاهش رشد رویشی و تحریک پاکوتاهی (افزایش پاکوتاهی) در گیاهان برگ زینتی و گل‌های شاخه بریده شد. در حالی که تورهای قرمز و زرد رنگ که شدت نور آبی را کاهش می‌دهند تقویت و تحریک قدرت رویشی گیاه را سبب می‌شود. از بین سایه بان‌های زرد و قرمز رنگ، رنگ زرد به شدت اثرات تقویت کننده‌گی بیشتر از سایه بان قرمز داشت (Shahak et al., 2016). اثر تورهای رنگی مختلف (قرمز، سبز، سیاه و سفید با شدت سایه اندازی ۵۰٪) و شاهد (بدون توری) بر تولید و کیفیت گیاه زینتی کوردیلین *Cordyline terminalis* مورد بررسی قرار گرفت و اثر کنترل طیفی نور بر روی فیزیولوژی و رشد رویشی در مراحل مختلف رشد گیاه مورد ارزیابی واقع شد. نتایج نشان داد که گیاهانی که در زیر توری‌های رنگی رشد کردند، بدون توجه به نوع رنگ، برگ‌هایی با کیفیت خوب و بیوماس بیشتر تولید کردند (Kumar Gaurav et al., 2016). تحقیقات در زمینه توری‌های رنگی نورگزين در سطح دنیا جهت ارزیابی آنها روی گیاهان مناطق اقلیمی مختلف و روش‌های کشت مختلف به تدریج در سراسر دنیا در حال بررسی می‌باشد، با این حال، اطلاعات کمی در مورد تأثیر توری‌های سایه‌انداز نور انتخابی بر پارامترهای رشد گیاه در دسترس می‌باشد. لذا جهت بررسی تأثیر سایه‌بان‌های رنگی (قرمز، سبز و زرد) بر کمیت و کیفیت ۴ گیاه زینتی همیشه بهار، بنفشه، آگلونما و کروتون آزمایشی در ایستگاه تحقیقات گل و گیاه زینتی لاهیجان انجام شد.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی تغییرات نور ناشی از سایه‌بان‌های رنگی بر صفات فیزیولوژیک گیاهان همیشه بهار با نام علمی *Calendula officinalis* 'Indian prince'، بنفشه با نام علمی *Viola tricolor* 'Violas'، کروتون با نام علمی *Codiaeum variegatum* var 'pictum' و آگلونما با نام علمی *Aglaonema commutatum* 'Red Gold' دو آزمایش جداگانه به صورت کرت‌های خرد

گلخانه‌ای محصولات گیاهی از اوایل دهه ۲۰۰۰ در منطقه مدیترانه گسترش یا رواج پیدا کرده است و ابتدا به این نتیجه رسیدند که توری‌های رنگی مختلف مانند قرمز، زرد، آبی، خاکستری و صدفی اثر بیشتری بر تولید در باغات می‌گذارند. توری‌های انتخاب نوری (نورگزين) برای پوشش گیاهان به توری‌هایی اطلاق می‌شود که توان فیلتر گزینشی تشعشع خورشیدی دریافتی و همچنین حفاظت از گیاهان را دارند. بطور غالب از توری‌ها در حفاظت از محصولات کشاورزی در مقابل تشعشع خورشیدی بیش از حد (توری‌های سایه‌انداز)، صدمات محیطی (مانند توری‌های نگرگ) یا آفات (توری‌های ضدپرنده یا ضدحشره) استفاده می‌شود. تاکنون برای سایه‌اندازی بیشتر از توری‌های سیاه استفاده شده است و از توری‌های شفاف برای حفاظت در مقابل صدمات محیطی یا آفات استفاده می‌شد. گروه جدیدی از توری‌های حفاظتی گسترش پیدا کرده است که می‌توانند هم بر کیفیت و هم بر کمیت نوری که گیاهان در زیر آنها دریافت می‌کنند مؤثر باشند و در عین حال از آنها حفاظت مطلوب را به عمل آورند (Shahak et al., 2004).

به منظور اصلاح نور توسط توری‌های رنگی بر کیفیت تولید کاهو در طی تابستان آزمایشی انجام شد و بدین منظور اثرات استفاده از توری‌های رنگی بر تولید کاهو در فصل تابستان در شرایط آب و هوایی صربستان با استفاده از توری‌های صدفی، آبی، قرمز و سیاه در مقایسه با تولید کاهو در فضای باز مقایسه شد. توری‌های بکار رفته (با سایه اندازی ۵۰٪) به طور قابل توجهی تابش خورشید و تابش فعال فتوسنتزی کاهش داد. توری‌های رنگی هم طول دوره رشد و هم خواص مورفولوژیکی کاهو را تحت تأثیر قرار دادند (Ilić et al., 2017). تحقیقات نشان دادند که سایه‌بان زرد و قرمز و همچنین خاکستری مایل به آبی باعث افزایش قابل توجهی بارآوری فلفل شیرین (*Capsicum annuum*) در مقایسه با سایه‌بان‌های سیاه مرسوم شد. این نتایج به خاطر افزایش تعداد میوه تولیدی بر هر بوته در هر فصل تحت این سایه بان‌ها بود (Shahak, 2008). نتایج تحقیقات نشان داد که سایه بان زرد بیش از سایه‌بان قرمز توانست قدرت رویشی میخک

که یکی از شاخص‌های مهم رشد است. برای بدست آوردن وزن تر و خشک اندام‌ها، در انتهای آزمایش اندام‌های برداشت شده توزین شد و سپس ۲۴ ساعت در دمای ۱۰۵ درجه سانتیگراد در آون قرار داده شد و مجدداً وزن گردید. شاخص‌های فیزیولوژیک شامل: آنزیم‌های کاتالاز و پراکسیداز، آنتوسیانین، کلروفیل a، b و کل، کاروتنوئید، فلاونوئید و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی اندازه‌گیری شد.

برای اندازه‌گیری فعالیت آنزیم کاتالاز (CAT) ابتدا ۰/۰۱ مولار بافر فسفات (pH معادل ۷)، ۰/۵ میلی‌لیتر H_2O_2 ۰/۲ مولار، ۲ میلی‌لیتر معرف اسیدی (ترکیب دی کرومات اسید استیک) ۱ به یک گرم از بافت گیاهی که در ۴ میلی‌لیتر اتانول کوبیده شده بود، اضافه شد و سپس میزان جذب در طول موج ۶۱۰ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر قرائت شد (Chance & Maehly, 1995).

سنجش فعالیت آنزیم پراکسیداز (POD) به روش Addy & Goodman (1972) انجام شد. ترکیبی شامل ۳ میلی‌لیتر پیروگالول (۰/۰۵ M پیروگالول در ۰/۱ M بافر فسفات (pH معادل ۷) و ۰/۵ میلی‌لیتر H_2O_2 ۱٪ تهیه و به آن ۰/۱ میلی‌لیتر عصاره آنزیمی افزوده شد و سپس تغییرات جذب نور نمونه‌ها در طول موج ۴۳۰ نانومتر در هر ۳۰ ثانیه به مدت دو دقیقه اندازه‌گیری شد.

برای اندازه‌گیری میزان کلروفیل از تیمارهای مختلف نمونه‌برداری انجام شد. ۰/۵ گرم از نمونه توزین و در هاون چینی با ۵۰ سی‌سی استون ۸۰ درصد (۲۰ cc استون + ۲۰ cc آب مقطر) کوبیده شد. سپس عصاره حاصل از صافی رد شده و به حجم ۵۰ سی‌سی رسانده و در ظروف کوچک (کوت) ریخته شد. برای تعیین میزان کلروفیل از دستگاه اسپکتروفتومتر استفاده گردید. کلروفیل در ۲ طول موج ۶۴۳ و ۶۶۰ نانومتر خوانده شد. سپس اعداد خوانده شده در فرمول زیر قرار گرفته و مقادیر کلروفیل a، کلروفیل b و کلروفیل کل بدست آمد (Majumder & Mazumdar, 2003).

$(mg/g\ FW) = \frac{7}{112}(A_{660}) + \frac{16}{18}(A_{643})$ کلروفیل کل

$(mg/g\ FW) = \frac{9}{93}(A_{660}) - \frac{0}{777}(A_{643})$ کلروفیل a

$(mg/g\ FW) = \frac{17}{6}(A_{643}) - \frac{2}{81}(A_{660})$ کلروفیل b

شده انجام شد. این آزمایش در زمستان سال ۱۳۹۶ تا اواخر تابستان سال ۱۳۹۷ در گلخانه ایستگاه تحقیقات گل و گیاهان زینتی لاهیجان انجام پذیرفت. این مطالعه به صورت دو آزمایش جدا از هم در دو فصل زمستان و بهار انجام شد. آزمایش اول در زمستان به صورت کرت‌های خرد شده با دو عامل: عامل اصلی (A) شامل، سایه‌بان‌های رنگی در ۴ سطح (بدون توری، سبز، زرد و قرمز)، عامل فرعی (B) شامل، نوع گیاه در دو سطح شامل همیشه بهار و بنفشه بر پایه طرح بلوک کامل تصادفی، در ۳ تکرار انجام شد و آزمایش دوم در فصل بهار و تابستان عیناً تکرار شد ولی عامل فرعی (B) شامل دو نوع گیاه برگ زینتی یعنی آگلونما و کروتون بود. در هر پلات آزمایشی ۴ گیاه مورد آزمایش قرار گرفت. سایه‌بان‌های مورد استفاده از جنس پلی‌استر با سایه اندازی ۴۰٪ بود. هر سه سایه‌بان تراکم یکسانی داشتند، هر مش ۲/۵ میلی‌متر و تراکم در ۱ سانتیمتر مربع ۴×۴ بود.

