

اثر نور آبی بر فتوسنتز گیاه برگ بیدی (*Tradescantia virginiana*) پرورش یافته در

شرایط اختلاف فشار بخار آب متفاوت



ساسان علی نیایی فرد^{۱*} و مریم سیفی کلهر^۲

^۱ تهران، دانشگاه تهران، پردیس ابوریحان، گروه باغبانی

^۲ تهران، دانشگاه شهید بهشتی، دانشکده علوم زیستی، گروه علوم گیاهی

تاریخ پذیرش: ۹۴/۹/۳

تاریخ دریافت: ۹۴/۴/۲۸

چکیده

کیفیت نور دریافت شده توسط برگ‌ها فتوسنتز گیاه را تحت تأثیر قرار می‌دهد. در این پژوهش اثرات کوتاه‌مدت نور آبی در گیاهان برگ بیدی پرورش یافته در شرایط اختلاف فشار بخار آب (VPD) پائین و بالا مورد بررسی قرار گرفت. قرار دادن برگ‌ها در معرض نور آبی باعث کاهش مقدار فتوسنتز خالص و دی اکسید کربن درونی نسبت به نور شاهد (ترکیب نور قرمز (۹۰٪) و آبی (۱۰٪)) گردید. در همه زمان‌های پس از قرارگیری در معرض نور آبی مقدار دی اکسید کربن درونی بالاتری در گیاهان پرورش یافته در VPD بالا نسبت به گیاهان پرورش یافته در VPD پائین مشاهده گردید. در گیاهان پرورش یافته در VPD پائین، هدایت روزنه‌ای و تعرق بالاتری نسبت به گیاهان پرورش یافته در VPD بالا ثبت شد. مقدار هدایت روزنه‌ای و تعرق در گیاهان پرورش یافته در VPD بالا و پائین، سی دقیقه پس از قرارگرفتن در معرض نور آبی افزایش یافت. کارایی مصرف آب لحظه‌ای در گیاهان پرورش یافته در VPD پائین و همچنین در تیمار نور آبی کاهش یافت. تفاوت معنی‌داری در مورد کارایی فتوسیستم II، فرونشاندن غیرفتوشیمیایی و دمای برگ بین گیاهان پرورش یافته در VPD بالا و پائین مشاهده نشد ولی قرار دادن برگ در معرض نور آبی باعث افزایش مقدار فرونشاندن غیرفتوشیمیایی گردید. نتایج آزمایش نشان داد که علیرغم بهبود هدایت روزنه‌ای توسط نور آبی، اثر این نور بر فتوسنتز خالص منفی می‌باشد. از طرفی VPD بالا می‌تواند بدون داشتن اثر منفی بر فتوسنتز خالص باعث بهینه شدن تبادلات گازی و حفظ آب گیاه گردد.

واژه‌های کلیدی: فتوسنتز، روزنه، طیف نور مرئی، کارایی مصرف آب

* نویسنده مسئول، تلفن: ۰۲۱-۳۶۰۴۱۰۸۹، پست الکترونیکی: aliniaiefard@ut.ac.ir

مقدمه

می‌باشد (۲۱). خوشبختانه امروزه با وجود لامپ‌های LED (light-emitting diodes)، راه برای انجام تحقیقات اختصاصی در مورد طیف‌های مختلف نور باز شده است. اکثر مطالعات انجام گرفته در مورد نور آبی اثر آن را بر کل گیاه، برگ و یا روزنه نسبت به شرایطی که نور آبی وجود ندارد، مورد پژوهش قرار داده‌اند (۹، ۱۴) و یا رشد گیاهان را در شرایطی که در معرض نور قرمز، آبی و یا ترکیب این دو نور قرار گرفته‌اند بررسی کرده‌اند (۱۷) در کل به‌نظر

نور منبع انرژی و عاملی تحریک کننده برای رشد و نمو گیاه می‌باشد. واکنش‌های (شیمیایی و مورفولوژی) گیاه شدیداً تحت تأثیر شدت و کیفیت نور دریافتی قرار می‌گیرند. مکانیسم دقیق اثر طیف‌های مختلف نور بر واکنش‌های گیاهی هنوز به‌صورت کامل شناخته نشده است. با این وجود، پذیرنده‌های نوری متعددی که در واکنش‌های گیاه به طیف‌های مختلف نور نقش دارند، شناخته شده‌اند (۱۲). نور آبی در گستره وسیعی از واکنش‌های گیاهی دخیل

