به زراعی کشاورزی
دوره ۱۶ ■ شماره ۲ ■ تابستان ۱۳۹۳
صفحه‌های ۲۷۰-۲۵۹

تأثیر شدت‌های مختلف نور بر رنگیزه‌های فتوسنتزی و غیرفتوسنتزی دو رقم گل رز

منصوره حاتمیان[۱]، مصطفی عرب[۲]* و محمودرضا روزبان[۳]

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه باغبانی، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران، پاکدشت، ایران
۲. استادیار گروه باغبانی، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران، پاکدشت، ایران
۳. استادیار گروه باغبانی، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران، پاکدشت، ایران

تاریخ وصول مقاله: ۱۳۹۲/۰۲/۱۷ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۲/۱۲/۲۰

چکیده

بیوسنتز رنگیزه‌های گیاهی به‌شدت تحت تأثیر عوامل محیطی به‌ویژه شدت نور قرار می‌گیرد. به‌منظور بررسی تأثیر شدت‌های مختلف نور بر غلظت رنگیزه‌های فتوسنتزی در برگ و غیرفتوسنتزی در گلبرگ دو رقم رز تجاری، شدت‌های مختلف نور شامل ۲۴۰، ۵۲۰، ۶۴۰ و ۱۲۰۰ (شاهد، بدون استفاده از تور) میکرومول بر متر مربع بر ثانیه با استفاده از تورهای پلاستیکی روی بوته‌های دو رقم رز ('ردوان' و 'گلمیرا') اعمال شد. نتایج تجزیهٔ واریانس داده ها، اختلاف معناداری را در مقدار کلروفیل کل و کاروتنوئید در تأثیرات اصلی شدت‌های مختلف نور نشان داد، به‌طوری‌که در شدت نور ۲۴۰ میکرومول بر متر مربع بر ثانیه، مقدار کلروفیل کل و کاروتنوئید افزایش یافت و در تیمار شاهد از مقدار آنها کاسته شد. همچنین در شدت نور ۲۴۰ میکرومول بر متر مربع بر ثانیه، کمترین مقدار آنتوسیانین تولید شد. نتایج این آزمایش نشان داد که با کاهش شدت نور تا ۲۴۰ میکرومول بر متر مربع بر ثانیه، غلظت کلروفیل افزایش می یابد. همچنین همراه با افزایش کلروفیل در شدت نور ۲۴۰ میکرومول بر متر مربع بر ثانیه، کاروتنوئیدهای برگ رز افزایش یافتند. اگرچه اختلاف معناداری در غلظت فلاونوئید مشاهده نشد، تجمع آنتوسیانین در شدت نور ۱۲۰۰ میکرومول بر متر مربع بر ثانیه نشان می‌دهد که تأثیر این ماده، سازوکاری حفاظتی برای گیاهان در برابر سطوح مضر نور بوده است.

کلیدواژه‌ها: آنتوسیانین، شدت نور، فلاونوئید، کاروتنوئید، کلروفیل.

*نویسنده مسئول Email: mosarab@ut.ac.ir

Archive of SID
www.SID.ir

۱. مقدمه

گل رز با نام علمی *Rosa hybrida* L. از خانوادهٔ Rosaceae است. شدت نور از مهم‌ترین عوامل مؤثر بر کیفیت و گلدهی رز است [۳۴] که همراه با دما، مهم ترین عوامل محیطی مؤثر بر بیوسنتز و تجمع رنگیزه های گیاهی محسوب می شوند [۳]. بسته به گیاه و نوع گونه، کاهش شدت نور سبب کاهش تجمع رنگیزه ها می شود [۳]. نور با متابولیسم کلروفیل ارتباط تنگاتنگی دارد [۳۱]. کلروفیل، پیوسته در حضور نور سنتز می شود و از بین می‌رود [۱۷]. محتوای کلروفیل، به منظور بهبود حداکثر جذب فوتون در وضعیت‌های محیطی مختلف تغییر می کند [۲۷]. همچنین شدت‌های مختلف نور بر متابولیسم ترکیبات فنولی نظیر آنتوسیانین‌ها مؤثرند [۱]. نور از عوامل اصلی تولید آنتوسیانین در سیب است و در بیوسنتز آن تأثیر فراوانی دارد. در بعضی رقم های سیب مقدار زیادی آنتوسیانین در قسمت هایی از سیب که در نور قرار گرفته است، تولید می شود، درحالی که این رنگیزه ها در طرف سایه وجود ندارند [۲۳]. در مطالعه‌ای دیگر، گلبرگ رزهای فلوریبوندا از رقم 'ایگازا'[1] در تیمارهای مختلف نوری بررسی شد. گلبرگ ها در تاریکی بدون رنگ باقی ماندند. با افزایش شدت نور، روندی افزایشی در تولید آنتوسیانین مشاهده شد. بنابراین افزایش شدت نور قابل مشاهده، سبب افزایش تشکیل آنتوسیانین می‌شود [۲۱]. همچنین در بررسی لاین های گل‌میمون[2]، محتوای رنگیزه های آنتوسیانین و فلاونوئید در سلول‌های اپیدرم با افزایش تیمار شدت نور افزایش یافت [۱۰].

در گیاهان تحت وضعیت تنش نوری، تغییراتی در متابولیسم، ترکیبات فراساختاری و رنگیزه هایشان به منظور تحمل و ماندگاری در وضعیت جدید رخ می دهد [۳۱].

برای مثال، مقدار کلروفیل کل و نسبت کلروفیل a به b در مرکز واکنش برگ های موجود در سایه، بیشتر است [۲۸]. در بافت‌های فتوسنتزی، کاروتنوئیدها عامل محافظتی به‌شمار می‌روند و از اکسید شدن مولکول‌های کلروفیل (اکسیداسیون نوری) در حضور نور و اکسیژن جلوگیری می‌کنند. در گل‌ها و میوه‌ها، کاروتنوئیدها، در گرده‌افشانی یا پراکندگی کمک‌کننده‌اند [۱۶].

