به زراعی کشاورزی
دوره ۱۷ ■ شماره ۱ ■ بهار ۱۳۹۴
صفحه‌های ۱۱-۱

مطالعهٔ رفتار روزنه‌ای دو رقم گل رز در شدت‌های مختلف نور

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

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

تاریخ وصول مقاله: ۹۲/۱۰/۲۲ تاریخ پذیرش مقاله: ۹۳/۰۳/۲۱

چکیده

نور از مهم‌ترین عوامل محیطی تأثیرگذار بر بسیاری از جنبه‌های رشد و نمو گیاهان محسوب می‌شود. برگ‌های قرارگرفته در سایه و آفتاب به طور معمول تفاوت‌هایی در بسیاری ویژگی‌ها از جمله رفتار روزنه‌ای نشان می‌دهند. در این پژوهش، تأثیر شدت‌های مختلف نور بر رفتار روزنه‌ای دو رقم رز تحت شرایط گلخانه‌ای بررسی شد. تیمارها شامل شدت‌های نور ۱۲۰۰ (شاهد)، ۶۴۰، ۵۲۰ و ۲۴۰ میکرومول بر متر مربع در ثانیه بودند که روی دو رقم تجاری رز (‘ردوان’ و ‘گلمیرا’) با استفاده از تورهای سبز رنگ اعمال شدند. براساس نتایج به‌دست‌آمده، طول و عرض روزنه در شدت نور ۶۴۰ میکرومول بر متر مربع در ثانیه بیشترین بود و از این نظر، تفاوتی بین ارقام وجود نداشت. از نظر تراکم روزنه، تفاوت معناداری میان شدت‌های مختلف نور مشاهده نشد، اما بین دو رقم رز از این نظر، اختلاف معناداری مشاهده شد، به‌طوری‌که رقم ‘گلمیرا’ تعداد روزنهٔ بیشتری نسبت به رقم ‘ردوان’ داشت. اگرچه هدایت روزنه‌ای تنها در بین دو رقم اختلاف معناداری در سطح ۵ درصد نشان داد، مقایسهٔ میانگین شدت‌های مختلف نور تفاوت معناداری از این نظر نشان ندادند و تنها یک روند افزایشی با افزایش شدت نور به‌دست آمد.

کلیدواژه‌ها: تراکم روزنه، سایه‌دهی، طول روزنه، عرض روزنه، هدایت روزنه‌ای.

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

Archive of SID
www.SID.ir

۱. مقدمه

عوامل محیطی، تأثیر انکارناپذیری بر رشد و نمو گیاهان دارند و گیاهان قادرند رشد و نمو خودشان را مطابق با شرایط محیطی تغییر دهند. این ویژگی، عامل مهمی در تعیین تحمل آنها به تنش‌ها و افزایش کارایی آنها تحت شرایط محیطی است [۲۶] و می‌تواند از جنبه‌های مدت، کیفیت و کمیت حائز اهمیت باشد.

نور نه‌تنها یک منبع انرژی برای فتوسنتز است، بلکه عاملی تحریک‌کننده برای تعدادی از فرایندهای نموی از جوانه‌زنی بذر گرفته تا شروع گلدهی محسوب می‌شود [۸]. مورفولوژی و فیزیولوژی گیاهان به‌شدت تحت تأثیر کمیت نور قرار می‌گیرد. در یک گیاه واحد، برگ‌های قرارگرفته در سایه و نور آفتاب به‌طور معمول تفاوت‌هایی در سطح برگ، ضخامت برگ، ضخامت کوتیکول، محتوای کلروفیل، جهت کلروپلاست‌ها و رفتار روزنه‌ای نشان می‌دهند [۲۶].

روزنه‌های برگ، اصلی‌ترین وسیلهٔ تبادلات گازی در گیاهان آوندی هستند. این اعضا، منافذ کوچکی اند که به طور معمول در بخش زیرین برگ‌ها وجود دارند و تحت کنترل یک جفت سلول لوبیاشکل موسوم به سلول‌های نگهبان، باز و بسته می‌شوند. وقتی منفذ روزنه باز است دی‌اکسیدکربن وارد گیاه شده و در مقابل، اکسیژن آزاد می‌شود. به‌علاوه گیاهان ممکن است برای باز و بسته شدن روزنه‌ها، سرعت تبادلات گازی را توسط تغییر در تراکم روزنه در برگ‌های جدید کنترل کنند [۲۶]. مهم ترین ویژگی روزنه‌ها، قدرت باز و بسته شدن آنهاست و تغییر در اندازهٔ گشودگی روزنه‌ها، سرعت تبادلات گازی را تنظیم می‌کند. گشودگی یا بسته شدن روزنه‌های برگ‌های گیاه توسط عوامل محیطی و ژنتیکی تنظیم می‌شود. نور سبب تغییراتی در حرکت روزنه‌های گیاه نیز می‌شود [۳۰، ۱۴]. به باز و بسته شدن روزنه‌ها و تغییرات آنها تحت شرایط محیطی مختلف، رفتار روزنه‌ای اطلاق می‌شود [۱۲]. متأسفانه مطالعات کمی دربارهٔ اثر نور به‌ویژه بر طول و عرض روزنه وجود دارد و از طرف دیگر، شدت نور عامل مهم مؤثری بر ساختار مورفولوژی و آناتومی[1] گیاهان است. یکی از ویژگی‌های آناتومیک حائز اهمیت در این مورد، تراکم روزنه است. مشاهدات اولیه نشان می‌دهند که برگ‌های گیاهانی که تحت شرایط نوری بهتری رشد می‌کنند، تراکم روزنهٔ بیشتری نسبت به گیاهان رشدیافته در شدت نور کمتر دارند [۲۱].