در طی دوران رشد گیاه، شدت نور با استفاده از لوکس‌متر اندازه‌گیری شد که شدت نور در زیر سایه بان‌ها در روزهای ابری در محدوده‌ی ۴۰۰۰-۵۰۰۰ لوکس و بدون سایه بان ۶۰۰۰ لوکس و در روزهای آفتابی در زیر سایه‌بان در محدوده ۲۸۰۰۰-۲۰۰۰۰ لوکس و بدون سایه‌بان ۳۵۰۰۰-۳۰۰۰۰ لوکس بود، شایان ذکر است که پوشش گلخانه برای کلیه گیاهان تحت آزمایش پلی‌کربنات دو جداره به ضخامت یک سانتی بود و ثبت شدت نور در محدوده زمانی ۱۲ تا ۱۴ هر روز انجام شد. شدت نور مورد نیاز گیاه کروتون ۳۰۰۰ تا ۸۰۰۰ لوکس و گیاه آگلونما ۱۰۰۰ تا ۲۵۰۰ لوکس بوده و گیاه همیشه بهار و بنفشه نور کامل آفتاب تا نیم سایه می‌پسندند و نیازمندی آنها به گیاه کروتون نزدیک است (Dole & Wilkins, 1999).

در این آزمایش شاخص‌های رویشی از قبیل، ارتفاع گیاه، وزن تر و خشک شاخساره اندازه‌گیری شد. به منظور اندازه‌گیری ارتفاع یک هفته پس از استقرار گیاهان در گلدان اصلی ارتفاع اولیه اندازه‌گیری شد و در پایان آزمایش نیز ارتفاع نهایی اندازه‌گیری شد و تفاضل این دو اندازه‌گیری یادداشت شد و اختلاف ارتفاع یا ارتفاع واقعی در طول دوره رشد بدست آمد

نمونه‌ها پس از سرد شدن، توسط اسپکتروفوتومتر در طول موج ۳۰۰ نانومتر خوانده شد. برای محاسبه غلظت فلاونوئیدها، از ضریب خاموشی ۳۳۰۰۰ مول بر سانتی‌متر استفاده شد (Humadi & Istudor, 2008).

$$A = \varepsilon bc$$

ε = ضریب خاموشی معادل ۳۳۰۰۰ مول بر سانتی‌متر

b = عرض کوط برابر یک سانتی‌متر

c = مقدار فلاونوئید کل بر حسب مول بر گرم

A = مقدار جذب

به منظور سنجش میزان ظرفیت آنتی‌اکسیدانی، یک گرم از گیاه در فویل پیچیده و به مدت ۲ تا ۳ دقیقه در نیتروژن مایع قرار داده شد. سپس با ۱۰ میلی‌لیتر متانول ۸۵٪ سائیده شد و بعد به مدت یک ساعت نمونه‌ها در دمای اتاق قرار داده شد سپس نمونه‌ها از کاغذ صافی عبور داده شدند و به مدت ۵ دقیقه سانتریفیوژ شدند. از این مقدار ۱۵۰ میلی‌لیتر برداشته و به آن ۸۵۰ میکرولیتر DPPH (با غلظت ۰/۵ میلی‌مولار) اضافه گردید. محلول حاصل به سرعت به هم زده شد و سپس به مدت ۲۰ دقیقه در دمای اتاق در شرایط تاریکی نگهداری گردید. بعد از گذاشتن بلانک و بعد از صفر کردن دستگاه بار اول در کوات فقط DPPH ریخته شد و عدد قرائت شده یادداشت گردید. سپس نمونه با استفاده از دستگاه اسپکتروفوتومتر در طول موج ۵۱۷ نانومتر قرائت گردید. ظرفیت آنتی‌اکسیدانی عصاره‌ها به صورت درصد بازدارندگی DPPH مطابق فرمول زیر محاسبه گردید (Moein *et al.*, 2005).

$$\% \text{DPPH}_{sc} = (A_{cont} - A_{smp}) / A_{cont} \times 100$$

$$\% \text{DPPH}_{sc} = \text{بازدارندگی} \%$$

$$A_{cont} = \text{میزان جذب DPPH}$$

$$A_{smp} = \text{میزان جذب (نمونه + DPPH)}$$

تجزیه آماری داده‌ها با نرم افزار MSTATC و مقایسه میانگین داده‌ها با آزمون LSD انجام شد.

نتایج و بحث

ارتفاع گیاه (اختلاف ارتفاع)

اثر سایه‌بان و نوع گیاه در سطح آماری ۱ درصد و اثر متقابل "رنگ سایه‌بان × نوع گیاه" در سطح ۵ درصد

برای اندازه‌گیری میزان کاروتنوئید از تیمارهای مختلف نمونه برداری شد. ۰/۵ گرم از نمونه توزین و در هاون چینی با ۵۰ سی‌سی استون ۸۰ درصد (۸۰cc) استون + ۲۰cc آب مقطر) کوبیده شد. سپس عصاره حاصل از صافی رد شده و به حجم ۵۰ سی‌سی رسانده و در ظروف کوچک (کوت) ریخته شد. عصاره‌ها در ۳ طول موج ۶۴۵، ۶۶۳ و ۶۶۰ نانومتر قرائت شد. سپس اعداد خوانده شده در فرمول زیر قرار داده و مقادیر کاروتنوئید تیمارها تعیین گردید (Mazumdar & Majumder, 2003).

= مقدار کاروتنوئید (میلی‌گرم در گرم وزن تر)

$$4/69(A_{660}) - 0/268(A_{645}) + 8/02(A_{663})$$

جهت سنجش میزان آنتوسیانین ۰/۵ گرم از هر نمونه توزین و در هاون چینی با ۵۰ سی‌سی اسید اتانول- هیدروکلریک (شامل ۸۵ درصد اتانول ۹۵ درصد و ۱۵ درصد اسید هیدروکلریک) کوبیده شد. سپس عصاره حاصل صاف شده و به حجم ۵۰ سی‌سی رسانده و در ظروف کوچک (کوت) ریخته شد. این ظروف را مدت ۲۴ ساعت در یخچال در دما ۴ درجه سانتیگراد نگه داشته و سپس بعد از خروج، ۲ ساعت در تاریکی قرار داده شد. برای تعیین میزان آنتوسیانین عصاره‌ها در طول موج ۵۳۵ نانومتر با اسپکتروفوتومتر خوانده شد و سپس مقادیر آنتوسیانین تیمارها از فرمول زیر بدست آمد (Mazumdar & Majumder, 2003).

$$\text{وزن نمونه} = \frac{e \times b \times c}{d \times a} \times 100$$

e = عدد خوانده شده در طول موج ۵۳۵ نانومتر

b = حجم برداشت شده برای اندازه‌گیری (۵ سی‌سی)

c = حجم کل (۵۰ سی‌سی)

d = کسر برداشت شده برای نمونه ۰/۱

a = وزن نمونه (۰/۵ گرم)

$$\left(\frac{mg}{100g} \right) = \frac{\text{کل جذب نمونه}}{98/2} = \text{مقدار آنتوسیانین}$$

برای سنجش فلاونوئید ۰/۱ گرم نمونه برگ منجمد شده در ۱۰ میلی‌لیتر اتانول اسیدی خوب ساییده و به مدت ۱۰ دقیقه در ۸۰۰۰ دور سانتریفیوژ شد. پس از صاف کردن، به مدت ۱۰ دقیقه در حمام آب گرم با دمای ۸۰ درجه قرار داده شد. میزان جذب

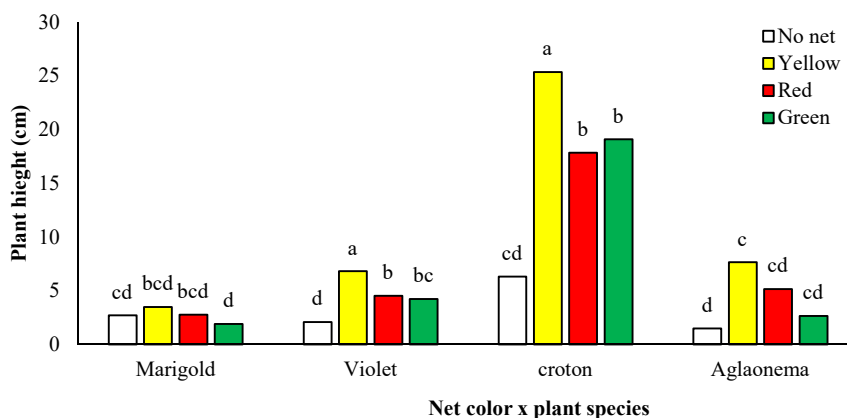
است و در گیاه بنفشه و کروتون تفاوت معنی‌دار و در سطوح مختلف قرار گرفته است. در آزمایش روی میخک درختی نشان داده شد که سایه‌بان زرد بیش از سایه‌بان قرمز قدرت رویشی میخک درختی را تحریک کرد و سبب افزایش ارتفاع در میخک شد (Shahak *et al.*, 2016) و این نتایج با نتایج پژوهش حاضر مطابقت دارد. در بررسی اثر سایه‌بان‌های رنگی مختلف بر کوردیلین بیان شد که گیاهانی که تحت سایه‌بان‌های رنگی رشد کردند به دلیل تأثیر طیفی که سایه‌بان‌ها بر رشد گیاه داشتند، رشد متغیری را نشان دادند. نتایج نشان داد زمانی که گیاه کوردیلین در زیر سایه‌بان‌های سفید و قرمز پرورش داده شدند بلندتر از شاهد (بدون سایه‌بان) بودند (Kumar Gaurav *et al.*, 2016).