امروزه با وجود مطالعات گوناگون، اهمیت رنگیزه‌ها بر کسی پوشیده نیست [۱۷، ۲۳، ۳۱]. به‌دلیل سنتز رنگیزه‌ها در شدت نور زیاد، بیشتر تلاش پرورش‌دهندگان گیاهان زینتی، افزایش سطوح نوری در پرورش گل است، اما نور شدید نیز در طول تابستان در بیشتر کشورها، مشکل به‌شمار می‌رود [۶]. سطوح نوری بالا ممکن است حتی به گونه های مقاوم به نور درنتیجهٔ توقف رشد، زردی برگ‌ها و لکه‌های نکروزهٔ قهوه‌ای روی برگ‌ها خسارت برساند. بنابراین باید از روش‌های رایج تنظیم شدت نور در پرورش گیاه استفاده کرد. دو روش رایج برای کاهش شدت نور در گلخانه، پوشش‌های سایه‌دهی و ترکیبات سایه‌دهی است. پوشش های سایه دهی مختلفی وجود دارد که نور را از ۲۵ تا ۹۸ درصد کاهش می دهد [۶]. استفاده از تورهای سایه‌دهی، سبب کاهش شدت تابش روی محصولات می شود. این کاهش به خنک شدن گلخانه کمک کرده و گیاهان را در برابر نور و دمای اضافی محافظت می‌کند [۲۲]. سایه‌دهی نسبی، کوششی در جهت کاهش دما، کاهش کسر فشار بخار آب، کنترل حشرات و بیماری ها و ایجاد وضعیتی برای دستیابی به حداکثر کیفیت گیاه است [۲۶]. با توجه به اینکه رنگیزه ها یکی از ارکان کیفیت گل است که مقدار و ترکیب آنها تا حد زیادی متأثر از شدت نور است، ضروری است برای هر گل، شدت نور بهینه تعیین شود تا بتوان برمبنای آن بهترین کیفیت و کمیت گل را تولید کرد.

1. Ehigasa
2. Antirrhinum majus

Archive of SID
www.SID.ir

نظر به اینکه گل رز از مهم‌ترین گل‌های بریدنی تولیدی در کشور است و ارقام مختلف آن، حداکثر کیفیت خود را در درصدی از نور طبیعی، یا درجاتی از سایه دهی کسب می‌کنند [۵، ۹]، در پژوهش حاضر، تأثیر سطوح مختلف شدت نور بر رنگیزه‌های فتوسنتزی و غیرفتوسنتزی دو رقم رز بریدنی به منظور تعیین سطح بهینهٔ شدت نور، بررسی شد.

۲. مواد و روش‌ها

این پژوهش در یکی از گلخانه‌های تجاری رز مجهز به سامانهٔ هیدروپونیک واقع در روستای گلزار شهرستان پاکدشت در نیمهٔ اول سال ۱۳۹۰ اجرا شد. در این آزمایش برای تغذیهٔ گل ها، از محلول غذایی هوگلند استفاده شد و دمای روز و شب گلخانه به‌ترتیب در دامنهٔ ۳۲-۲۷ و ۱۸-۱۵ درجهٔ سانتی‌گراد تنظیم شد.

۲. ۱. مواد گیاهی

دو رقم رز 'ردوان'[1] و 'گلمیرا'[2] به ترتیب دارای رنگ قرمز و سفید برای این مطالعه انتخاب شدند. در انتخاب ارقام و رنگ مورد مطالعه، بازارپسندی آنها نیز درنظر گرفته شد.

۲. ۲. روش آزمایش

در ابتدای خرداد ارقام یکسالهٔ رز، در قالب آزمایشی به‌صورت کرت‌های خردشده بر پایهٔ طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار، تحت سایه‌دهی با تورهایی با تراکم بافتی مختلف قرار گرفتند تا شدت نورهای لازم ایجاد شوند. به‌طوری‌که فاکتور اصلی چهار سطح شدت نور، و فاکتور فرعی دو سطح رقم درنظر گرفته شد. این تورها از شرکت تجاری پلی‌اتیلن تک سیرجان تهیه و طبق طرح آزمایشی مورد استفاده داخل گلخانه نصب شدند.

طول دورهٔ آزمایشی حدود چهار ماه بود و تا پایان شهریور ادامه یافت. نمونه‌گیری از هر تیمار در هر دورهٔ برداشت رز، از برگ های بالغ (پنجمین برگ توسعه یافته) و گل‌هایی قبل از برداشت تجاری بود. همچنین زمان نمونه گیری در اواسط هر دورهٔ برداشت رز بود. منبع شدت نور، نور خورشید بود و شدت نوری که در هر تیمار اعمال شد شامل ۶۴۰، ۵۲۰ و ۲۴۰ میکرومول بر متر مربع بر ثانیه[3] و ۱۲۰۰ میکرومول بر متر مربع بر ثانیه به‌عنوان شاهد بود. هر تکرار این آزمایش، ۱۰ بوتهٔ رز را شامل می‌شد. شدت نور با استفاده از دستگاه لوکس‌متر[4] در هر تیمار و در طول دورهٔ آزمایش اندازه‌گیری شد.

در این آزمایش، غلظت کلروفیل و کاروتنوئید به‌عنوان رنگیزه‌های فتوسنتزی و همچنین غلظت‌های آنتوسیانین و فلاونوئید به عنوان رنگیزه‌های غیرفتوسنتزی در شدت‌های مختلف نوری در حداکثر زمان تابش نور (ماه‌های تیر و مرداد) به‌شرح زیر اندازه‌گیری شد.

۲. ۳. اندازه‌گیری کلروفیل و کاروتنوئیدها

به منظور عصاره‌گیری کلروفیل و کاروتنوئید، حدود ۲۰ میلی‌گرم نمونهٔ برگی در پنج میلی‌لیتر دی‌متیل سولفواکساید[5] به مدت ۴۰ دقیقه در ۶۵ درجهٔ سانتی‌گراد درحالی‌که در تاریکی بود، غوطه‌ور شدند. عصاره‌گیری وقتی کامل شد که باقی‌مانده بدون رنگ بود. نمونه‌های عصاره با نسبت ۱:۱ با دی‌متیل سولفواکساید رقیق شدند و طیف جذبی با اسپکتروفتومتر قرائت شد. صفر شدن دستگاه اسپکتروفتومتر با دی‌متیل سولفواکساید انجام گرفت [۱۳].