گیاهانی که در شرایط VPD پائین رشد یافته‌اند (قرارگیری طولانی‌مدت) قادر به واکنش بهنگام به شرایط محیطی و سیگنال‌های درونی گیاه که محرک بسته شدن روزنه‌ها هستند، نمی‌باشند که این حالت باعث حساسیت بیشتر اینگونه گیاهان به شرایط محیطی می‌گردد. بنابراین از آنجائی که واکنش‌های تبادلات گازی در اینگونه گیاهان متفاوت از گیاهان پرورش یافته در شرایط VPD بالا می‌باشند، در قسمت دیگر از این پژوهش واکنش‌های فتوسنتزی گیاهان پرورش یافته در شرایط VPD متفاوت بررسی شد.

همچنین از آنجائی که واکنش گیاه به نور آبی می‌تواند تحت تأثیر عوامل محیطی قرار گیرد و از طرفی واکنش‌های تبادلات گازی در گیاهان پرورش یافته در شرایط VPD متفاوت، یکسان نمی‌باشد، هدف دیگر پژوهش حاضر بررسی واکنش به نور آبی در گیاهان پرورش یافته در شرایط VPD متفاوت بود.

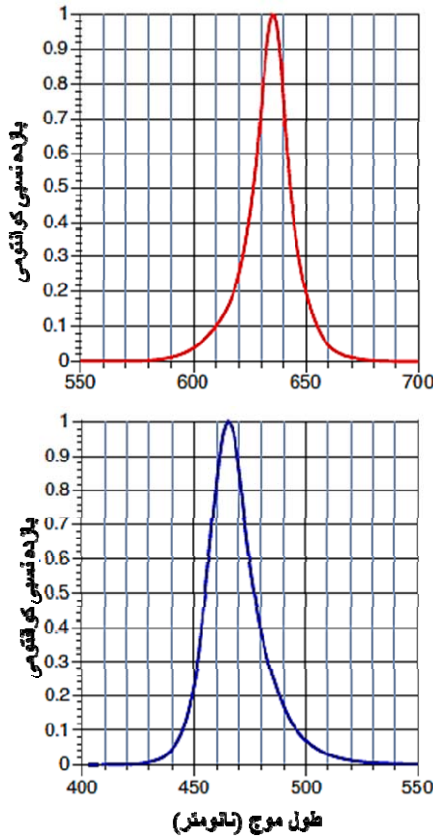
مواد و روشها

گیاهان مادری گیاه زینتی برگ بیدی (*Tradescantia virginiana*) در گلخانه تنظیم شده با دمای 20 ± 3 درجه سانتیگراد و مقدار رطوبت نسبی $70 \pm 5\%$ پرورش یافتند. در مرحله بعد، این گیاهان مادری به روش تقسیم بوته تکثیر شده و گیاهچه‌های حاصل شده در گلدان‌هایی به قطر ۱۵ سانتی‌متر قرار داده شدند. گلدانهای مذکور با کمپوست تجاری مخصوص گیاهان گلدانی (Potgrond 4, Hortimea, Lent, the Netherlands) پر شده و بعد از اطمینان از شروع رشد گیاهان دختری، گیاهان حاصله به دو قسمت تقسیم شده و تعداد ۱۶ گلدان به دو اتاقک رشد (Weiss Technik, Germany) با ابعاد $1/3$ متر طول، $0/8$ متر عرض و یک متر ارتفاع قرار داده شدند. شرایط محیطی در این اتاقک‌های رشد بصورت: دمای 20 ± 1 درجه سانتیگراد، شدت نور ۱۵۰ میکرومول بر مترمربع بر ثانیه (اندازه‌گیری شده بوسیله LI-250 light