وزن تر و خشک شاخساره

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها در بنفشه و همیشه بهار نشان داد اثر رنگ سایه‌بان در سطح احتمال ۵ درصد و اثر نوع گیاه در سطح آماری ۱ درصد بر وزن تر و خشک برگ معنی‌دار بوده است (جدول ۱). نتایج مقایسه میانگین داده‌های اثر سایه‌بان بر وزن تر برگ (جدول ۳) نشان داد که بیشترین وزن تر برگ در زیر سایه‌بان زرد و بیشترین وزن خشک برگ هم مربوط سایه‌بان زرد بود که تفاوت معنی‌داری با سایه‌بان‌های قرمز و سبز نداشت. اثر رنگ سایه‌بان و اثر نوع گیاه در سطح آماری ۱ درصد بر وزن تر و خشک شاخساره در کروتون و آگلونما معنی‌دار بوده است (جدول ۲).

بر میزان ارتفاع گیاهان (همیشه بهار و بنفشه) معنی‌دار شد (جدول ۱). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بیشترین میزان ارتفاع گیاه در زیر سایه‌بان زرد بدست آمد و کمترین میزان ارتفاع گیاه هم از تیمار بدون سایه‌بان بدست آمد (جدول ۳). بیشترین میزان ارتفاع گیاه هم مربوط به بنفشه بود (جدول ۴) مقایسه میانگین داده‌های مربوط به اثر متقابل "رنگ سایه‌بان × نوع گیاه" بر میزان ارتفاع گیاه همیشه بهار، بنفشه، کروتون و آگلونما نشان داد که تیمار توری زرد بیشترین میزان ارتفاع را در همه گیاهان داشت و کمترین میزان ارتفاع در گیاه همیشه بهار مربوط به تیمار توری سبز و در گیاه بنفشه، کروتون و آگلونما در تیمار بدون توری بدست آمد (شکل ۱). براساس نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۲) اثر اصلی سایه‌بان و نوع گیاه و اثر متقابل "رنگ سایه‌بان × نوع گیاه" در سطح آماری ۱ درصد بر میزان ارتفاع کروتون و آگلونما معنی‌دار شده است. مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بیشترین میزان ارتفاع گیاه در زیر سایه‌بان زرد بدست آمد و کمترین میزان ارتفاع گیاه هم از تیمار بدون سایه‌بان بدست آمد (جدول ۵).

گزارش شده است که هم سایه‌بان‌های قرمز و هم سایه‌بان‌های زرد باعث افزایش قدرت رویشی از جمله افزایش طول و ضخامت ساقه‌ها، دمبرگ‌ها، ابعاد برگ در گیاه زینتی آراليا شدند (Shahak, 2008; Oren-Shamir *et al.*, 2001). در آزمایش حاضر سایه‌بان زرد نسبت به سایه‌بان قرمز تأثیر بیشتری در رشد داشته



شکل ۱. مقایسه میانگین اثر متقابل رنگ سایه‌بان و گونه گیاه بر ارتفاع همیشه بهار، بنفشه، کروتون و آگلونما.

Figure 1. Mean comparison interaction effect of net color and plant species on hieght of marigold, violet, croton and aglaonema.

سایه‌بان‌های رنگی بدست آمده است. پاسخ گیاهان به شرایط سایه‌بان به کیفیت و کمیت مقدار نور وابسته است (Lee et al., 1997). به طور معمول رشد و تولید زی توده تحت تأثیر شدت نور قرار می‌گیرند، در حالی که رشد و نمو و مورفونز تحت تأثیر تغییرات در ترکیب نور قرار می‌گیرند (Stuefer & Huber, 1998). در این آزمایش سایه‌بان زرد منجر به وزن تر بیشتری نسبت به سایر سایه‌بان‌ها و شاهد گردید، همچنین بیشترین ارتفاع گیاه هم مربوط به سایه‌بان زرد بوده است که نشان دهنده اثر نور زرد بر افزایش ویژگی‌های کمی و کیفی گیاهان می‌باشد.

نتایج مقایسه میانگین داده‌های اثر سایه‌بان بر وزن تر و خشک شاخساره (جدول ۵) نشان داد که بیشترین وزن تر و خشک شاخساره در زیر سایه‌بان زرد بدست آمد. در نتایج پژوهش کومارگارو و همکاران (۲۰۱۶) نشان داده شد که بیشترین وزن تر (۸۵/۸۸) درصد افزایش تحت سایه‌بان‌های قرمز نسبت به شاهد) و خشک برگ تحت سایه‌بان قرمز بدست آمد و به طور کلی سایه‌بان‌های رنگی در مقایسه با شاهد (بدون سایه‌بان) بیشترین اثر را روی این صفت داشت. نتایج پژوهش حاضر نیز نشان می‌دهد که بیشترین وزن تر و خشک برگ و شاخساره گیاهان مورد آزمایش تحت

جدول ۱. نتایج تجزیه واریانس اثر رنگ سایه‌بان و گونه گیاه بر صفات مورفولوژیک و فیزیولوژیک گل بنفشه و همیشه بهار.

Table 1. Results of variance analysis effect of net color and plant species on the morphological and physiological traits in violet and marigold.

| Source of variation | df | Mean of squares | | | | | | | | | | |
|---------------------|----|--------------------|--------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------|--------------------|--------------------|--------------------|------------------------|----------------------|
| | | Height difference | Leaf fresh weight | Leaf dry weight | Catalase | Peroxidase | Anthocyanin | Chlorophyll a | Chlorophyll b | Total chlorophyll | Carotenoid | Antioxidant capacity |
| Replication (A) | 2 | 1.15 ^{ns} | 2.12 ^{ns} | 0.005 ^{ns} | 0.000 ^{ns} | 0.013 ^{ns} | 816812.35* | 0.23 ^{ns} | 0.15 ^{ns} | 1.10 ^{ns} | 29420.54 ^{ns} | 0.005 ^{ns} |
| Error (a) | 3 | 8.34** | 13.85* | 0.054* | 0.002 ^{ns} | 0.052* | 2387604.99** | 5.39** | 1.25** | 11.94** | 172772.21** | 0.016* |
| Plant species (B) | 6 | 0.64 | 2.74 | 0.007 | 0.001 | 0.008 | 204932.07 | 0.42 | 0.07 | 0.74 | 8075.79 | 0.004 |
| Error (b) | 1 | 17.32** | 173.51** | 0.756** | 0.008* | 0.002 ^{ns} | 21712642.78** | 8.77** | 2.27** | 21.91** | 198951.54** | 0.112** |
| AB | 3 | 4.25* | 1.79 ^{ns} | 0.021 ^{ns} | 0.003 ^{ns} | 0.073* | 2826050.34** | 1.40 ^{ns} | 0.45* | 3.17* | 27053.09* | 0.021* |
| Error (b) | 8 | 0.94 | 2.06 | 0.009 | 0.002 | 0.011 | 373537.34 | 0.61 | 0.09 | 0.79 | 5367.48 | 0.007 |
| C.V. (%) | | 27.05 | 16.87 | 17.80 | 67.66 | 17.01 | 42.86 | 18.08 | 14.66 | 14.03 | 18.33 | 18.40 |

*, **, ns: به ترتیب تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و نبود تفاوت معنی‌دار.

*, **, ns: Significantly difference at 5 and 1% of probability level and non significantly difference, respectively.

جدول ۲. تجزیه واریانس اثر رنگ سایه‌بان و گونه گیاه بر صفات مورفولوژیک و فیزیولوژیک گل کروتون و آگلونما.

Table 2. Results of variance analysis effect of net color and plant species on the morphological and physiological traits in croton and aglaonema.

| Source of variation | df | Mean of squares | | | | | | | | | | | |
|---------------------|----|-------------------|---------------------|--------------------|---------------------|---------------------|-----------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|---------------------|----------------------|
| | | Height difference | Shoot fresh weight | Shoot dry weight | Catalase | Peroxidase | Anthocyanin | Chlorophyll a | Chlorophyll b | Total chlorophyll | Carotenoid | Flavonoid | Antioxidant capacity |
| Replication (A) | 2 | 6.74* | 25.99 ^{ns} | 0.13 ^{ns} | 0.001 ^{ns} | 0.015 ^{ns} | 1170.53 ^{ns} | 1.81 ^{ns} | 0.31 ^{ns} | 1.62 ^{ns} | 0.45 ^{ns} | 0.001 ^{ns} | 0.003 ^{ns} |
| Error (a) | 3 | 160.65** | 3492.35** | 17.12** | 0.005** | 0.014 ^{ns} | 16243.31** | 2.63 ^{ns} | 0.95 ^{ns} | 6.56* | 5.68** | 0.000 ^{ns} | 0.008** |
| Plant (B) | 6 | 0.97 | 85.45 | 0.42 | 0.000 | 0.005 | 721.97 | 1.10 | 0.39 | 1.04 | 0.41 | 0.000 | 0.001 |
| Error (b) | 1 | 997.82** | 28295.47** | 138.67** | 0.000 ^{ns} | 0.032 ^{ns} | 6699.06** | 3.06 ^{ns} | 0.06 ^{ns} | 1.66 ^{ns} | 0.36 ^{ns} | 0.000 ^{ns} | 0.003* |
| AB | 3 | 50.11** | 529.42* | 2.59* | 0.000 ^{ns} | 0.037** | 48512.77** | 2.80 ^{ns} | 0.28 ^{ns} | 2.13 ^{ns} | 1.09 ^{ns} | 0.001** | 0.007** |
| Error (b) | 8 | 2.28 | 82.94 | 0.41 | 0.001 | 0.003 | 5179.48 | 1.19 | 0.27 | 1.92 | 0.47 | 0.000 | 0.000 |
| C.V. (%) | | 14.13 | 18.07 | 18.06 | 48.63 | 13.11 | 28.83 | 75.90 | 56.85 | 57.60 | 31.23 | 10.53 | 36.02 |

*, **, ns: به ترتیب تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و نبود تفاوت معنی‌دار.