با بررسی فراوانی روزنه در برگ‌های زنبق هلندی[2] تحت چهار شدت نور متفاوت ۱۲، ۳۷، ۷۵ و ۱۰۰ درصد نور کامل، نشان داده شد که تراکم روزنه در واحد سطح، در شدت‌های نور اندک، کمتر است [۲۱]. در مطالعه‌ای دیگر، بررسی تراکم روزنه در چهار گروه لوبیا[3] که در شدت‌های نوری ۲۰۰۰، ۴۰۰۰، ۶۰۰۰ و ۸۰۰۰ فوت کندل رشد کرده بودند، نشان داد که تراکم روزنه در گیاهانی که در شدت نور ۸۰۰۰ فوت کندل رشد یافتند، بیشتر و برای گیاهانی که در شدت نور ۲۰۰۰ فوت کندل رشد کرده بودند، کمتر بود [۹]. همچنین مشخص شده است که افزایش شدت نور، تعداد سلول‌های اپیدرمی را کاهش، و تعداد روزنه، شاخص و اندازهٔ روزنه را افزایش می‌دهد [۸].

از نظر اکولوژیکی به‌منظور سازگاری بهتر گیاه با محیط زیست، هدایت روزنه‌ای باید با متابولیسم و فتوسنتز هماهنگ باشد. روزنه باید تغییرات رخ‌داده در محیط را درک کند [۶]. نوسان در شدت نور موجب تغییر هدایت روزنه‌ای، بسته به تعداد و شدت نوسان‌ها می‌شود. همچنین تغییرات غلظت دی‌اکسیدکربن اتمسفر نیز می‌تواند سبب تغییرات هدایت روزنه‌ای شود [۱۴]. بیشترین هدایت روزنه‌ای در برگ‌های گوجه فرنگی در تشعشع بیشتر از ۴۰۰ میکرومول بر متر مربع در ثانیه رخ می‌دهد [۷]. افزایش تابش از ۱۳۵ تا ۴۵۰ وات بر متر مربع موجب تغییر در هدایت روزنه‌ای می‌شود [۱۴].

1. Anatomy
2. *Iris hollandica*
3. *Phaseolus vulgaris L.*

Archive of SID
www.SID.ir

با توجه به اینکه روزنه‌ها عامل اساسی بسیاری از فعالیت‌های فیزیولوژیک گیاه به‌شمار می‌روند، گشودگی و تراکم روزنه‌ها در گیاه بسیار مهم است. همچنین ارقام مختلف رز، حداکثر فعالیت فیزیولوژیک و کارایی خود را در درصدی از نور طبیعی، یا درجاتی از سایه‌دهی بروز می‌دهند. بر این اساس، پژوهش حاضر با هدف بررسی رفتار روزنه‌ای دو رقم رز به شدت‌های مختلف نور در شرایط گلخانه انجام گرفت.

۲. مواد و روش‌ها

این پژوهش طی سال ۱۳۹۰ در گلخانهٔ تجاری رز[1] مجهز به سامانهٔ هیدروپونیک واقع در روستای گلزار شهرستان پاکدشت (عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۴۷ دقیقهٔ شمالی و طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۵۳ دقیقهٔ شرقی) انجام گرفت. دو رقم رز 'ردوان'[2] و 'گلمیرا'[3] به ترتیب دارای رنگ قرمز و سفید برای بررسی انتخاب شدند. در انتخاب ارقام و رنگ مورد مطالعه، بازارپسندی آنها نیز در نظر گرفته شد.

در ابتدای خرداد، ارقام رز مورد بررسی در شدت‌های مختلف نور قرار گرفتند. به منظور تنظیم شدت نور در داخل گلخانه، از تورهایی با تراکم‌های بافتی مختلف متعلق به شرکت پلی‌اتیلن تک سیرجان بهره‌گیری شد و تورها براساس طرح آزمایشی مورد استفاده در این پژوهش، نصب شدند. دورهٔ آزمایشی چهار ماه و تا انتهای شهریور که مصادف با پایان یکی از دوره‌های گلدهی رزها بود، ادامه یافت. در این مدت، رفتار روزنه‌ای برگ‌ها در فواصل زمانی مختلف، بررسی شد.

پژوهش حاضر به‌صورت آزمایش کرت‌های خردشده بر پایهٔ طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار انجام گرفت. فاکتور اصلی آزمایش، شدت‌های مختلف نور بود که در چهار سطح با استفاده از تورهای سبزرنگ که دارای تراکم‌های مختلفی بودند، اعمال شدند و فاکتور فرعی، رقم در دو سطح (ارقام رز 'ردوان' و 'گلمیرا') بود. شدت نوری که در هر تیمار اعمال شد، شامل ۱۲۰۰ (بدون استفاده از تور به عنوان تیمار شاهد)، ۶۴۰، ۵۲۰ و ۲۴۰ میکرومول بر متر مربع در ثانیه بود. منبع شدت نور گلخانه، نور خورشید بود و از هیچ منبع نور مصنوعی استفاده نشد. هر تکرار این آزمایش، ۱۰ بوتهٔ رز را شامل می‌شد. تراکم بوته‌های رز شامل هفت بوته در یک متر مربع بود که از چند بوته رز یکسالهٔ موجود در هر تکرار، چهارمین یا پنجمین برگ بالغ، به طور تصادفی جهت اندازه‌گیری‌ها استفاده شد. میانگین دمای شب و روز به‌وسیلهٔ سیستم پوشال و پنکه به‌ترتیب روی ۱۸-۱۵ و ۳۰-۲۷ درجهٔ سانتی‌گراد حفظ شد. پوشش گلخانه نیز از پلاستیک‌های پلی‌اتیلنی بود.