می‌رسد ظرفیت فتوسنتزی و تولید زیتوده در حالتی که طیف نور آبی جزئی از طیف تابشی را تشکیل می‌دهد، افزایش می‌یابد. تحقیقات پیشین نشان داده‌اند که گیاه قادر به تکمیل چرخه زندگی خود تحت تابش نور قرمز به تنهایی می‌باشد ولی در صورتی که همراه با نور قرمز نور تکمیلی آبی نیز به گیاه تابانده شود گیاهان حاصله از این شرایط بزرگتر و با عملکرد بیشتر می‌باشند (۱۱). باز و بسته شدن روزنه‌ها وابسته به عوامل محیطی مثل نور، دما، رطوبت، غلظت دی‌اکسید کربن و در دسترس بودن آب است و از طرف دیگر واکنش روزنه‌ها تحت تأثیر عوامل درون‌زا از جمله هورمون‌های گیاهی و پیامبرهای ثانویه نیز قرار می‌گیرد. باز و بسته شدن روزنه‌ها وابسته به یک ریتم شبانه‌روزی نیز می‌باشد. سلول‌های نگهبان روزنه دارای دو واکنش شناخته شده به نور می‌باشند: یکی از این واکنشها وابسته به کلروفیل و فتوسنتز می‌باشد که به واکنش نور قرمز شناخته شده است و واکنش دیگر بنظر مستقل از این واکنش‌ها و مختص به نور آبی می‌باشد (۱۸). به هر حال نشان داده شده است که مقدار باز شدن روزنه‌ها در واکنش مختص به نور آبی می‌تواند تحت تأثیر عوامل محیطی قرار گیرد (۸). یکی از اهداف این پژوهش بررسی وابسته به زمان واکنش مختص به نور آبی روزنه‌ها و به تبع آن تأثیرات آن بر فتوسنتز بود.

روزنه‌ها از یک طرف در زمان‌های ویژه‌ای باید باز باشند تا دی‌اکسید کربن مورد نیاز برای فتوسنتز را برای برگ تأمین کنند و از طرف دیگر در مواقع تنش (بویژه تنش خشکی و کمبود رطوبت نسبی) باید بسته باشند تا از اتلاف آب گیاه و پژمرده شدن گیاه جلوگیری کنند. در بازه زمانی کوتاه مدت، گیاهان در واکنش به رطوبت نسبی پائین در دمای خاص و یا به عبارتی اختلاف فشار بخار آب (Vapour Pressure Deficit; VPD) بالا روزنه‌های خود را می‌بندند و در واکنش به رطوبت نسبی بالا در دمای خاص (VPD پائین) روزنه‌های خود را باز نگه می‌دارند (۳). تحقیقات نشان داده است که واکنش روزنه‌های

آبی در شکل ۱ آمده است. این ترکیب نوری از این جهت انتخاب شد که طبق گزارشات قبلی نسبت مورد نظر بهترین حالت برای واکنش‌های گیاه می‌باشد (۱۹).



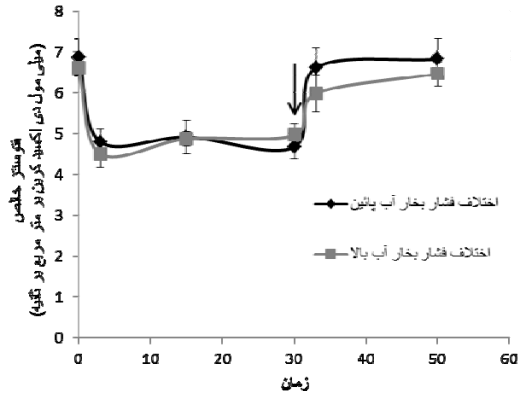
شکل ۱- طول موج نورهای مورد استفاده برای نور قرمز و نور آبی جهت اندازه‌گیری‌های مرتبط با فلئورسنس کلروفیل از سیستم فلئورومتر استفاده شد. برای اندازه‌گیری کارایی فتوسیستم II (Photosystem II efficiency; Φ_{PSII}) و فرونشاندن غیرفتوشیمیایی (Non-Photochemical Quenching; NPQ)، پروتکل مربوط به این اندازه‌گیری‌ها در دستگاه اجرا شد. از لامپ‌های LED تعبیه شده در سیستم فلئورومتر برای ایجاد پالس‌های کوتاه‌مدت نوری و همچنین نور اشباعی استفاده شد و نهایتاً کارایی فتوسیستم II و NPQ با استفاده از فرمول‌های زیر محاسبه شدند.