*, **, ns: Significantly difference at 5 and 1% of probability levels and non significant difference, respectively.

جدول ۳. مقایسه میانگین اثر رنگ سایه بان بر برخی صفات بنفشه و همیشه بهار.

Table 3. Means comparison effect of net color on some traits of violet and marigold.

| Net color | Height difference (cm) | Peroxidase (UNIT)* | Anthocyanin (mg 100 g ⁻¹) | Antioxidant capacity (DPPH%) |
|-----------|------------------------|--------------------|---------------------------------------|------------------------------|
| No net | 2.40 c | 0.62 ab | 65.0 c | 46 ab |
| Yellow | 5.17 a | 0.51 b | 163.7 ab | 47 ab |
| Red | 3.67 b | 0.66 a | 126.9 bc | 39 b |
| Green | 3.08 bc | 0.73 a | 214.9 a | 52 a |

در هر ستون میانگین‌های با حداقل یک حرف مشترک تفاوت معنی داری در سطح احتمال ۵ درصد ندارند.

* (واحد آنزیم پراکسیداز (UNIT): میکرومول H₂O₂ مصرف شده در دقیقه در میلی گرم پروتئین).

In each column, means followed by at least a common letter, are not significantly difference at 5 percent probability level.

* (Peroxidase (UNIT): μM consumed H₂O₂ min⁻¹ mg⁻¹ protein).

جدول ۴. مقایسه میانگین اثر گونه گیاه بر برخی صفات بنفشه و همیشه بهار.

Table 4. Means comparison effect of plant species on some traits of violet and marigold.

| Plant species | Height difference (cm) | Leaf fresh weight (g) | Leaf dry weight (g) | Peroxidase (UNIT)* | Anthocyanin (mg 100 g ⁻¹) | Chlorophyll a (mg g ⁻¹) | Chlorophyll b (mg g ⁻¹) | Total chlorophyll (mg g ⁻¹) | Carotenoid (mg g ⁻¹) | Antioxidant capacity (DPPH%) |
|---------------|------------------------|-----------------------|---------------------|--------------------|---------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|---|----------------------------------|------------------------------|
| Marigold | 2.73b | 11.19a | 0.70a | 0.62b | 47.5a | 3.70b | 1.76b | 5.37b | 308.74b | 39b |
| Violet | 4.43a | 5.81b | 0.35b | 0.64a | 23.77b | 4.91a | 2.38a | 7.28a | 490.83a | 53a |

در هر ستون میانگین‌های با حداقل یک حرف مشترک تفاوت معنی داری در سطح احتمال ۵ درصد ندارند.

* (واحد آنزیم پراکسیداز (UNIT): میکرومول H₂O₂ مصرف شده در دقیقه در میلی گرم پروتئین).

In each column, means followed by at least a common letter, are not significantly difference at 5 percent probability level.

* (Peroxidase (UNIT): μM consumed H₂O₂ min⁻¹ mg⁻¹ protein).

جدول ۵. مقایسه میانگین اثر رنگ سایه‌بان بر برخی صفات کروتون و آگلونما.

Table 5. Means comparison effect of net color on some traits of croton and aglaonema.

| Net color | Height difference (cm) | Shoot fresh weight (g) | Shoot dry weight (g) | Catalase (UNIT)* | Anthocyanin (mg 100 g ⁻¹) | Total chlorophyll (mg g ⁻¹) | Carotenoid (mg g ⁻¹) | Antioxidant capacity (DPPH%) |
|------------|------------------------|------------------------|----------------------|------------------|---------------------------------------|---|----------------------------------|------------------------------|
| No netting | 3.92 c | 23.52 c | 1.65 c | 0.04 b | 1.37 b | 0.85 b | 0.77 b | 9 a |
| Yellow | 16.50 a | 82.05 a | 5.75 a | 0.04 b | 2.62 b | 2.90 a | 2.60 a | 2 b |
| Red | 11.50 b | 50.25 b | 3.52 b | 0.10 a | 4.77 a | 3.09 a | 2.94 a | 5 ab |
| Green | 10.88 b | 45.74 b | 3.20 b | 0.03 b | 1.20 b | 2.77 ab | 2.50 a | 9 a |

در هر ستون میانگین‌های با حداقل یک حرف مشترک تفاوت معنی داری در سطح احتمال ۵ درصد ندارند.

* (واحد آنزیم پراکسیداز (UNIT): میکرومول H₂O₂ مصرف شده در دقیقه در میلی گرم پروتئین).

In each column, means followed by at least a common letter, are not significantly difference at 5 percent probability level.

* (Peroxidase (UNIT): μM consumed H₂O₂ min⁻¹ mg⁻¹ protein).

جدول ۶. مقایسه میانگین اثر نوع گیاه بر برخی صفات کروتون و آگلونما.

Table 6. Means comparison of the effect of plant species on some traits of croton and aglaonema.

| Plant species | Height difference (cm) | Shoot fresh weight (g) | Shoot dry weight (g) | Anthocyanin (mg 100 g ⁻¹) | Antioxidant capacity (DPPH%) |
|---------------|------------------------|------------------------|----------------------|---------------------------------------|------------------------------|
| Coroton | 17.15 a | 84.72 a | 5.93 a | 3.02 a | 5 b |
| Aglaonema | 4.25 b | 16.05 b | 1.12 b | 1.97 b | 7 a |

در هر ستون میانگین‌های با حداقل یک حرف مشترک تفاوت معنی داری در سطح احتمال ۵ درصد ندارند.

In each column, means followed by at least a common letter, are not significantly difference at 5 percent probability level.

دوجانبه "رنگ سایه‌بان × نوع گیاه" در سطح ۵ درصد

بر آنزیم پراکسیداز معنی دار بوده است و اثر نوع گیاه

بر این صفت معنی دار نشده است (جدول ۱). بیشترین

آنزیم پراکسیداز و کاتالاز

براساس نتایج تجزیه واریانس داده‌ها در بنفشه و

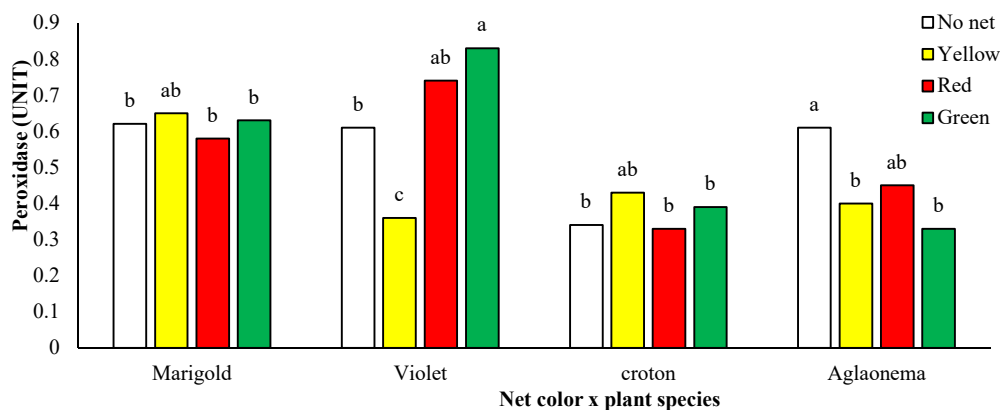
همیشه بهار تیمار نوع سایه‌بان در سطح ۵ درصد و اثر

به ویژه زمانی که تحت تنش باشند حایز اهمیت است. ولی همانطور که نتایج نشان می‌دهد مشاهده می‌شود که انواع سایه‌بان رنگی روی آنزیم پراکسیداز و کاتالاز در گیاهان مختلف تحت آزمایش تاثیر معنی‌دار و روشنی را نداشته و روند آزمایش افزایش معنی‌داری در میزان تولید این آنزیم‌ها در هر کدام از گیاهان نداشته است. کمترین میزان پراکسیداز در گل بنفشه و زمانیکه زیر سایه‌بان زرد بود مشاهده شد که نسبت به سایه‌بان سبز و قرمز و بدون سایه‌بان در سطح متفاوتی قرار گرفت (شکل ۲).