۲.۱. ارزیابی روزنه‌ها

به‌منظور ثبت ابعاد روزنه‌ها، از روش نیل وارنیش[4] استفاده شد [۲۵]. بر این اساس، به‌منظور جدا کردن اپیدرم از برگ و تهیهٔ اسلاید، از لاک ناخن شفاف استفاده شد. بدین‌منظور، بخشی از برگ به اندازهٔ تقریبی ۱۰×۵ میلی‌متر را که ترجیحاً فاقد رگبرگ اصلی بود با از لاک ناخن شفاف پوشانده شد و ۱۰ تا ۱۵ دقیقه صبر گردید تا خشک شود. سپس با تیغ، حاشیه‌های آن به‌شکل یک چهارگوش درآورده شد و یک نوار چسب شفاف روی آن چسبانده و با انگشت فشار داده شد تا اپیدرم کاملاً به چسب ملحق شود. سپس چسبی که اپیدرم به‌صورت لایهٔ شفاف بسیار نازکی به آن چسبیده بود، جدا و روی لام میکروسکوپی چسبانده شد. تمام نمونه‌ها با استفاده از یک میکروسکوپ نوری با بزرگنمایی ۴۰X به‌منظور تعیین تراکم روزنه‌ها در واحد سطح (تعداد روزنه در میلی‌متر مربع) و با بزرگنمایی ۱۰۰X به‌منظور تعیین طول و عرض روزنه ارزیابی شدند [۲۵].

1. *Rosa hybrida L.*
2. Red One
3. Gulmira
4. Nail varnish

Archive of SID
www.SID.ir

۲.۲. اندازه‌گیری هدایت روزنه‌ای، نور عبوری از برگ و دمای برگ

هدایت روزنه‌ای، نور عبوری از برگ و دمای برگ تحت شدت‌های مختلف نور هر دو هفته یک بار در ساعات ۱۰ تا ۱۱ با استفاده از دستگاه پرومتر[1] قرائت شد.

۳.۲. تجزیه‌های آماری

به‌منظور تجزیه‌وتحلیل داده‌ها، از نرم‌افزار آماری SAS (ویرایش ۹) استفاده شد و مقایسهٔ میانگین‌ها با کمک آزمون چنددامنه‌ای دانکن انجام پذیرفت.

۳. نتایج و بحث

براساس نتایج تجزیهٔ واریانس آزمایش (جدول ۱)، طول و عرض روزنه، اختلاف معناداری در شدت‌های مختلف نور نشان دادند. طول روزنه، تراکم روزنه تحت تأثیر رقم نیز قرار گرفت. تیمارهای مختلف شدت نور، تأثیر معناداری بر تراکم روزنه و نرخ هدایت روزنه‌ای نداشتند و تنها بین دو رقم مورد بررسی تفاوت‌های معناداری نشان دادند.

دمای برگ نیز تحت اثر متقابل شدت نور و رقم قرار گرفت. وضعیت گشودگی روزنه در شدت‌های مختلف نور در دو رقم رز در شکل ۱ نشان داده شده است.

کاهش شدت نور تا سطح ۶۴۰ میکرومول بر متر مربع در ثانیه در هر دو رقم 'ردوان' و 'گلمیرا' در مقایسه با تیمار شاهد (۱۲۰۰ میکرومول بر متر مربع در ثانیه)، موجب افزایش طول و عرض روزنه شد (جدول ۲)، درصورتی که با افزایش شدت نور از ۶۴۰ به ۱۲۰۰ میکرومول بر متر مربع در ثانیه (شاهد)، طول و عرض روزنه کاهش یافت (جدول ۲). از طرف دیگر، در شدت نور۲۴۰ میکرومول بر متر مربع در ثانیه که بیشترین سطح سایه‌دهی اعمال شده بود، طول روزنه کمترین مقدار بود. از نظر عرض روزنه، بین بقیهٔ تیمارها تفاوت معناداری مشاهده نشد. شایان ذکر است که طول و عرض بیشتر روزنه، نشان‌دهندهٔ گشودگی و باز بودن روزنه ها، و در نقطهٔ مقابل، طول و عرض کمتر آن، نشان‌دهندهٔ بسته بودن آنهاست.

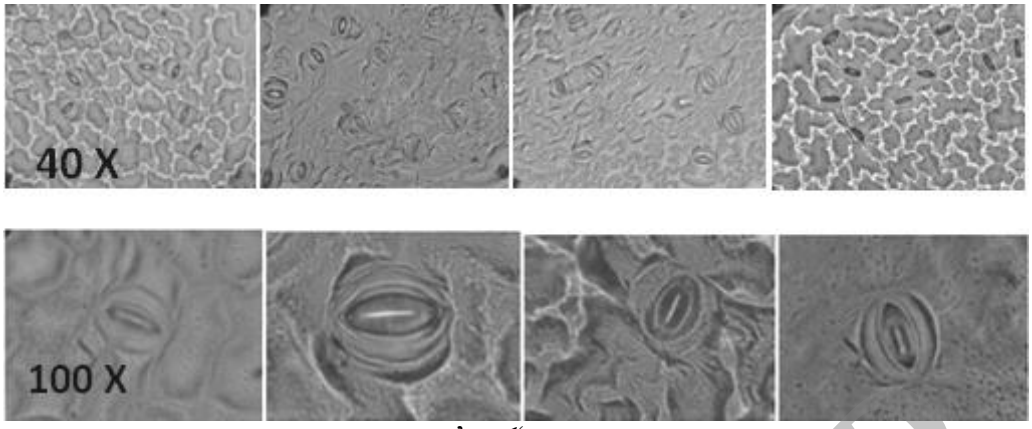
جدول ۱. جدول تجزیهٔ واریانس طول، عرض و تراکم روزنه