1. Red One
2. Gulmira
3. µmol/m2 s1
4. Lux Meter (AR823, Bestone, Hong Kong)
5. DMSO

Archive of SID
www.SID.ir

$$C\ Chl\ a\ (mg/g\ FW) = 12.7\ (A663) - 2.69\ (A645) \times (V/1000\ W) \quad (۱)$$

$$C\ Chl\ b\ (mg/g\ FW) = 22.9\ (A645) - 4.68\ (A663) \times (V/1000\ W) \quad (۲)$$

$$C\ Chl\ a+b\ (mg/g\ FW) = 20.2\ (A645) - 8.02\ (A663) \times (V/1000\ W) \quad (۳)$$

$$C\ Carotenoid\ (mg/g\ FW) = 7.6\ (A470) - 1.49\ (A510) \times (V/1000\ W) \quad (۴)$$

در این رابطه‌ها، C: بیانگر غلظت؛ A: بیانگر جذب طول موج ویژه؛ V: حجم نهایی حلال مصرفی (میلی‌لیتر)؛ و W : وزن تر بافت (گرم) است [۱۳].

۲. ۴. اندازه‌گیری آنتوسیانین

جهت اندازه‌گیری آنتوسیانین‌ها، ۰/۱ گرم وزن تر گلبرگ در ۱۰ میلی‌لیتر محلول متانول اسیدی شامل الکل متیلیک و اسیدکلریدریک به نسبت ۹۹ به ۱، خوب ساییده شد و عصارهٔ حاصل سانتریفیوژ شده و محلول‌رویی به‌مدت یک شب در تاریکی قرار داده شد. جذب این ماده در طول موج ۵۵۰ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر[1] خوانده شد. برای محاسبهٔ غلظت آنتوسیانین‌ها از ضریب خاموشی معادل ۳۳۰۰۰ مول بر سانتی‌متر[2] استفاده شد [۳۰]. در نهایت غلظت آنتوسیانین برحسب میکرومول بر گرم وزن تازه محاسبه شد.

$$A = \varepsilon bc \quad (۵)$$

در این رابطه، A: جذب نمونه؛b : عرض کووت؛ و c: غلظت محلول مورد نظر است.

۲. ۵. اندازه‌گیری فلاونوئیدها

به‌منظور سنجش مقدار فلاونوئیدها، ۰/۱ گرم وزن تر گلبرگ در ۱۰ میلی‌لیتر محلول متانول اسیدی (الکل اتیلیک و اسید استیک به‌نسبت ۹۹ به ۱)، خوب ساییده و سپس عصاره سانتریفیوژ شد. در ادامه، محلول بالایی به‌مدت ۱۰ دقیقه به‌آرامی در حمام آب گرم با دمای ۸۰ درجهٔ سانتی‌گراد حرارت داده شد. سپس مقدار جذب آن توسط اسپکتروفتومتری در سه طول موج ۲۷۰، ۳۰۰ و ۳۳۰ نانومتر قرائت شد. در پایان، غلظت نهایی فلاونوئید در سه طول موج با استفاده از فرمول ۵، نظیر آنتوسیانین‌ها بر حسب میکرومول بر گرم وزن تازه محاسبه شد [۱۷].

۲. ۶. تجزیه‌وتحلیل داده‌ها

به‌منظور تجزیه‌وتحلیل داده‌ها، از نرم‌افزار آماری SAS استفاده و میانگین‌های به‌دست‌آمده به‌روش آزمون چنددامنه‌ای دانکن مقایسه شد.

۳. نتایج و بحث

در پژوهش حاضر، نتایج نشان داد که رنگیزه‌های فتوسنتزی از جمله کلروفیل کل و کاروتنوئید در اثرهای اصلی شدت نور در سطح احتمال ۱ درصد اختلاف معناداری نشان دادند، اما در اثرهای متقابل شدت نور و رقم، اختلاف معناداری در غلظت کلروفیل کل و کاروتنوئید مشاهده نشد (جدول ۱).

در سایه دهی بیشتر (شدت نور ۲۴۰ میکرومول بر متر مربع بر ثانیه)، غلظت کلروفیل کل افزایش یافته و در شدت نور زیاد، از غلظت کاسته شده است (شکل ۱). کلروفیل‌ها در وضعیت های محیطی متفاوت سعی می‌کنند با محیط سازش یابند، به‌طوری‌که محتوای کلروفیل، برای بهبود حداکثر جذب فوتون در وضعیت‌های محیطی مختلف تغییر می کند [۲۷]. در شدت نور زیاد و تابش شدید و مستقیم خورشید، کلروفیل به‌آسانی آسیب می‌بیند [۲۳].

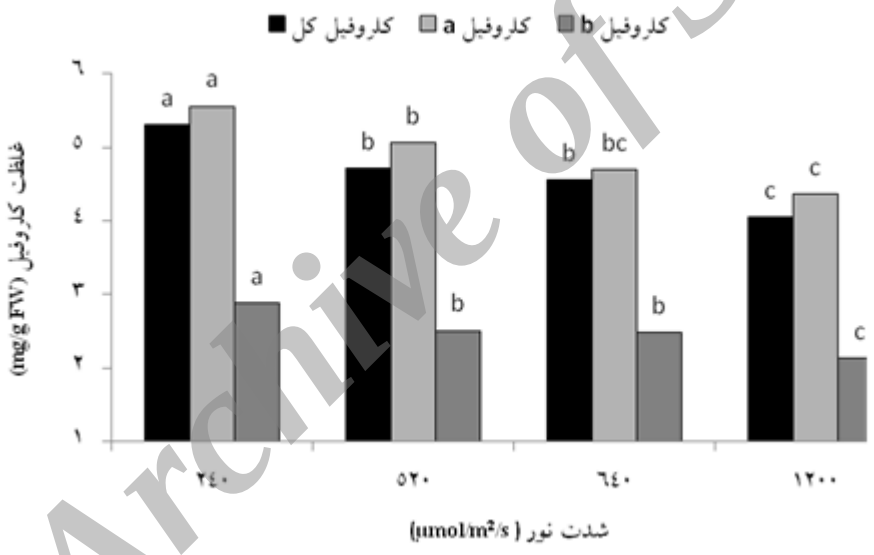
1. UV Vis Spectroscopy (Lambada 25, Perkin Elmer, USA)
2. mol/cm

Archive of SID
www.SID.ir

جدول ۱. جدول تجزیهٔ واریانس رنگیزه‌های فتوسنتزی و غیرفتوسنتزی در شدت‌های مختلف نوری