برخی از تنش‌های محیطی می‌توانند مقدار مواد فیتوشیمیایی گیاهان را تغییر دهند از جمله: تنش تشعشع بالا، UV، تنش آبی، دمای شدید و تنش مواد مغذی. در میان تنش‌های غیرزیستی، نور شدید شاید نقش قابل توجهی در افزایش مقدار مواد شیمیایی گیاهان ایفاء می‌کند (Oh *et al.*, 2009). به طور کلی آنزیم‌های کاتالاز و پراکسیداز در جلوگیری از تجمع پراکسید هیدروژن نقش حیاتی دارند (Eisvand, & Ashoori, 2010). تحقیقات نشان داده است که پراکسیدازها در بسیاری از فرایندهای سلولی از قبیل متابولیسم اکسین، تشکیل چوب، اتصالات عرضی در دیواره سلول گیاهی، پاسخ به تنش‌های محیطی و نظایر آن شرکت می‌کنند (Yamasaki *et al.*, 1997). بنابراین افزایش میزان آنزیم‌های کاتالاز و پراکسیداز در گونه‌های گیاهی نقش مهمی در جلوگیری از تجمع پراکسید هیدروژن در گیاهان ایجاد می‌کند.

میزان آنزیم پراکسیداز تحت سایه‌بان‌های قرمز و سبز بدست آمد (جدول ۳). بیشترین میزان آنزیم پراکسیداز تحت تیمار "توری سبز × بنفشه" و کمترین میزان آنزیم پراکسیداز تحت تیمار "توری زرد × بنفشه" بدست آمد (شکل ۲). اثر دوجانبه "رنگ سایه‌بان × نوع گیاه" در سطح ۱ درصد بر آنزیم پراکسیداز در کروتون و آگلونما معنی‌دار بوده است و اثر سایه‌بان و نوع گیاه بر این صفت معنی‌دار نشده است (جدول ۲). بیشترین میزان آنزیم پراکسیداز تحت تیمار "بدون سایه‌بان × آگلونما" و کمترین میزان آنزیم پراکسیداز تحت تیمارهای "توری قرمز × کروتون"، "توری سبز × آگلونما"، "توری سبز × کروتون"، "توری زرد × آگلونما" و "بدون سایه‌بان × کروتون" بدست آمد (شکل ۲).

براساس نتایج تجزیه واریانس داده‌ها اثر رنگ سایه‌بان در سطح احتمال ۱ درصد بر میزان آنزیم کاتالاز در گیاه کروتون و آگلونما معنی‌دار بوده است اما اثر نوع گیاه و اثر متقابل "رنگ سایه‌بان × نوع گیاه" بر این صفت معنی‌دار نبوده است (جدول ۲). بیشترین میزان آنزیم کاتالاز تحت سایه‌بان قرمز بدست آمد و سایر تیمارها از نظر آماری تفاوت معنی‌داری با هم نداشتند (جدول ۵). در این آزمایش فرض بر این بود که بروز تنش به خاطر عدم استفاده از سایه‌بان و یا تغییر رنگ ناشی از استفاده از توری‌های رنگی روی میزان تولید آنزیم پراکسیداز و یا کاتالاز موثر باشد و میزان فعالیت این آنزیم‌ها برای گیاهان و



شکل ۲. مقایسه میانگین اثر متقابل رنگ سایه‌بان و گونه گیاه بر پراکسیداز همیشه بهار، بنفشه، کروتون و آگلونما.
Figure 2. Mean comparison interaction effect of net color and plant species on peroxidase of marigold, violet, croton and aglaonema.

آنتوسیانین

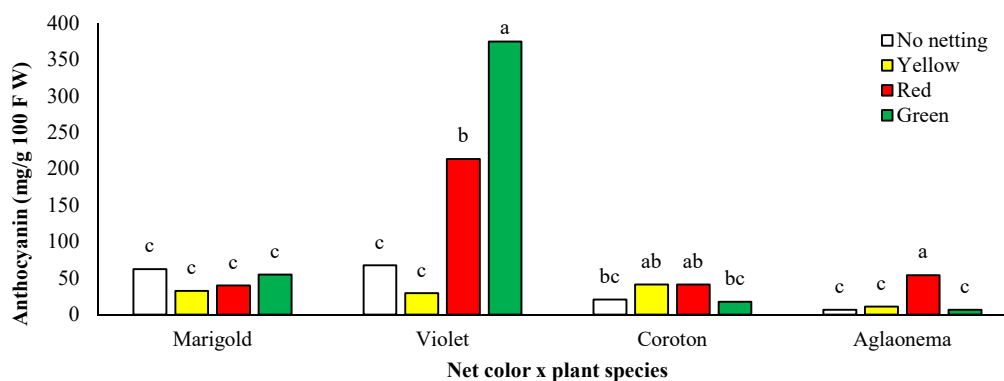
سایه‌بان × آگلونما" کمترین میزان آنتوسیانین بدست آمد (شکل ۳).

آنتوسیانین‌ها گروهی از ترکیبات فنولی هستند که مسئول رنگ قرمز آبی در بسیاری از گیاهان می‌باشد (García-Alonso *et al.*, 2004). نتایج مطالعه آزمایشگاهی نشان داد که سه خصوصیت رنگ، شدت و طول مدت نور بر رشد گیاه مؤثر است، به‌طوری‌که نسبت نور قرمز به قرمز دور متأثر از طول مدت و جریان فوتون تیمارهای نور بوده و نمو و تولید آنتوسیانین را به طور معنی‌داری تحت تأثیر قرار می‌دهد (Mancinelli, 1990).

کلروفیل

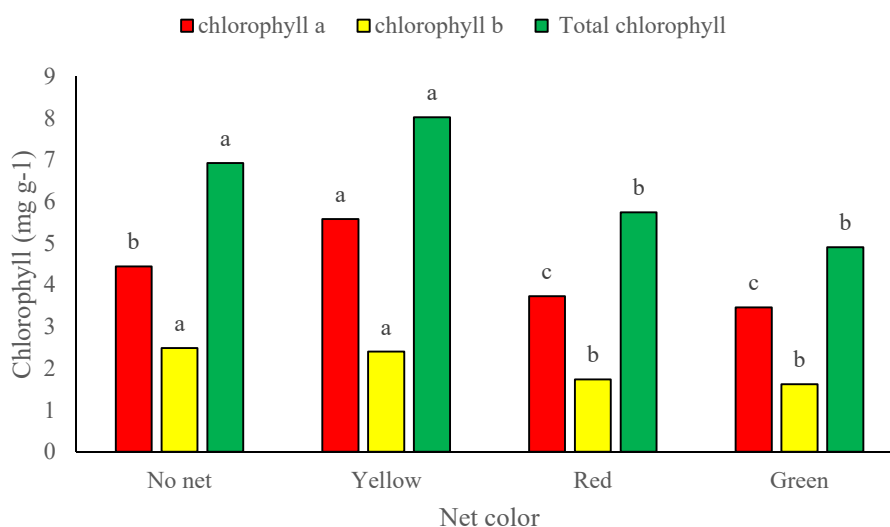
نتایج تجزیه واریانس داده‌ها در بنفشه و همیشه بهار نشان داد که اثر نوع سایه‌بان و نوع گیاه بر کلروفیل a، کلروفیل b و کلروفیل کل در سطح ادرصد معنی‌دار بوده است (جدول ۱). مقایسه میانگین داده‌های مربوط به اثر ساده نوع سایه‌بان بر کلروفیل a حاکی از آن است که بیشترین کلروفیل a مربوط به سایه‌بان زرد و کمترین میزان کلروفیل a تحت سایه‌بان سبز بدست آمد که با سایه‌بان قرمز تفاوت معنی‌دار نداشت. بیشترین میزان کلروفیل b در زیر سایه‌بان زرد بدست آمد که با تیمار بدون سایه‌بان تفاوت معنی‌دار نداشت. بیشترین میزان کلروفیل کل مربوط به تیمارهای سایه‌بان زرد و شاهد بود و سایه‌بان قرمز و سبز تفاوت معنی‌داری با هم نداشتند (شکل ۴).

اثر رنگ سایه‌بان، نوع گیاه و اثر دوجانبه "رنگ سایه‌بان × نوع گیاه" بر میزان آنتوسیانین در سطح ۱ درصد در بنفشه و همیشه بهار معنی‌دار شده است (جدول ۱). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بیشترین میزان آنتوسیانین در زیر سایه‌بان سبز (جدول ۳) بدست آمد و کمترین میزان آنتوسیانین هم از تیمار بدون سایه‌بان بدست آمد. نتایج نشان داد که بیشترین میزان آنتوسیانین مربوط به بنفشه بود (جدول ۴). مقایسه میانگین داده‌های مربوط به اثر متقابل "رنگ سایه‌بان × نوع گیاه" بر میزان آنتوسیانین نشان داد که تیمار "توری سبز × بنفشه" بیشترین میزان آنتوسیانین را داشت (شکل ۳). نتایج تجزیه واریانس داده‌ها در کروتون و آگلونما نشان داد که اثر رنگ سایه‌بان، نوع گیاه و اثر دوجانبه "رنگ سایه‌بان × نوع گیاه" بر میزان آنتوسیانین در سطح ۱ درصد معنی‌دار شده است (جدول ۲). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بیشترین میزان آنتوسیانین در کروتون و آگلونما در زیر سایه‌بان قرمز (جدول ۵) بدست آمد اما سایر تیمارها تفاوت معنی‌داری از نظر آماری با هم نداشتند. نتایج مقایسه میانگین داده‌های اثر نوع گیاه بر میزان آنتوسیانین نشان داد که بیشترین میزان آنتوسیانین مربوط به کروتون بود (جدول ۶). مقایسه میانگین داده‌های مربوط به اثر متقابل "رنگ سایه‌بان × نوع گیاه" بر میزان آنتوسیانین نشان داد که تیمار "توری قرمز × آگلونما" بیشترین میزان آنتوسیانین را داشت و در تیمارهای "توری سبز × آگلونما" و "بدون



شکل ۳. مقایسه میانگین اثر متقابل رنگ سایه‌بان و گونه گیاه بر آنتوسیانین همیشه بهار، بنفشه، کروتون و آگلونما.