منابع تغییرات	درجهٔ آزادی	طول روزنه	عرض روزنه	تراکم روزنه	هدایت روزنه‌ای	دمای برگ	نور عبوری از برگ
تکرار	۳	۱۸۹۷۴/۷۹^{ns}	۱۱۲۸۹/۱۱^{ns}	۰/۷۹^{ns}	۳۱۱۷/۷۷^{ns}	۰/۰۲^{ns}	۱۰۵۴/۶۶^{ns}
شدت نور	۳	۳۰۰۵۶۰/۸۶**	۳۸۵۹۶۷/۴۸**	۲/۸۷^{ns}	۵۰۹۷۵/۶۰^{ns}	۰/۱۰**	۶۴۷۲۸/۴۲**
خطا	۹	۱۲۲۳۴/۹۱	۳۴۹۸۰/۱۸	۱/۸۸	۱۷۲۹۸/۲۰	۰/۰۰۹	۱۶۵۶/۴۸
رقم	۱	۴۷۳۵۷۱/۵۲**	۵۸۷۱۹/۵۸^{ns}	۶۱/۷۹**	۱۵۵۱۷۳*	۰/۰۰۲**	۱۶۷۱۸/۴۶**
رقم×شدت نور	۳	۶۲۰۰۰/۴۶^{ns}	۱۴۴۹۵۳/۴۵^{ns}	۲/۲۵^{ns}	۵۲۴۲/۱۴^{ns}	۰/۲۶**	۱۷۹۱/۵۷^{ns}
خطا	۱۲	۲۷۹۲۳/۲۲۷	۴۶۲۳۹/۶۷	۱/۳	۲۲۰۷۲/۶۳	۰/۰۱	۱۳۸۰/۷۱

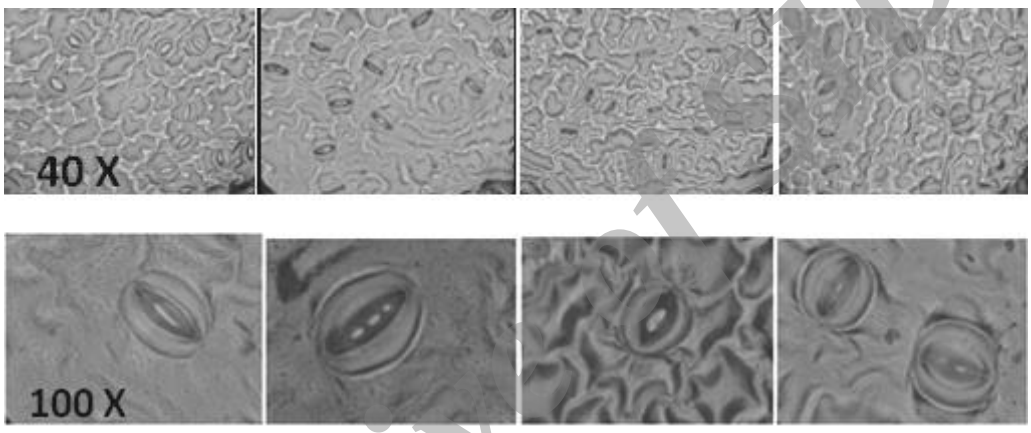
ns ، * و **: به‌ترتیب غیرمعنادار و معنادار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد.

1. Porometer (AP_4, Delta-T Devices, UK)

Archive of SID
www.SID.ir



الف) رقم 'گلمیرا'



ب) رقم 'ردوان'

شکل ۱. روزنه‌های برگ از راست به چپ به‌ترتیب در شدت‌های نور ۱۲۰۰ (شاهد)، ۶۴۰، ۵۲۰ و۲۴۰ میکرومول بر متر مربع بر ثانیه؛ الف) رقم 'گلمیرا'؛ ب) رقم 'ردوان' با بزرگنمایی ۴۰ و ۱۰۰ برابر

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

شدت نور ($\mu mol/m^2/s$)	طول روزنه (μm)	عرض روزنه (μm)	تراکم روزنه ($Stomata/mm^2$)	هدایت روزنه‌ای ($mmol/m^2/s$)	دمای برگ (°C)	نور عبوری از برگ ($\mu mol/m^2/s$)
۲۴۰	۳۰۶۴/۵۸^{c}	۲۶۵۲/۳۲^{b}	۹/۵۸^{a}	۵۴۲/۹۸^{a}	۰/۲۷^{b}	۱۶۸/۱۸^{d}
۵۲۰	۳۰۸۳/۲۳^{cb}	۲۶۴۳/۶۹^{b}	۱۰/۳۶^{a}	۵۷۴/۵۴^{a}	۰/۳۳^{ab}	۲۲۷/۶۴^{c}
۶۴۰	۳۴۸۴/۶۷^{a}	۳۱۰۵/۶۶^{a}	۹/۹۹^{a}	۶۹۱/۳۱^{a}	۰/۲۶^{b}	۲۳۶/۷۹^{b}
۱۲۰۰ (شاهد)	۳۲۰۲/۵۹^{b}	۲۷۱۸/۳۴^{b}	۱۱^{a}	۷۳۵/۹۹^{a}	۰/۵۵^{a}	۳۹۸^{a}
'ردوان'	۳۳۳۰/۴۲^{a}	۲۸۲۲/۸۴^{a}	۸/۸۴^{b}	۵۵۵/۸۰^{b}	۰/۳۶^{a}	۲۵۶/۲۵^{b}
'گلمیرا'	۳۰۸۷/۱۲^{b}	۲۷۳۷/۱۶^{a}	۱۱/۶۲^{a}	۷۱۶/۶۱^{a}	۰/۳۴^{b}	۳۰۹/۰۴^{a}

میانگین‌هایی که در هر ستون، حروف یکسانی دارند، تفاوت معناداری با یکدیگر ندارند.