منابع تغییرات	درجهٔ آزادی	کلروفیل کل	کاروتنوئید	آنتوسیانین	فلاونوئید کل
تکرار	۳	۰/۰۰^{ns}	۰/۰۳^{ns}	۱۱۳۴/۴۳^{ns}	۷۳۸۹۸/۶۳^{ns}
شدت نور	۳	۶/۴۳**	۱/۰۰**	۱۷۹۰۳/۳۱**	۴۰۱۲۰/۶۸^{ns}
خطا	۹	۰/۰۳	۰/۰۳	۲۹۳۱/۹۷	۶۳۷۴۶/۶۲
رقم	۱	۰/۲۲^{ns}	۰/۱۹**	۷۸۲۶۲۵۶/۷۲**	۲۸۵۱۶۱/۸۲*
شدت نور × رقم	۳	۰/۳۸^{ns}	۰/۰۶^{ns}	۱۷۸۵۹/۹۳**	۲۷۴۲۹/۵۶^{ns}
اشتباه آزمایشی	۱۲	۱/۷۲	۰/۰۳	۲۳۹۱/۲۳	۵۵۴۸۳/۰۶
ضریب تغییرات (٪)	–	۶/۱۴	۶/۵۱	۹/۷۷	۹/۹۷

ns، * و **: به‌ترتیب غیرمعنادار و معنادار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد.



شکل ۱. اثر اصلی شدت‌های مختلف نور بر محتوای کلروفیل کل، کلروفیل a و کلروفیل b
میانگین‌های دارای یک حرف مشترک، تفاوت معناداری در سطح احتمال ۵ درصد آزمون دانکن ندارند.

شدت نور زیاد سبب تخریب رنگیزه‌های فتوسنتزی می‌شود [۷]. بیشترین مقدار کلروفیل در گیاهان بگونیای کشت‌شده در وضعیت سایه‌دهی، در سایه‌دهی ۷۶ درصد گزارش شد [۱۴]. گیاهان موجود در آفتاب، کلروفیل کمتری نسبت به گیاهان موجود در سایه دارند. گیاهان رشدیافته در سایه، نور کمتری برای فتوسنتز دریافت می کنند، در نتیجه ملزم به افزایش سطح برگ و مقدار رنگیزه‌ها در برگ خود هستند تا بتوانند تا حدودی این کمبود نور را جبران کنند. در نتیجه مقدار کلروفیل در آنها افزایش می‌یابد [۱۲]. به علاوه در نور شدید از تبدیل سریع پروتوکلروفیل به کلروفیل ممانعت خواهد شد [۲۰]. در تابش‌های شدید خورشید، فرایند از بین رفتن کلروفیل

Archive of SID
www.SID.ir

بسیار فعال است. در وضعیت سایه‌دهی، غلظت کلروفیل افزایش می‌یابد و تحت یک شدت تابش نسبی به‌حالت متعادل در می‌آید [۴]. نور شدید خارج از تحمل گیاه سبب کاهش اندازهٔ گیرندهٔ نور و بنابراین کوچک‌تر شدن گرانا در فتوسیستم II و بخشی از کلروفیل b می‌شود [۲۴].

در آزمایش حاضر، با کاهش میانگین مقدار کلروفیل کل در شدت نور زیاد (۱۲۰۰ میکرومول بر متر مربع بر ثانیه)، میانگین مقدار کاروتنوئید نیز با افزایش شدت نور، روند کاهشی دارد (جدول ۲). همانند رنگیزهٔ کلروفیل، مقدار میانگین کاروتنوئید در شدت نور زیاد (۱۲۰۰ میکرومول بر متر مربع بر ثانیه) کاهش یافت و در شدت نور کم (۲۴۰ میکرومول بر متر مربع بر ثانیه) نیز بیشترین میانگین مقدار کاروتنوئیدها به‌دست آمد.

کاروتنوئیدها گروه بزرگی از رنگیزه‌ها همراه با کلروفیل در کلروپلاست هستند و در کروموپلاست یافت می‌شوند. نور آفتاب بهینه موجب افزایش محتوای کاروتنوئید بیشتری نسبت به کلروفیل‌ها و تجمع پیش‌ماده‌های مسئول جذب نور در محدودهٔ ۳۵۰–۴۰۰ نانومتر می‌شود [۲۳]. اگرچه نور، یک سیگنال محیطی ضروری برای سنتز کاروتنوئید در میوهٔ مرکبات در مرحلهٔ مشخصی از نمو میوه محسوب می شود [۲۹]، از طرف دیگر، نور شدید از سنتز اجزای کاروتنوئیدها ممانعت خواهد کرد [۲۰]. این امر نشان می‌دهد که برای سنتز کاروتنوئیدها نیز سطح بهینه ای از نور لازم است. از طرف دیگر، بیوسنتز رنگیزه‌های کاروتنوئید می تواند در تاریکی نیز اتفاق بیفتد، یعنی بعضی کاروتنوئیدهای خاص در حضور نور و بعضی دیگر در تاریکی سنتز می شود [۱۵]. به‌نظر می‌رسد عمده‌ترین دلیلی که در این مطالعه، کاروتنوئیدهای برگ رز با کاهش نور افزایش یافتند، این باشد که رز دارای کاروتنوئیدهای خاصی است که سنتز آنها در تاریکی تحریک می‌شود (شکل ۲). لوتئین عمده‌ترین ترکیب کاروتنوئیدی دانهال‌های ذرت رشدیافته در تاریکی بود [۱۵]. در لوبیا[1]، افزایش زیادی در ۸–کاروتن و لوتئین در لپه‌ها و برگ‌ها در گیاهان رشدیافته در تاریکی وجود داشت [۱۱]. در مقایسهٔ کاروتنوئیدهای دانهال های گندم که در تاریکی و همچنین نور رشد یافته بودند، اجزای تشکیل‌دهندهٔ کاروتنوئید در گیاهان موجود در نور، مشابه همان گیاهان موجود در تاریکی بودند، به‌جز نئوگزانتین که فقط در گیاهان موجود در تاریکی وجود داشت [۳۲].