Figure 2. Mean comparison interaction effect of net color and plant species on anthocyanin of marigold, violet, croton and aglaonema.



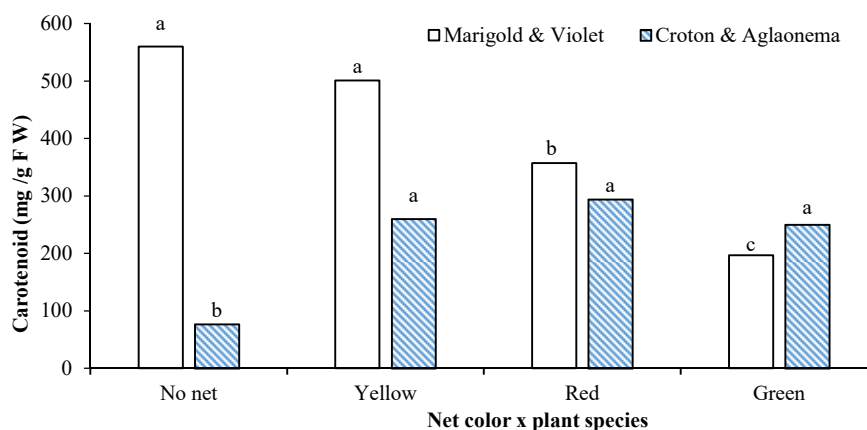
شکل ۴. مقایسه میانگین اثر رنگ سایه‌بان بر میزان انواع کلروفیل همیشه بهار و بنفشه.
Figure 4. Mean comparison effect of net color on chlorophyll in marigold and violet.

منجر به کاهش غلظت کلروفیل در اثر مهار تشکیل کلروپلاست می‌شود (Fu et al., 2001; Gonçalves et al., 2012). گرچه جذب نور توسط کلروفیل حداکثر در بخش طیف قرمز است، این را می‌توان با این واقعیت توضیح داد که رشد و تکثیر طبیعی گیاه تنها می‌تواند با حفظ مقادیر نوع پرتوی تکمیلی ادامه یابد، به طوری که گیاهانی که در زیر سایه‌بان قرمز رشد می‌کنند نیاز به مکمل با تابش آبی دارند (Brown et al., 1995).

کاروتنوئید

اثر ساده رنگ سایه‌بان و نوع گیاه در سطح ۱ درصد بر مقدار کاروتنوئید در بنفشه و همیشه بهار معنی‌دار بود (جدول ۱). براساس مقایسه میانگین داده‌های حاصل از گیاه بنفشه و همیشه بهار، بیشترین میزان کاروتنوئید از تیمار شاهد و سایه‌بان زرد بدست آمد و کمترین میزان آن هم از سایه‌بان سبز بدست آمد (شکل ۵). میانگین داده‌های اثر نوع گیاه بر میزان کاروتنوئید نشان داد که بنفشه بیشترین میزان کاروتنوئید را داشت (جدول ۴). تیمار رنگ سایه‌بان در سطح ۱ درصد بر مقدار کاروتنوئید در کروتون و آگلونما اثر معنی‌دار داشت (جدول ۲).

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها در کروتون و آگلونما نشان داد که اثر رنگ سایه‌بان بر میزان کلروفیل کل در سطح ۵ درصد معنی‌دار بوده است اما اثر نوع گیاه، اثر رنگ سایه‌بان و اثر برهمکنش "رنگ سایه‌بان × نوع گیاه" بر کلروفیل a و b معنی‌دار نبوده است و همچنین اثر نوع گیاه و اثر متقابل "رنگ سایه‌بان × نوع گیاه" بر کلروفیل کل هم معنی‌دار نبوده است (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین داده‌های مربوط به اثر رنگ سایه‌بان بر کلروفیل کل (جدول ۵) نشان داد که بیشترین میزان کلروفیل کل مربوط به سایه‌بان‌های قرمز و زرد می‌باشد و کمترین میزان کلروفیل کل هم از تیمار بدون سایه‌بان بدست آمد. نور عامل محیطی است که به طور چشمگیری بر رشد و تکثیر گیاه تأثیر می‌گذارد. نور به عنوان تنها منبع انرژی فتوسنتز (اثر بر روی کلروفیل) می‌باشد (Liu, 2012). محتوای کلروفیل کل، کلروفیل a و کلروفیل b در برگ‌های کاهو در زیر توری‌های رنگی بیشتر از گیاهان شاهد بود (Ilić et al., 2017). تفاوت در میزان کلروفیل در بررسی حاضر به لحاظ شرایط نوری موجود در زیر سایه‌بان‌های زرد در زمان آزمایش می‌باشد که برای این گیاهان وضعیت خاصی را بوجود آورده است. میزان شدت نور زیاد، میزان تخریب کلروفیل در برگ گیاه، بالاتر از میزان سنتز است، که



شکل ۵. مقایسه میانگین اثر متقابل رنگ سایه‌بان و گونه گیاه بر میزان کاروتنوئید در همیشه بهار و بنفشه.

Figure 5. Mean comparison interaction effect of net color and plant species on carotenoid in marigold and violet.

فلاونوئید در همیشه بهار و بنفشه معنی‌دار بوده است و اثر سایه‌بان و نوع گیاه بر این صفت معنی‌دار نشده است (جدول ۱). بیشترین میزان فلاونوئید هم مربوط به تیمار "توری زرد × بنفشه" و کمترین میزان فلاونوئید هم مربوط به تیمار "توری سبز × بنفشه" بوده است (شکل ۶). براساس نتایج تجزیه واریانس داده‌ها اثر دوجانبه "رنگ سایه‌بان × نوع گیاه" در سطح ۱ درصد بر میزان فلاونوئید در کروتون و آگلونما معنی‌دار بوده است و اثر سایه‌بان و نوع گیاه بر این صفت معنی‌دار نشده است (جدول ۲). بیشترین میزان فلاونوئید تحت تیمار "توری سبز × کروتون" بدست آمد و کمترین میزان فلاونوئید هم مربوط به تیمار "توری قرمز × کروتون" بوده است (شکل ۶).

اغلب بیوسنتز فیتوشیمیایی به کمیت و کیفیت نور بستگی دارد، همانطور که در کاهو رشد یافته تحت شبکه های سیاه دیده می‌شود (Ntsoane, 2015). گزارش شده است که محتوای فنول کل، مقدار فلاونوئیدها و خواص آنتی‌اکسیدانی در گیاهان رشد یافته در زیر سایه‌بان‌های صدفی به طور معنی‌داری بالاتر از سایر سایه‌بان‌ها بود (Ilić *et al.*, 2017). در پژوهشی دیگر نیز افزایش میزان فلاونوئید پس از برداشت در پونه کوهی، مرزنجوش و گشنیز تحت سایه‌بان‌های رنگی مشاهده شده است (Buthelezi *et al.*, 2016).

ظرفیت آنتی‌اکسیدانی

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر رنگ

براساس مقایسه میانگین داده‌های حاصل از گیاه کروتون و آگلونما، بیشترین میزان کاروتنوئید تحت سایه‌بان قرمز بدست آمد که از نظر آماری تفاوت معنی‌داری با سایه‌بان‌های زرد و سبز نداشت و کمترین میزان آن هم مربوط به تیمار شاهد بود (شکل ۵).

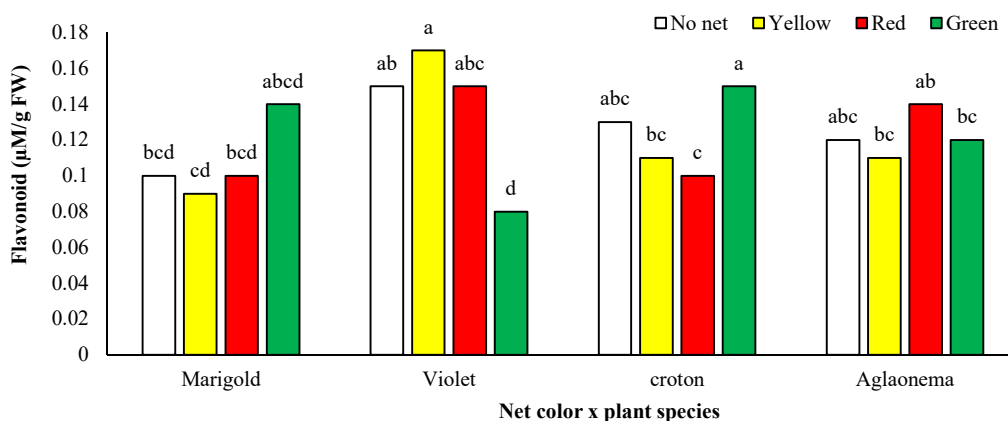
نتایج پژوهش محققین مختلف (Tiniane *et al.*, 2014; Selahle *et al.*, 2013) نشان داد که محتوای کاروتنوئید در گوجه‌فرنگی در زیر توری‌های قرمز و صدفی افزایش داشته است. از طرفی گزارش شد که سایه‌بان زرد باعث تغییر مورفولوژیکی و همچنین افزایش مقدار کاروتنوئید برگ فلفل در مقایسه با سایه‌بان قرمز شده است که ممکن است به خاطر افزایش مقدار نور سبز زیر سایه‌بان زرد باشد که افزایش مقدار کاروتنوئید زیر سایه‌بان زرد در مقایسه با سایه‌بان قرمز را ناشی از نوعی سازگاری به غنی‌سازی طیف سبز دانستند (Kong *et al.*, 2012). در پژوهش اثر سایه‌بان‌های رنگی بر کاهو بیان شد که میزان کاروتنوئید در برگ‌های کاهو که در زیر سایه‌بان‌های رنگی رشد کرده بودند بیشتر از گیاهان شاهد (بدون سایه‌بان) بود که با نتایج حاضر مطابقت دارد (Ilić *et al.*, 2017).