www.SID.ir
Archive of SID

در شدت نور زیاد، روزنه برای جلوگیری از آسیب‌های احتمالی بسته می‌شود. به‌طور معمول روزنه‌ها به هر شدت نوری، پاسخی خاص می‌دهند و نسبت به آن سازش پیدا می‌کنند. سازش یک تغییر در پاسخ‌های فیزیولوژیک یک موجود به‌سبب مواجهه با شرایط محیطی جدید است [۲۶]. روزنه می‌تواند در نهایت به شرایط محیطی سازش پیدا کند [۲۶]. روزنه‌ها از نظر درجهٔ گشودگی، پاسخ مثبتی به شدت نور تا یک حد بهینه نشان می‌دهند و تا این آستانه، باز شدن روزنه به‌سرعت رخ می‌دهد. به‌طور مشابه در شدت‌های نور زیاد و خارج از تحمل گیاه، سرعت بسته شدن روزنه گیاه افزایش می‌یابد [۱]. عوامل محیطی متعددی بر گشودگی روزنه‌ها مؤثرند که در پژوهش‌های مختلفی، مطالعه شده‌اند [۱۸، ۱۴، ۳]. به‌طور خلاصه، باز شدن روزنه در پاسخ به غلظت‌های کم دی‌اکسیدکربن داخلی، شدت نور زیاد و رطوبت زیاد صورت می‌گیرد، درحالی که بسته شدن آن، در غلظت‌های زیاد دی‌اکسیدکربن، تاریکی، رطوبت کم یا دمای زیاد و خشکی رخ می‌دهد [۳۳]. مشاهدات اولیه با استفاده از اپیدرم ایزوله‌شدهٔ برگ گیاهان نشان می‌دهد که سلول‌های نگهبان قادرند به عوامل محیطی نظیر نور، دی‌اکسیدکربن و رطوبت پاسخ دهند. اظهار شده است که سازوکارهای مسئول درک تغییرات این عوامل محیطی باید در اپیدرم برگ واقع باشند [۱۱].

افزایش طول و عرض روزنه و گشودگی آن در مقایسه با شاهد با کاهش شدت نور تا ۶۴۰ میکرومول بر متر مربع در ثانیه تا حدودی می‌تواند به تولید زئاگزانتین[1] از ویولاگزانتین[2] مربوط باشد که در شدت نور زیاد رخ می‌دهد [۲۹]. زئاگزانتین یکی از اجزای چرخهٔ گزانتوفیل در کلروپلاست است که به طور معمول با دیگر انواع کاروتنوئیدها، دستخوش واکنش‌های فوتوایزومریزاسیونی می‌شود. این رنگیزه در نور، افزایش؛ و در تاریکی کاهش می‌یابد. محتوای زئاگزانتین به اسیدیتهٔ لومن کلروپلاست وابسته است، به طوری که در pH اسیدی، تجمع زئاگزانتین تحریک می‌شود. از طرف دیگر، نور قرمز و آبی موجب کاهش اسیدیتهٔ لومن می شود و بنابراین محتوای زئاگزانتین را افزایش می‌دهد [۲۸]؛ یعنی گشودگی روزنه را تحریک می‌کند، درحالی که تاریکی و نور سبز از باز شدن روزنه جلوگیری می‌کند [۲۸، ۲۳]. ازاین‌رو کاروتنوئید و زئاگزانتین، گیرندهٔ نور آبی سلول‌های نگهبان به‌شمار می‌روند. محتوای زئاگزانتین سلول‌های نگهبان تا حد زیادی به گشودگی‌های روزنه که توسط نور آبی تحریک می‌شود، مرتبط است. عصارهٔ سلول‌های نگهبان تیمارشده با نور، حاوی زئاگزانتین است، اما زئاگزانتین در نمونه‌های موجود در تاریکی دیده نشد [۲۸]. همچنین همبستگی دقیقی بین محتوای زئاگزانتین سلول‌های نگهبان و گشودگی روزنه وجود دارد. زئاگزانتین سلول‌های نگهبان ممکن است به عنوان یک علامت در جهت گشودگی روزنه‌ها عمل کند [۳۴]. هر دو کمیت و کیفیت نور بر رشد و نمو روزنه و پاسخ‌های فیزیولوژی گیاهچه‌های پنیرباد[3] تأثیر دارد. در این گیاه، شدت نور تا ۶۰ میلی‌مول بر متر مربع بر ثانیه تغییر معناداری بر عرض و طول روزنه ایجاد نمی‌کند، اما در ۹۰ میلی‌مول بر متر مربع بر ثانیه، هم طول و هم عرض روزنهٔ این گیاه کاهش می‌یابد [۱۰].

در پژوهش حاضر، اختلاف معناداری در تراکم روزنه‌ها بین شدت‌های مختلف نور مشاهده نشد (جدول ۱)؛ اگرچه میانگین تعداد روزنه در واحد سطح در تیمار شاهد (بیشترین شدت نور) بیشتر بود. به طور اساسی، نمو روزنه

1. Zeaxanthin
2. Violaxanthin
3. *Withania somnifera*

Archive of SID
www.SID.ir

تا حد زیادی تحت تأثیر شدت نور قرار می‌گیرد؛ ازاین رو به نظر می‌رسد با افزایش شدت نور، روندی افزایشی در تعداد روزنه در واحد سطح برگ وجود داشته باشد [۱۰]. وجود نور و شدت نور از عوامل مهم و مؤثر در تراکم روزنه‌ای است، به‌هرحال، تراکم روزنه تنها متأثر از شدت نور نیست؛ ازاین رو ممکن است برگ‌های قرارگرفته در سایه یا آفتاب از نظر تراکم روزنه‌ای تفاوتی نداشته باشند و این اغلب به سبب آن است که گشودگی روزنه می‌تواند از کاملاً بسته تا باز بودن زیاد متغیر باشد [۲۴، ۹]. بنابراین یک برگ می‌تواند تبادلات گازی را بدون تغییر در تراکم روزنه تنظیم کند [۳۱، ۲۷، ۱۶].