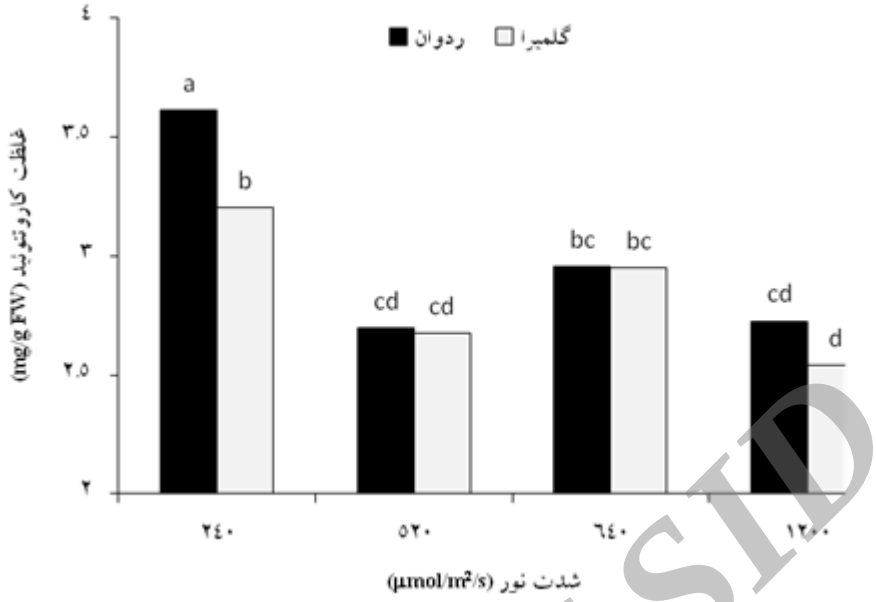
جدول ۲. مقایسهٔ میانگین اثرهای اصلی صفات ارزیابی‌شده تحت تأثیر شدت‌های مختلف نور در دو رقم رز

تیمار	کلروفیل کل (mg/g FW)	کلروفیل a (mg/g FW)	کلروفیل b (mg/g FW)	کاروتنوئید (mg/g FW)	آنتوسیانین (µm/g FW)	فلاونوئید (µm/g FW)
۲۴۰	۵/۳۱^{a}	۵/۵۶^{a}	۲/۸۸^{a}	۳/۴۰^{a}	۴۳۵/۰۴^{b}	۲۲۷۰^{a}
۵۲۰	۴/۷۱^{b}	۵/۰۶^{b}	۲/۵۱^{b}	۲/۸۸^{b}	۵۴۴/۸۶^{a}	۲۳۵۳^{a}
۶۴۰	۴/۵۶^{b}	۴/۷^{bc}	۲/۴۸^{b}	۲/۹۵^{b}	۴۹۸/۴۹^{a}	۲۳۷۸^{a}
۱۲۰۰	۴/۰۵^{c}	۴/۳۷^{c}	۲/۱۳^{c}	۲/۶۳^{c}	۵۲۱/۸۹^{a}	۲۴۴۱^{a}
’ردوان‘	۴/۷۴^{a}	۴/۹۸^{a}	۲/۵۶^{a}	۲/۹۹^{a}	۹۹۴/۶۱^{a}	۲۴۵۵/۱۷^{a}
’گلمیرا‘	۴/۵۷^{a}	۴/۸۶^{a}	۲/۴۴^{b}	۲/۸۴^{b}	۵/۵۳^{b}	۲۲۶۶/۳۷^{b}

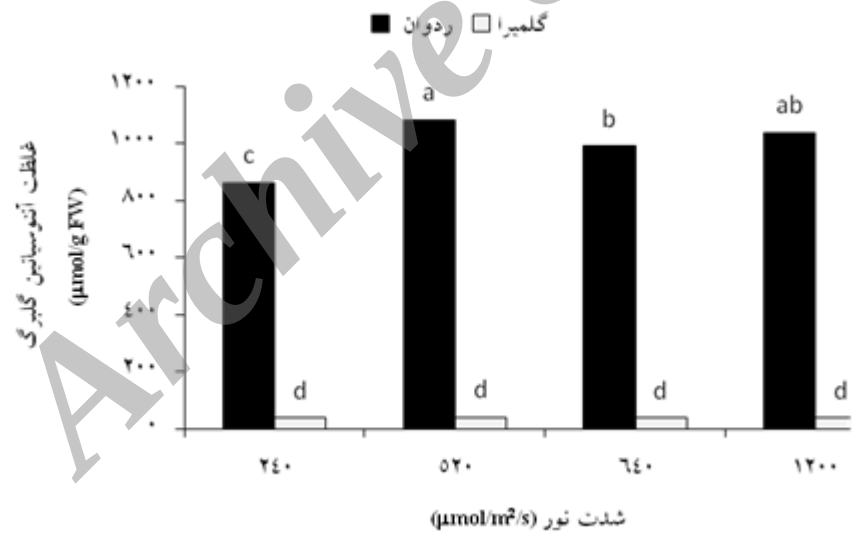
در هر ستون، میانگین‌های نشان‌داده‌شده با حروف یکسان، تفاوت معناداری ندارند.

1. *Phaseolus vulgaris*

Archive of SID
www.SID.ir



شکل ۲. اثر متقابل شدت‌های مختلف نور و رقم بر غلظت کاروتنوئید برگ میانگین‌های دارای یک حرف مشترک، تفاوت معناداری در سطح احتمال ۵ درصد آزمون دانکن ندارند.



شکل ۳. اثر متقابل شدت‌های مختلف نور و رقم بر غلظت آنتوسیانین گلبرگ میانگین‌های دارای یک حرف مشترک، تفاوت معناداری در سطح احتمال ۵ درصد آزمون دانکن ندارند.

اثر شدت نور، رقم و اثر متقابل آنها بر مقدار آنتوسیانین در سطح احتمال ۱ درصد معنادار شد (جدول ۱). در شدت نور ۲۴۰ میکرومول بر متر مربع بر ثانیه کمترین غلظت آنتوسیانین در رقم 'ردوان' به‌دست آمد، درحالی‌که در رقم 'گلمیرا' اختلاف معناداری بین شدت‌های مختلف نوری وجود نداشت (شکل ۳). اثر اصلی شدت نور و اثر

Archive of SID
www.SID.ir

متقابل شدت نور و رقم بر مقدار فلاونوئیدها معنادار نبود، ولی بین دو رقم در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معناداری در غلظت فلاونوئیدها وجود داشت (جدول ۱).