فلاونوئید

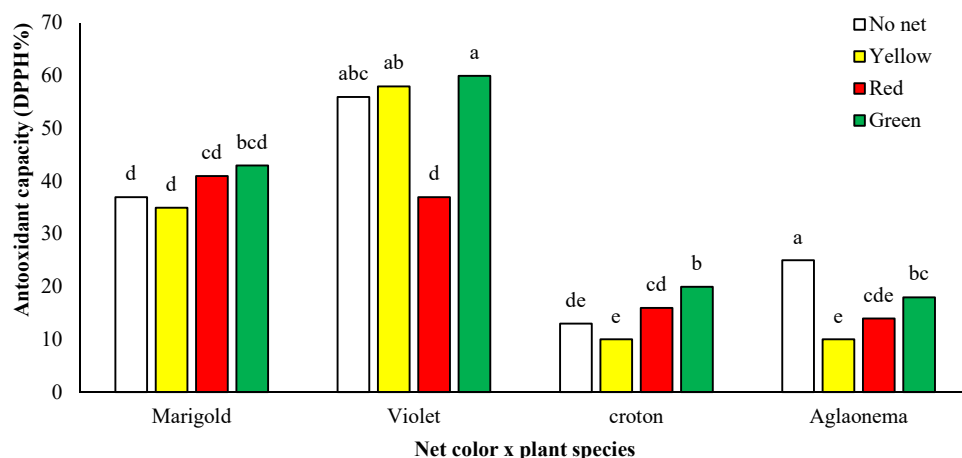
نتایج تجزیه واریانس داده‌های اثر متقابل "رنگ سایه‌بان × نوع گیاه" در سطح ۵ درصد بر میزان

بر این صفت معنی‌دار شده است (جدول ۲). گیاهان آگلونما کاشته شده در زیر سایه‌بان سبز و شاهد بیشترین میزان ظرفیت آنتی‌اکسیدانی را داشت و کمترین میزان ظرفیت آنتی‌اکسیدانی تحت سایه‌بان زرد بدست آمد (جدول ۵). همچنین نتایج این پژوهش نشان داد که بیشترین میزان ظرفیت آنتی‌اکسیدانی مربوط به آگلونما بوده است (جدول ۶). مقایسه میانگین داده‌های مربوط به اثر متقابل "رنگ سایه‌بان × نوع گیاه" نشان داد که بیشترین میزان ظرفیت آنتی‌اکسیدانی تحت تیمار "بدون سایه‌بان × آگلونما" بدست آمد و کمترین میزان ظرفیت آنتی‌اکسیدانی هم مربوط به تیمارهای "توری زرد × کروتون" و "توری زرد × آگلونما" بوده است (شکل ۷).

سایه‌بان، نوع گیاه و اثر دوجانبه "رنگ سایه‌بان × نوع گیاه" بر ظرفیت آنتی‌اکسیدانی در بنفشه و همیشه بهار معنی‌دار شده است (جدول ۱). گیاهان بنفشه کاشته شده در زیر سایه‌بان سبز بیشترین میزان ظرفیت آنتی‌اکسیدانی را داشت و کمترین میزان ظرفیت آنتی‌اکسیدانی تحت سایه‌بان قرمز بدست آمد (جدول ۳). مقایسه میانگین داده‌های مربوط به اثر متقابل "رنگ سایه‌بان × نوع گیاه" نشان داد که بیشترین میزان ظرفیت آنتی‌اکسیدانی تحت تیمار "توری سبز × بنفشه" بدست آمد (شکل ۷). اثر نوع سایه‌بان و اثر دوجانبه "رنگ سایه‌بان × نوع گیاه" بر ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کروتون و آگلونما در سطح ۱ درصد و اثر نوع گیاه در سطح احتمال ۵ درصد



شکل ۶. مقایسه میانگین اثر متقابل رنگ سایه‌بان و گونه گیاه بر میزان فلاونوئید همیشه بهار، بنفشه، کروتون و آگلونما.
Figure 6. Mean comparison interaction effect of net color and plant species on flavonoid content of marigold, violet, croton and aglaonema.



شکل ۷. مقایسه میانگین اثر متقابل رنگ سایه‌بان و گونه گیاه بر میزان ظرفیت آنتی‌اکسیدانی همیشه بهار، بنفشه، کروتون و آگلونما.
Figure 7. Mean comparison interaction effect of net color and plant species on antioxidant capacity of marigold, violet, croton and aglaonema.

فیزیولوژیک گیاهان در هر دو آزمایش شد. نتایج نشان داد که محتوای کلروفیل و میزان کاروتنوئید در گل‌های همیشه بهار و بنفشه، زیر سایه‌بان‌های زرد به طور معنی‌داری بیشتر از سایر سایه‌بان‌ها بود. اثرات متقابل "رنگ سایه‌بان × نوع گیاه" نشان داد که بیشترین میزان ارتفاع، میزان کلروفیل و میزان کاروتنوئید گیاه مربوط به تیمار "سایه‌بان زرد × بنفشه" بود. همچنین نتایج نشان داد که بیشترین میزان آنتوسیانین، کاروتنوئید و کاتالاز در گیاهان کروتون و آگلونما تحت سایه‌بان قرمز و بیشترین میزان کلروفیل کل هم تحت سایه‌بان‌های قرمز و زرد بدست آمد. به طور کلی نتایج این آزمایش نشان می‌دهد که کاربرد سایه‌بان‌های رنگی در مقایسه با عدم استفاده از سایه‌بان، شرایط رشد مطلوب‌تری را برای این گیاهان بوجود آورده است. بنابراین می‌توان به این نتیجه کلی هم رسید که کاربرد سایه‌بان‌های رنگی گذشته از اینکه تنها به عنوان یک سایه‌بان با دیدگاه گذشته، استفاده از سایه‌بان را تایید می‌کند از طرفی با توجه به واکنشی که گیاهان به نور در طیف‌های مختلف نشان می‌دهند این خصیصه می‌تواند روی رشد و نمو گیاهان تاثیر گذاشته و نوید کاربرد وسیع سایه‌بان‌های رنگی برای پرورش گیاهان با اهداف مختلف را توجیح نماید که بدون شک منافع اقتصادی نیز دنبال خواهد شد که البته به تحقیقات بیشتری نیاز دارد.

کنترل کیفیت تابشی توسط تورهای نورگزین قرمز و صدفی منجر به حفظ فعالیت آنتی‌اکسیدانی در سبزیجات بعد از گلدهی می‌شود. افزایش سطوح آنتی‌اکسیدانی که توسط دستکاری نور محیط با استفاده از تورهای صدفی ایجاد می‌شود، می‌تواند در بهبود کیفیت نگهداری میوه‌ها در انبار دخیل باشد (Kong *et al.*, 2013). آنتی‌اکسیدان میوه فلفل تحت سایه‌بان‌های زرد افزایش یافت که نشان می‌دهد سایه‌بان‌های زرد و خاکستری مایل به آبی احتمالاً باعث بهبود مقاومت گیاه به تنش‌های زیستی می‌شوند (Kong *et al.*, 2013). نتایج این پژوهش‌ها نشان می‌دهد که پاسخ گیاهان به افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی به انواع سایه‌بان‌های رنگی متفاوت می‌باشد. به نظر می‌رسد واکنش گیاهان مختلف به طیف‌های مختلف نور متفاوت می‌باشد. تجمع ترکیبات آنتی‌اکسیدانی در تولید گیاهان سبز بستگی به عوامل بسیاری از قبیل دما، کمیت و کیفیت نور، نوع ارقام، فصل رشد و عوامل متابولیکی دارد (Miller *et al.*, 2010).