گیاهان خردل[1] تحت شدت‌های فعال فتوسنتزی بالا (۶۰ وات بر متر مربع)، فراوانی روزنهٔ بیشتری نسبت به گیاهان روییده در شدت نور کمتر (۶ وات بر متر مربع) داشتند، به طوری که برگ‌های قرارگرفته در سطوح نوری بالا، دوبرابر برگ های قرارگرفته در سطوح نوری پایین در یک سطح واحد، دارای روزنه بودند [۱۳]. همچنین، گوجه‌فرنگی‌های رشدکرده در شرایط شدت نور زیاد (۱۰۰ وات بر متر مربع)، روزنه های بیشتری (حدود ۳۰ روزنه در هر میلی‌متر مربع) نسبت به تعداد معدودی روزنه در شدت نور کم (۲۰ وات بر متر مربع) در اپیدرم بالایی یک برگ کاملاً توسعه‌یافته داشتند، به‌طوری که در اپیدرم پایینی در هر میلی‌متر مربع، ۸۰ و ۱۰۰ روزنه به‌ترتیب در شدت نور کم و زیاد وجود داشت [۵].

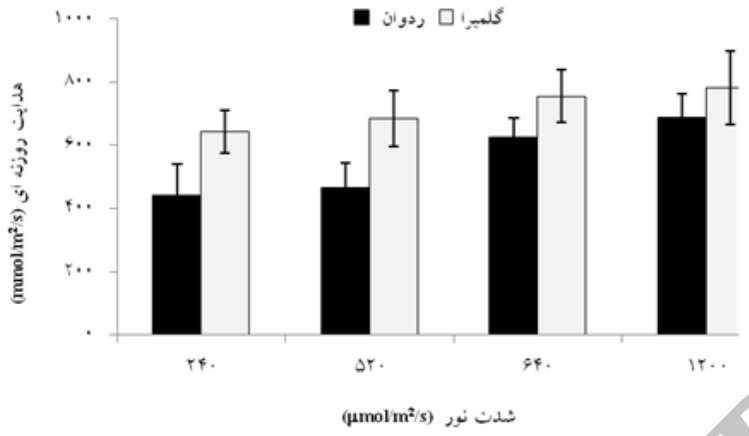
در بین دو رقم رز 'ردوان' و 'گلمیرا'، طول و تراکم روزنه در سطح ۱ درصد تفاوت معناداری نشان دادند (جدول ۱). براساس نتایج مقایسهٔ میانگین، بیشترین طول و عرض روزنه متعلق به رقم 'ردوان' بود، اما در بین دو رقم، تراکم روزنه در رقم 'گلمیرا' بیشتر از 'ردوان' بود (جدول ۳). این امر حاکی از آن است که گشودگی روزنه و تعداد آن در بین دو رقم مختلف رز متفاوت است. آنچه به خوبی شناخته شده، تفاوت تعداد روزنه در بین گونه‌های مختلف است. تراکم روزنه در بین برگ‌های یک گونه به‌دلیل شرایط محیطی ممکن است بسیار متفاوت باشد [۹]. همچنین تفاوت بین دو رقم از نظر تراکم روزنه‌ای ممکن است به دلیل ویژگی‌های ژنتیکی دو رقم باشد. در ژربرا، بررسی تراکم روزنه در سطح بالایی و پایینی برگ‌های دو رقم 'ماریا'[2] و 'گلدی'[3] نشان داد که تراکم روزنه در بین دو رقم و همچنین بین دو سطح برگ درون یک رقم و در بین زمان‌های نمونه‌گیری متفاوت است [۲۴]. در مطالعه‌ای بر روی ۵۵ رقم برنج، تفاوت تراکم روزنه بین رقم‌های مختلف مشخص شد و هیبریدهای *Japonica × indica* بیشترین تراکم روزنه را در بین این ارقام داشتند [۱۵]. تراکم روزنه در سطح پایینی برگ‌های علفی ۶۴۹ رقم از مجموعهٔ جهانی جو[4] نیز بررسی شد که در هر میلی‌متر مربع ۳۶ تا ۹۸ روزنه و به‌طور میانگین ۶۴ روزنه مشاهده شد و تفاوت در تراکم روزنه در مزرعه در مورد ۵۰ رقم به اثبات رسید [۱۷].

نتایج تجزیهٔ واریانس نور عبوری از برگ نیز نشان داد که این شاخص در بین شدت‌های مختلف نور و بین دو رقم در سطح ۱ درصد اختلاف معناداری دارد (جدول ۱). با افزایش شدت نور در تیمارهای مختلف نوری، نور عبوری از برگ نیز افزایش یافت؛ اگرچه این افزایش، معنادار نبود (شکل ۳). همچنین دمای برگ در رقم 'گلمیرا' در شدت نور ۱۲۰۰ میکرومول بر متر مربع در ثانیه بیشتر از بقیهٔ تیمارها بود (شکل ۴)، درحالی که در شدت‌های نوری ۶۴۰، ۵۲۰ و ۲۴۰ میکرومول بر متر مربع در ثانیه، تفاوت دمایی یکسانی یافت نشد (جدول ۲).