تجمع آنتوسیانین به عنوان یک رنگیزهٔ مهم در برگ تحت تأثیر متغیرهای مختلفی نظیر مواد غذایی، دما، دسترسی به آب و به‌ویژه نور است. به‌دلیل ویژگی جذب نور فرابنفش، سبز یا آبی در این رنگیزه‌ها، تجمع آنها ممکن است سازوکاری حفاظتی برای گیاهان در برابر سطوح مضر نور باشد [۳۲]. گیاهان در وضعیت تنش نوری، دستخوش تغییراتی در متابولیسم، ساختار و ترکیبات رنگیزه‌هایشان به منظور رقابت و بقا در محیط جدید هستند [۲۳]. برگ‌های گیاهی و سلول‌های گیاهی بیشتر نظیر یک سیستم فیلترمانند هستند.

یکی از روش‌های حفاظت از کلروفیل از شدت نور زیاد، رنگیزه‌های رنگی (فیلترها) هستند که نور را جذب می‌کنند. به‌نظر می‌رسد نوعی سازوکار فیزیولوژی وجود دارد که تولید رنگیزه را در پاسخ به نور شدید تسهیل می‌کند [۱۲]. بسیاری از تنش‌ها در برگ‌ها و میوه‌ها در وضعیت نور قوی مانند دیگر تنش های محیطی (نظیر دما، پرتو فرابنفش، خشکی، فلزات سنگین، زخم، آلاینده ها و غیره)، سنتز رنگیزه های اضافی مانند آنتوسیانین را القا می‌کند [۲۳]. آنتوسیانین ها پایداری بیشتری به تابش نسبت به کلروفیل نشان می‌دهند.

یکی از وظایف آنتوسیانین‌ها نقش حفاظتی آنها در مقابل تنش نوری است. همچنین آنتوسیانین به‌عنوان گیرندهٔ نور درونی مؤثر و تکمیل‌کنندهٔ اختلاف جذب کلروفیل در بخش سبز – نارنجی در طیف قابل مشاهده است [۲۳]. در بررسی تشکیل رنگیزهٔ جوانهٔ رز 'باکارا'[1]، شدت نور کم، دسترسی به قندها را کاهش می‌دهد. وقتی این اتفاق در زمان تولید بیشترین تشکیل رنگیزه رخ می‌دهد، افت سطح رنگیزه مشاهده می‌شود که به اصطلاح به آن بلوئینگ[2] رز گفته می‌شود [۳]. در مطالعه‌ای دیگر بر روی سیب، مقدار زیادی آنتوسیانین در معرض نور خورشید در میوه‌ها تجمع می‌یابد. غلظت آنتوسیانین در هر دو رقم 'گالا'[3] و 'رویال گالا'[4] در طرف سایه نسبت به طرف در معرض آفتاب کمتر بود. تیمار نور قابل مشاهده در رقم‌هایی که پیشتر در سایه بودند، افزایش زیادی در غلظت آنتوسیانین در هر دو رقم ایجاد کرد [۲۵]. در تحقیقی دیگر، گلبرگ رزهای فلوری‌باندا رقم 'ایگازا' در تیمارهای مختلف نوری بررسی شد. گلبرگ‌ها در تاریکی بدون رنگ باقی ماندند. با افزایش طول و شدت نور، روندی افزایشی در تولید آنتوسیانین مشاهده شد. بنابراین افزایش شدت نور قابل مشاهده سبب افزایش تشکیل آنتوسیانین می‌شود [۲۱].

نتایج پژوهش نشان داد که نور برای تجمع آنتوسیانین در رز ضروری است. البته پاسخ‌های متغیر و متفاوتی به‌دلیل بلوغ، تابش قبلی نور، رقم و دما به تجمع آنتوسیانین وجود دارد [۲۵]. اگرچه اختلاف معناداری از نظر مقدار فلاونوئید در تیمارهای مختلف شدت نور مشاهده نشد، با افزایش شدت نور میانگین مقدار فلاونوئید نیز افزایش یافت، به‌طوری‌که در شدت نور ۱۲۰۰ میکرومول بر متر مربع بر ثانیه (شاهد، بدون تور) بیشترین مقدار فلاونوئید در رقم 'ردوان' به‌دست آمد (شکل‌های ۴ و ۵).

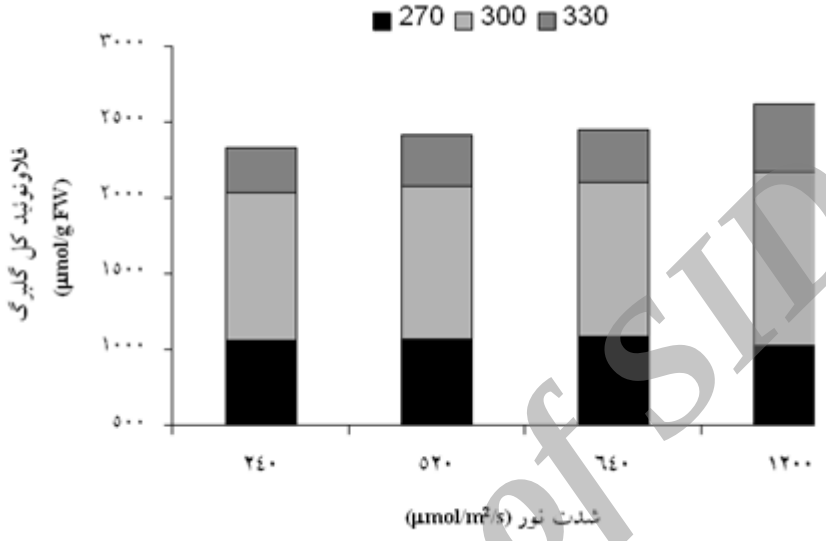
در بین گل‌های بریدنی، رزها مهم‌ترین گل از لحاظ تنوع رقم و رنگ گل هستند [۸]. ژن‌هایی که بیوسنتز رنگیزه‌ها را رمزگذاری می‌کنند، می‌توانند برای بهبود رنگ‌های گل استفاده شوند [۲۱]. تغییر در توسعهٔ رنگ، نظیر رنگ‌پریدگی، بلوئینگ و بلکینگ گلبرگ‌های قرمز و صورتی، سبز شدن رزهای زرد ناشی از تغییر در شدت و ترکیب طیفی نور و دیگر فاکتورهای محیطی است [۳۳]. به‌نظر می‌رسد یکی از