نتیجه گیری کلی

نتایج پژوهش حاضر نشان می‌دهد که از بین سایه‌بان‌های رنگی مورد آزمایش، سایه‌بان زرد به شدت اثر تقویت‌کنندگی بیشتری از سایر سایه‌بان‌ها داشت و باعث افزایش قدرت رویشی و ویژگی‌های

REFERENCES

1. Addy, S. K. & Goodman, R. N. (1972) Polyphenol oxidase and peroxidase in apple leaves inoculated with a virulent or an avirulent strain for *Erwinia amylovora*. *Indian Phytopathology*, 25, 575-579.
2. Agricultural Meteorology. (2018) Meteorological organization of Iran. *Meteorological Journal of Gilan Province*, No. 2. 21 p.
3. Brown, C. S., Schuerger, A. C. & Sager, J. C. (1995) Growth and photomorphogenesis of pepper plants under red lightemitting diodes with supplemental blue or far-red lighting. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 120, 808-813.
4. Buthelezi, M. N. D., Soundy, P., Jifon, J. & Sivakumar, D. (2016) Spectral quality of photo-selective nets improves phytochemicals and aroma volatiles in coriander leaves (*Coriandrum sativum* L.) after postharvest storage. *Journal of Photochemistry and Photobiology. B, Biology*, 161, 328-334.
5. Chance, B. & Maehly, A. C. (1995) Assay of catalase and peroxidase. In: Colowick S. P., and N. D. Kaplan. (eds.). *Methods in Enzymology*. Academic Press. New York, 2, 764-791.
6. Demotes-Mainard, S., Péron, T., Corot, A., Bertheloot, J., Gourrierc, J., Le Travier, S. & Sakr, S. (2016) Plant responses to red and far-red lights, applications in horticulture. *Environmental and Experimental Botany*, 121, 4-21.
7. Dole, J. M. & Wilkins, H. F. (1999). *Floriculture, principles and species*. Prentice Hall Com. Pp. 612.

8. Dueck, T., Van Ieperen, W. & Taulavuori, K. (2016) Light perception, signaling and plant responses to spectral quality and photoperiod in natural and horticultural environments. *Environmental and Experimental Botany*, 121, 1-3.
9. Eivsand, H. R. & Ashoori, P. (2010) *Physiology of stress*. Lorestan University, Lorestan. 288 P. (in Farsi).
10. Flaishman, M. A., Peles, Y., Dahan, Y., Milo-Cochavi, S., Frieman, A. & Naor, A. (2015) Differential response of cell-cycle and cell-expansion regulators to heat stress in apple (*Malus domestica*) fruitlets. *Plant Science*, 233, 82-89.
11. Forghani, H. & KianiAbri, M. (2005) A study of relative advantage of the production and export of flowers and ornamental plants in selected provinces. *Iranian Economic Journal: Macroeconomics*, 5 (19), 53-64. (In Farsi).
12. Fu, W., Li, P. & Wu, Y. (2012) Effects of different light intensities on chlorophyll fluorescence characteristics and yield in lettuce. *Scientia Horticulturae*, 135, 45-51.
13. Garc'ia-Alonso, M., Rimbach, G., Rivas-Gonzalo, J. C. & Pascual-Teresa, S. (2004) Antioxidant and cellular activities of anthocyanins and their corresponding vitisins a studies in platelets, monocytes, and human endothelial cells. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52, 3378-3384.
14. Ghasemi Ghahsareh, M. & Kafi, M. (2007) *Scientific and applied floriculture*. Golbon Press. 244 p. (in Farsi).
15. Gonçaves, J. F. D. C., Marengo, R. A. & Vieira, G. (2001) Concentration of photosynthetic pigments and chlorophyll fluorescence of mahogany and tonka bean under two light environments. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*, 13, 149-157.
16. Haghshenas, M. & Ghiabaklou, Z. (2009) Investigation of tinted glazing's effect in transmission of daylight and energy in the visible spectrum. *Journal of Color Science and Technology*, 2 (4), 213-220. (In Farsi).
17. Humadi, S. S. & Istudor, V. (2008) Quantitative analysis of bio-active compound in *Hibiscus sabdariffa* extracts. Note I quantitative analysis of flavonoids. *Farmacia*, 6, 669- 707.
18. Ilić, S. Z. & Milenković, L. (2012) The influence of photoselective shade nets on quality of tomatoes grown under a plastic tunnels and field conditions. In: Proceedings. *The 4th Joint UNS- PSU International Conference of BioScience, Biotechnology and Biodiversity*. Novi Sad, 25-34.
19. Ilić, S. Z., Milenković, L., Dimitrijević, A., Stanojević, L., Cvetković, D., Kevrešand, Ž., Fallike, E. & Mastilović, J. (2017) Light modification by color nets improve quality of lettuce from summer production. *Scientia Horticulturae*, 226, 389-397.
20. Kim, H. H., Goins, G. D., Wheeler, R. M. & Sager, J. C. (2004) Green-light supplementation for enhanced lettuce growth under red- and blue-light-emitting diodes. *HortScience*, 39(7), 1617-1622.
21. Kong, Y., Avraham, L., Perzelan, Y., Alkalai-Tuvia, S., Ratner, K., Shahak, Y. & Fallik, E. (2013) Pearl netting affects postharvest fruit quality in 'vergasá' sweet pepper via light environment manipulation. *Scientia Horticulturae* 150, 290-298.
22. Kong, Y., Avraham, L., Ratner, K. & Shahak, Y. (2012) Response of photosynthetic parameters of sweet pepper leaves to light quality manipulation by photoselective shade nets. *Acta Horticulturae*, 956, 501-506.
23. Kumar Gaurav, A., Raju, D.V.S., Janakiram, T., Singh, B., Jain, R., Gopala Krishnan, S. (2016). Effect of different coloured shade nets on production and quality of cordyline. *Indian Journal of Agricultural Sciences*, 86(7), 865-9.
24. Lee, D. W., Oberbauer, S. F., Krishnapilay, B., Mansor, M., Mohamad, H., Yap, S. K. (1997) Effects of irradiance and spectral quality on seedling development of two Southeast Asian *Hopea* species. *Oecologia*, 110, 1-9.
25. Liu, W. (2012) Light environmental management for artificial protected horticulture. *Agrotechnology*, v. 1, p.1-4.
26. Mancinelli, L. (1990) Interaction between light quality and light quantity in the photoregulation of antocyanin production. *Plant Physiology*, 92, 1191-1195.
27. Martin, R. J. & Deo, B. (1999) Effect of plant population on calendula flower production. *Newzealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 28: 37-44.
28. Mazumdar, B. C. & Majumder, K. (2003) *Methods on physicochemical analysis of fruits*. University College of Agriculture, Calcutta.
29. Miller, G., Suzuki, N., Yilmaz, S. & Mittler, R. (2010) Reactive oxygen species homeostasis and signaling during drought and salinity stresses. *Plant, Cell & Environment*, 33, 453-467.
30. Moein, M. R., Moein, S. & Ahmadizadeh, S. (2008) Radical scavenging and reducing power of *Salvia mirzayanii* subfractions. *Molecules*, 13, 2804-2013.
31. Moll, R. H. & Kamparth, E. J. (1977) Effect of population density upon agronomic traits associated with genetic increases in yield of (*Zea mays* L.). *Agronomy Journal*, 69, 81-84.

32. Ntsoane, M. L. (2015) Effect of photo-selective nettings on plant growth, quality at harvest and after postharvest storage in lettuce varieties. M.S.c. Thesis. Faculty of Science, Tshwane University of Technology. Pretoria. South Africa.
33. Oh, M. M., Carey, E. E. & Rajashekar, C. B. (2009) Environmental stresses induce health-promoting phytochemicals in lettuce. *Plant Physiology and Biochemistry*, 47, 578-583.
34. Omidbeigi, R. (2003) *Production and processing of medicinal herbs*. Astan-e Qods-e Razavi Press. 347 p. (in Farsi).
35. Oren-Shamir, M., Gussakovsky, E.E., Shpiegel, E., Nissim-Levi, A., Ratner, K., Ovadia, R., Giller, Y.E. & Shahak, Y. (2001). Coloured shade nets can improve the yield and quality of green decorative branches of *Pittosporum variegatum*. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 76, 353-361.
36. Safaai, B., Khalaji Asadi, M., Taghizadeh, H., Jilavi, A., Taleghani, G. & Danesh, M. (2005). Estimating Solar Energy Potential in Iran and Related Radiation Atlas. *Journal of Nuclear Science and Technology*, 33, 27-34.
37. Selahle, M. K., Sivakumar, D. & Soundy, P. (2014) Effect of photo-selective nettings on postharvest quality and bioactive compounds in selected tomato cultivars. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 94, 2187-2195.
38. Shahak, Y. (2008) Photosensitive netting for improved performance of horticultural crops. A review of ornamental and vegetable studies carried in Israel. *Acta Horticulturae*, 770, 161-168
39. Shahak, Y., Gussakovsky, E. E., Cohen, Y., Lurie, S., Stern, R., Kfir, S., Naor, A., Atzmon, I., Doron, I. & Greenblat-Avron, Y. (2004) Color nets: A new approach for light manipulation in fruit trees. *Acta Horticulturae*, 636, 609-616.
40. Shahak, Y., Kon, Y. & Ratner, K. (2016) The wonders of yellow netting. *Acta Horticulturae*, 43, 327-334.
41. Stuefer, J. F. & Huber, H. (1998) Differential effects of light quantity and spectral light quality on growth, morphology and development of two stoloniferous *Potentilla* species. *Oecologia*, 117, 1-8.
42. Tinyane, P. P., Sivakumar, D. & Soundy, P. (2013) Influence of photo-selective netting on fruit quality parameters and bioactive compounds in selected tomato cultivars. *Scientia Horticulturae*, 161, 340-349.
43. Yamasaki, H., Sakihama, Y. & Ikehara, N. (1997) Flavonoid-peroxidase reaction as a detoxification mechanism of plant cells against H₂O₂. *Plant Physiology*, 115, 1405-1412.