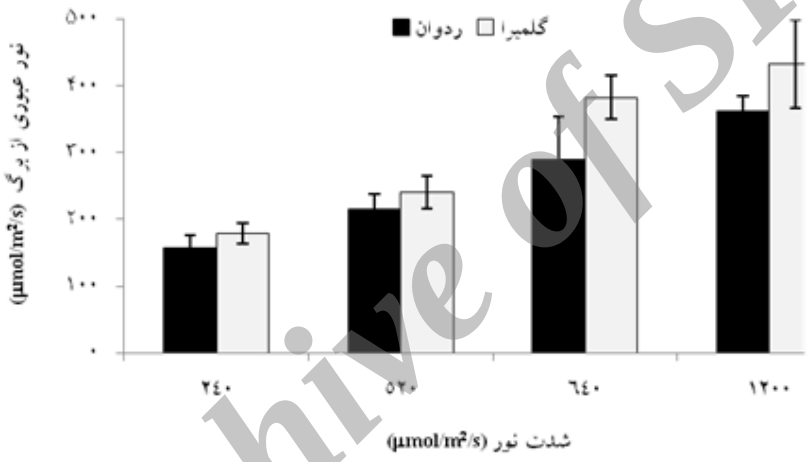
1. *Sinapis alba*

2. Maria
3. Goldy
4. *Hordeum vulgaris*

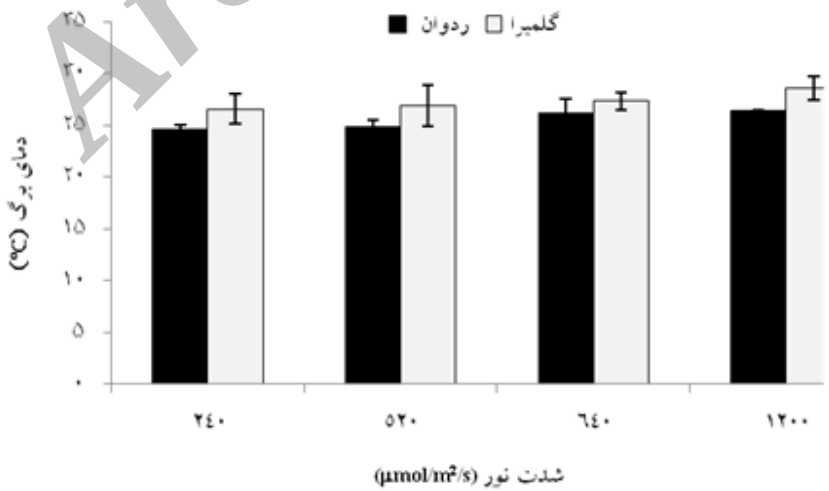
Archive of SID
www.SID.ir



شکل ۲. اثر متقابل شدت نور و رقم بر نرخ هدایت روزنه‌ای



شکل ۳. اثر متقابل شدت نور و رقم بر نور عبوری از برگ



شکل ۴. اثر متقابل شدت نور و رقم بر دمای برگ

Archive of SID
www.SID.ir

براساس جدول تجزیهٔ واریانس، اختلاف معناداری از نظر هدایت روزنه‌ای در شدت‌های مختلف نور وجود نداشت و تنها در بین دو رقم در سطح ۵ درصد تفاوت معنادار مشاهده شد (جدول ۱). اگرچه یک روند افزایشی در هدایت روزنه‌ای همراه با افزایش شدت نور مشاهده شد (شکل ۲)، به‌طوری که بیشترین هدایت روزنه‌ای در شدت نور ۱۲۰۰ میکرومول و کمترین آن در شدت نور ۲۴۰ میکرومول بر متر مربع در ثانیه مشاهده شد (جدول۲). این پدیده تا حد زیادی با تغییرات طول و عرض روزنه متأثر از شدت‌های نور همخوانی دارد، یعنی با افزایش گشودگی روزنه، هدایت روزنه‌ای نیز افزایش یافته است.

توسعهٔ گشودگی روزنه به‌صورت عمومی توسط شدت نور و تعادل آب در سلول‌های نگهبان تعیین می‌شود و شدت نور از طریق گیرنده‌های نوری بر سرعت فتوسنتز تأثیر می‌گذارد [۳۲]. از طرفی به‌نظر می‌رسد یکی از دلایل اینکه در این پژوهش در شدت‌های مختلف نوری، هدایت روزنه‌ای تفاوت معناداری نشان نداد این است که تبدیل نوری در کلروپلاست سلول‌های نگهبان، گشودگی روزنه را در این دو رقم رز تعیین نمی‌کند. گزارش مشابهی در این خصوص در ذرت نیز وجود دارد [۲۲]. فتوسنتز در سلول‌های نگهبان می‌تواند موجب گشودگی روزنه شود و شاید یکی از مهم‌ترین عوامل در این زمینه باشد؛ ولی به‌هرحال در همهٔ موارد چنین نیست و کلروپلاست سلول‌های نگهبان در برخی گیاهان نمی‌تواند سبب گشودگی روزنه شود [۲۳، ۲]. اثر غالب نور در گشودگی روزنه در ذرت، به‌صورت غیرمستقیم ناشی از کاهش غلظت دی‌اکسیدکربن درون‌سلولی است که توسط فتوسنتز در مزوفیل ایجاد می‌شود که با نتایج دیگر گزارش‌ها مطابقت دارد [۲۰ ، ۹].

۴. نتیجه‌گیری

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که طول و عرض روزنه در ارقام رز بررسی‌شده با کاهش شدت نور تا ۶۴۰ میکرومول بر متر مربع در ثانیه در مقایسه با تیمار شاهد افزایش می‌یابد. از طرف دیگر، طول روزنه بیشتر از عرض روزنه تحت تأثیر شدت نور قرار می‌گیرد. از نظر تعداد روزنه، تفاوت معناداری در شدت‌های مختلف نور مشاهده نشد، گرچه بیشترین میانگین تعداد روزنه در شدت نور ۱۲۰۰ میکرومول بر متر مربع در ثانیه مشاهده شد. دو رقم رز از نظر تعداد روزنه تفاوت معناداری داشتند، به‌طوری که رقم 'گلمیرا' روزنه‌های بیشتری نسبت به 'ردوان' داشت. هدایت روزنه‌ای با اینکه تنها در بین دو رقم اختلاف معناداری نشان داد، از نظر شدت‌های مختلف نور تفاوت معناداری در هدایت روزنه‌ای وجود نداشت. فقط روندی افزایشی با افزایش شدت نور در این فاکتور مشاهده شد.

منابع

1. Blom-Zandstra M, Pot CS, Maas FM and Schapendonk ADHCM (1995) Effects of different light treatments on the nocturnal transpiration and dynamics of stomatal closure of two Rose cultivars. Scientia Horticulturae. 61: 251-262.
2. De Filippis LF and Pallaghy CK (1973) Effect of light on the volume and the relations of chloroplasts in detached leaves of *Elodea densa*. Australian Journal of Biological Science 26: 1251-1265.
3. Farquhar GD and Sharkey TD (1982) Stomatal conductance and photosynthesis. Annual Review of Plant Physiology. 33: 317-345.
4. Frechilla S and Zeiger E (2002) The CO_2 response of *Vicia* guard cells acclimates to growth environment. Journal of Experimental Botany. 53: 545-550.