1. Baccara

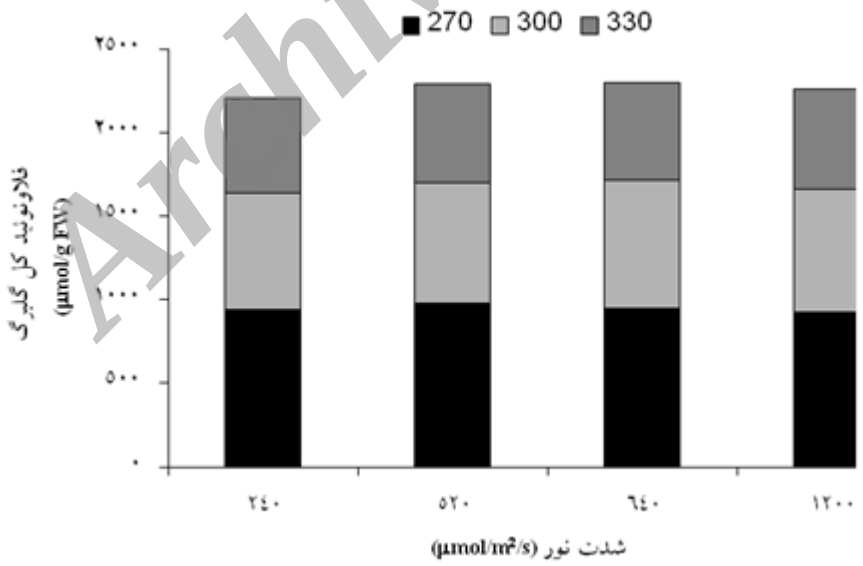
2. Bluing
3. Gala
4. Royal Gala

Archive of SID
www.SID.ir

دلایلی که در این پـژوهش بـا افـزایش شـدت نـور، مقـدار میانگین فلاونوئید کل افزایش یافت این است که نور موجب افـزایش فعالیـت آنـزیم‌هـای کلیـدی در مسـیر بیوسـنتز فلاونوئیدها یعنی مسیر فنیل پروپانوئید می‌شود، به‌طوری‌کـه نور فعالیت این آنزیم‌ها را تنظیم می‌کند [۲۱].



شکل ۴. اثر شدت‌های مختلف نور بر غلظت فلاونوئید کل در گلبرگ رقم 'ردوان'



شکل ۵. اثر شدت‌های مختلف نور بر غلظت فلاونوئید کل در گلبرگ رقم 'گلمیرا'

Archive of SID

www.SID.ir

در بین گل‌های بریدنی، رزها مهم‌ترین گل از لحاظ تنوع رقم و رنگ گل هستند [۸]. ژن‌هایی که بیوسنتز رنگیزه‌ها را رمزگذاری می‌کنند، می‌توانند برای بهبود رنگ‌های گل استفاده شوند [۲۱]. تغییر در توسعهٔ رنگ، نظیر رنگ‌پریدگی، بلوئینگ و بلکینگ گلبرگ‌های قرمز و صورتی، سبز شدن رزهای زرد ناشی از تغییر در شدت و ترکیب طیفی نور و دیگر فاکتورهای محیطی است [۳۳]. به‌نظر می‌رسد یکی از دلایلی که در این پژوهش با افزایش شدت نور، مقدار میانگین فلاونوئید کل افزایش یافت این است که نور موجب افزایش فعالیت آنزیم‌های کلیدی در مسیر بیوسنتز فلاونوئیدها یعنی مسیر فنیل پروپانوئید می‌شود، به‌طوری‌که نور فعالیت این آنزیم‌ها را تنظیم می‌کند [۲۱].

معلوم شده است که تشکیل رنگیزه در گل‌های رز 'ماسکوراد'[1] به شدت نورهای بیشتر نیاز دارد [۳۳]. از طرف دیگر، فلاونوئیدها ترکیباتی فنولی هستند که در ترکیبات گیاهی می‌توانند رادیکال‌های آزاد و فعال اکسیژن را حذف کنند [۱۹]. افزایش مقدار فنول های اندام هوایی در پاسخ به افزایش نور، به دلیل نقش نور در بیوسنتز فنول ها است و نیز احتمالاً نقشی در سازگار کردن گیاهان با وضعیت نور شدید داشته است. نقش ترکیبات فنولی در محافظت از رادیکال‌های آزاد در سلول‌های جانوری اثبات شده است و شواهدی برای ایفای نقش مشابه در گیاهان نیز ارائه شده است [۲]. در مطالعه‌ای دیگر نیز در بررسی لاین های گل میمون، محتوای رنگیزه‌های آنتوسیانین و فلاونوئید در سلول‌های اپیدرم با افزایش تیمار شدت نور افزایش یافته است [۱۰].

همان طورکه در این پژوهش ملاحظه شد، فاکتورهای محیطی به‌ویژه نور، بر کمیت و کیفیت رنگیزه‌ها مؤثرند. در پژوهش حاضر، رنگیزه‌های فتوسنتزی (کلروفیل و کاروتنوئید) در شدت تابش زیاد (۱۲۰۰ میکرومول بر متر مربع بر ثانیه) کاهش می یابند و رنگیزه‌های غیرفتوسنتزی در شدت نور زیاد، به عنوان سازوکاری دفاعی افزایش می‌یابند تا بتوانند گیاه را در مقابل خسارت‌های احتمالی با توجه به ویژگی‌های خود حفظ کنند. از طرفی مقدار رنگ گلبرگ‌های رز، شاخصی کیفی در رزهای بریدنی محسوب می شود که از این لحاظ تعیین شدت نور بهینه برای دستیابی به بیشترین کیفیت رنگ گلبرگ ضروری به نظر می‌رسد. باتوجه به اینکه در این پژوهش، بیشترین مقدار آنتوسیانین گلبرگ های رز در هر دو رقم مورد مطالعه در شدت نور ۵۲۰ میکرومول بر متر مربع بر ثانیه اندازه‌گیری شده است، به پرورش‌دهندگان رز توصیه می‌شود شدت نور گلخانه را در طول تابستان تا ۵۲۰ میکرومول بر متر مربع بر ثانیه کاهش دهند.

منابع

۱. حاجی‌بلند ر و فرهنگی ف (۱۳۸۹) رشد، رنگیزه‌های برگ و فتوسنتز گیاه شلغم تحت کمبود بور (*Brassica rapa*) و شدت‌های مختلف نور. علوم دانشگاه تهران. ۳۶: ۱-۸.

2. Anderson M and Jordheim M (2005) The anthocyanins. In: Anderson., Markham K.R. (eds.) Flavonoids: Chemistry. Biochemistry and Applications. CRC Press.

3. Biran I, Robinson M and Halevy N (1974) Factors determining petal colour of Baccara roses. Exprimental Botany. 25: 614-623.

4. Brand MH (1997) Shade influences plant growth, leaf color and chlorophyll content of *Kalmia latifolia* L. cultivars. Horticulture Science. 32: 206-208.

5. Bredmose N (1993) Effect of year-round supplementary lighting on shoot development, flowering and quality of two glasshouse rose cultivars. Scientia Horticulturae. 54: 69-85.

1. Masquerade

Archive of SID
www.SID.ir

6. Dole JM and Wilkins HF (1999) Floriculture principle and species. Prentice-Hall. United States of America. 400 pp.

7. Faust J (2004) Light management in greenhouses (Research Report). Available at: http://www.specmeters.com/pdf/articles/A051.pdf.

8. Ferrante A, Trivellini A and Serra G (2010) Colours Intensity and Flower longevity of Garden Roses. Biological Sciences. 5(1): 125-130.

9. Gisleord H and Mortenson L (1994) Effect of light intensity on growth and quality of cut roses. Acta Horticulture. 418: 25-30.

10. Gorton H and Vogelmann T (1996) Effects of epidermal cell shape and pigmentation on optical properties of *Anfirrhinum* petals at visible and ultraviolet wavelengths. Plant Physiology. 112: 879-8238.

11. Goodwin TW and Phagpolngarm S (1960) Studies in carotenogenesis. 28. The effect of illumination on carotenoid synthesis in French-bean (*Phaseolus vulgaris*) seedlings. Biochemistry. 76: 197-99.

12. Hamerlynck E, 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: 55-63.

13. Hiscox JD and Israelstam GF (1979) A method for the extraction of chlorophyll from leaf tissue without maceration. Canadian Journal of Botany. 57: 1332-1334.

14. Jeong KY, Pasian CC and Tay D (2007) Response of six *Begonia* species to different shading levels. Acta Horticuture. 761: 215-220.

15. Kay RE and Phinney B (1956) Plastid pigment changes in the early seedling leaves of *Zea mays* L. Plant Physiology. 31: 226-31.

16. Kays SJ (1991) Postharvest physiology of perishable plant products. Van Nostrand Reinhold Publ. New York. 335 pp.

17. Kramer PJ and Koslowski T (1979) Physiology of wood Plant. New York: Academic Press. 811 pp.

18. Krizek DT, Brita SJ and Miewcki RM (1998) Inhibitory effects of ambient level of solar UV-A and UV-B on growth of cv. New Red Fire lettuce. Physiologia Plantarum. 103: 1-7.

19. Leng P, Itamura H, Yamamura H and Deng XM (2002) Anthocyanin accumulation in apple and peach shoots during cold acclimation. Scientia Horticulturae. 83: 43-50.

20. Leoncio C, Clinton OC and Simpson LK (1976) Light dependent carotenoid synthesis in tomato. Fruit Chemistry. 24: 46-59.

21. Maekawa S, Terabun M and Nakamura N (1980) Effect of Ultraviolet and visible light on flower pigmentation of Ehigasa roses. Japanese Society of Horticulture Science. 49: 251-259.

22. McMahon MJ, Kelly JW and Decoteau DR (1990) Specterial Transmittance of selected greenhouse construction and nursery shading material. Environmental Horticulture. 8: 118-121.

23. Merzlyak M and Chivkunova OB (2000) Light-stress-induced pigment changes and evidence for anthocyanin photoprotection in apples. Journal of Photochemistry and Photobiology. 55: 155-163.

24. Pandey DM, Kang KH and Yeo UD (2005) Effects of excessive photon on the photosynthetic pigments and violaxanthin de epoxidase activity in the xanthophylls cycle of spinach leaf. Plant Science. 168: 161-166.

25. Reay PF and Lancaste JE (2000) Accumulation of anthocyanins and quercetin glycosides in Gala and Royal Gala apple fruit skin with UV-B-Visible irradiation: modifying effects of fruit maturity, fruit side and temperature. Scientia Horticulture. 90: 57-68.

Archive of SID
www.SID.ir

26. Samartzidis C, Awada T, Maloupa E, Radoglou K and Constantinidou HIA (2005) Rose productivity and physiological responses to dierent substrates for soil-less culture. Scientia Horticulture. 106: 203-212.

27. Schiefthaler U, Russell AW, Bolhar-Nordenkampf HR and Critchley C (1999) Photoregulation and photodamage in Schefflera arboricola leaves adapted to different light environments. Plant Physiology. 26: 485-494.

28. Taiz L and E Zieger (2002) Plant Physiology. 5th Ed. Sinauer Associates.

29. Tao J, Zhang S, An X and Zhao Z (2003) Effects of light on carotenoid biosynthesis and color formation of citrus fruit peel. Applied Ecology. 14: 1833-1836.

30. Wagner GJ (1979) Content and vacuole/ extravacuole distribution of neutral sugars,free amino acids, and anthocyanin in protoplasts. Plant Physiological. 64: 88-93.

31. Whatley F and Whatley FR (1982) A luz e a vida das plants: Temas de biologia. Sao Paulo. 30: 101 p.

32. Wolf FT (1963) Effects of light and darkness on biosynthesis of carotenoid pigments in wheat seedlings. Plant Physiology. Pp. 649-652.

33. Zieslin N and Mor Y (1981) Plant management of greenhouse roses; Formation of renewal canes. Scientia Horticulturae. 15: 67-75.

34. Zieslin N and Mor Y (1990) Light on roses: a review. Scientia Horticulturae. 43: 1-14.

Archive of SID

www.SID.ir