Archive of SID
www.SID.ir

5. Gay AP and Hurd RG (1975) The influence of light on stomatal density in the tomato. Wiley-Blackwell 75: 37-46.

6. Graham D, Faquhar D, Thomas D and Sharkey D (1982) Stomatal conductance and photosynthesis. Annual Review of Plant Physiology. 33: 317-345.

7. Jones HG (1998) Stomatal control of photosynthesis and transpiration. Journal of Experimental Botany (Special Issue) 49: 387-398.

8. Kilic S, Karatas A, Cavusoglu A, Unlu H and Padem H (2010) Effects of different light treatments on the stomata movements of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill. cv. Joker) seedlings. Journal of Animal and Veterinary Advances. 9: 131-135.

9. Knecht GN and O'Leary WJ (1972) The Effect of light intensity on stomata number and density of *Phaseolus vulgaris* L. leaves. The University of Chicago Press. 133: 132-134.

10. Lee SH, Tewari RK, Hahn EJ and Paek KY (2007) Photon flux density and light quality induce changes in growth, stomatal development, photosynthesis and transpiration of *Withania somnifera* (L.) Dunal. Plantlets. Plant Cell Tissue and Organ Culture. 90: 141-151.

11. Lichtenthaler HK, Buschmann C, Fietz H, Bach T, Kozel U, Meier D and Rahmsdorf X (1981) Photosynthetic activity, chloroplast ultrastructure, and leaf characteristics of high-light and low-light plants and of sun and shade leaves. Photosynthesis Research. 2: 115-141.

12. Loftfield JVG (1921) The behavior of stomata. Carnegie institution of Washington, 144 p.

13. Mansfield TA and Meidner M (1966) Stomatal opening in light of different wavelengths: effects of blue light independent of carbon dioxide concentration. Journal of Experimental Botany. 17: 510-521.

14. Mansfield TA, Hetherington AM and Atkinson CJ (1990) Some current aspects of stomatal physiology. Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology. 41: 55-77.

15. Maruyama SH and Tajima K (1990) Leaf conductance in *japonica* and *indica* rice varieties. I. Size, frequency and aperture of stomata. Japanese Journal of Crop Science. 4: 801-808.

16. Masarovi E and Tefancik X (1990) Some ecophysiological features in sun and shade leaves of tall beech trees. Biologia Plantarum. 35: 374-387.

17. Miskin E and Rasmusson DC (1970) Frequency and distribution of stomata in barley. Crop Science. 5: 575-578.

18. Morison JIL (1987) Intercelluar CO_2 concentration and stomatal response to CO_2. In: Zeiger E Farquhar GD Cowan IR eds. Stomatal function. Stanford University Press. Pp. 229-252.

19. Neales TF (1970) Effect of ambient carbon dioxide concentration on the rate of transpiration of *Agave americana* in the dark. Nature. 228: 880-882.

20. Nishida K (1963) Studies on stomatal movement of crassulacean plants in relation to the acid metabolism. Physiological Plantarum. 16: 281-298.

21. Pazourek J (1970) The Effect of light intensity on stomatal frequency in leaves of *Iris hollandica* hort., vats. Wedgwood. Biologia Plantarum. 12: 208-215.

22. Raschke K, William F, Hanebuth D, Graham D and Farquhar D (1978) Relationship between stomatal conductance and light intensity in leaves of *Zea mays* L., derived from

Archive of SID
www.SID.ir

experiments using the mesophyll as shade. Planta. 39: 73-77.

23. Raschke K and Dittrich P (1977) [^{14}C] Carbon-dioxide fixation by isolated epidermes with stomata dosed or open. Planta. 134: 69-75.

24. Romero-Aranda R and Canto-Garay R (1994) Distribution and density of stomata in two cultivars of *Gerbera jamesonii* and its relation to leaf conductance. Scientia Horticulturae. 58: 167-173.

25. Smith S, Weyers JDB and Berry WG (1989) Variation in stomatal characteristics over the lower surface of *Commelina communis i*cal model relating *gs* to stomatal dimensions: the results leave. Plant, Cell and Environment. 12: 653-659.

26. Taiz L and Zieger E (2002) Plant Physiology, Ed 5. Sinauer Associates, Sunderland, MA.

27. Salisbury FB and Ross CW (1985) Plant physiology. Wadsworth Publishing Company, Belmont.

28. Talbott LD, Zhu J, Hon SW and Zeiger E (2002) Phytochrome and blue light-mediated stomatal opening in the orchid, Paphiopedilum. Plant Cell Physiology. 43: 639-646.

29. Uddin AF, Hashimoto MJ, Kaketani M, Shimizu K and Sakata Y (2001) Analysis of light and sucrose potencies on petal coloration and pigmentation of lisianthus cultivars (*in virto*). Scientia Horticultare. 89: 73-82.

30. Willmer C and Fricker M (1996). Stomata, 2nd edn. Vol. 2. Suffolk: St Edmundsbury Press.

31. Woodward FI (1987) Stomatal numbers are sensitive to increases in CO_2 from pre-industrial levels. Nature. 327: 617-618.

32. Yu Q Zhang, Y Liu Y and Shi P (2004) Simulation of the stomatal conductance of winter wheat in response to light, temperature and CO_2 changes. Annals of Botany. 93: 435-441.

33. Zhong G, Zhong Y, Za Z, Wang Y, Guo Q and Jin M (2009) Effects of light intensity on growth and photosynthetic characteristics of *Chrysanthemum morifolium*. China Journal of Chinese Materia, 34: 1632-1635.

34. Zhu J, Talbott LD, Jin X and Zeiger E (1998) The stomatal response to CO_2 is linked to changes in guard cell zeaxanthin. Plant, Cell and Environment. 21: 813-820.

Archive of SID

www.SID.ir