$$\Phi_{PSII} = F_v' / F_m' \quad NPQ = F_m - F_m' / F_m'$$

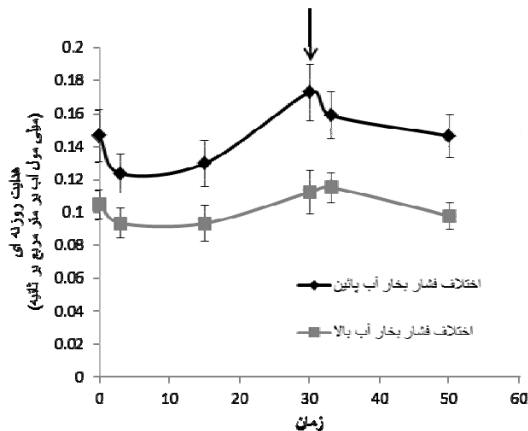
Φ_{PSII} کارایی فتوسیستم II، NPQ فرو نشاندن

(meter, Li-Cor, Lincoln, NE, USA) و غلظت دی‌اکسید کربن 20 ± 380 پی‌پی‌ام (اندازه‌گیری شده بوسیله Indoor Air Quality Meter, Model 8760, TSI Incorporated, Shoreview, USA) تنظیم شد. اما مقدار رطوبت نسبی در یکی از این اتاقک‌های رشد $5 \pm 55\%$ (VPD معادل $1/0.5$ کیلو پاسکال) و در دیگری $5 \pm 90\%$ (VPD معادل $0/23$ کیلو پاسکال) بود. جهت اطمینان از مقدار VPD در اتاقک‌های رشد دما و رطوبت بصورت خودکار هر ۵ دقیقه یکبار توسط دستگاه ثبت کننده (Fourier MicroLog EC650, MicroDAQ.com, Ltd. Contoocook, New Hampshire, USA) اندازه‌گیری و داده‌های مورد نظر ثبت می‌شد (۴، ۶). دوره روشنایی روی ۱۲ ساعت تنظیم شده بود که از ساعت ۷ صبح شروع و ۷ عصر پایان می‌یافت. هنگامی که رشد برگ‌ها به حداکثر اندازه خود رسیدند، از برگ‌های جوان کاملاً توسعه یافته جهت اندازه‌گیری‌های فتوستیزی استفاده شد. جهت بررسی‌های فتوستیزی از دستگاه فتوستیزومتر مجهز به سیستم اندازه‌گیری خصوصیات فلئورسنس کلروفیل (LI-6400XT; LI-COR, Lincoln, USA) استفاده شد. دمای اتاقک برگ در قسمت کلاهک (IRGA) دستگاه سنجش تبادلات گازی روی ۲۳ درجه سانتیگراد و مقدار رطوبت نسبی آن روی 60% تنظیم گردید. برای افزایش دقت اندازه‌گیری‌ها، مقدار دی‌اکسید کربن روی 380 پی‌پی‌ام با استفاده از کپسول تأمین کننده دی‌اکسید کربن تنظیم گردید. از آنجائی که شدت نور در حین رشد گیاهان 150 میکرومول بر مترمربع بر ثانیه بود جهت جلوگیری از اثرات منفی شدت نورهای بالا از جمله بازدارندگی نوری، مقدار تابش فعال فتوستیزی (photosynthetic active radiation; PAR) بر اتاقک برگ قسمت IRGA دستگاه فتوستیزومتر روی 100 میکرومول بر مترمربع بر ثانیه تنظیم گردید. با استفاده از لامپ‌های LED قرمز و آبی بکار رفته در قسمت IRGA دستگاه فتوستیزومتر در شرایط شاهد شدت نور مورد نظر توسط ترکیب دو نور قرمز و آبی بصورت 90% نور قرمز و 10% نور آبی تأمین شد. طول موج نورهای مورد استفاده برای نور قرمز و نور

آبی (نشان داده شده با علامت پیکان در شکل ۳ و ۴) مقدار g_s و تعرق در VPD پائین سرعت و در VPD بالا بتدریج به مقدار اولیه (زمان صفر دقیقه) برگشت نمود.



شکل ۲- مقدار فتوسنتز خالص در گیاهان پرورش یافته در شرایط اختلاف فشار بخار آب بالا و پائین در واکنش به مدت زمان قرارگیری در معرض نور آبی، از مکان پیکان به بعد و همچنین زمان صفر گیاهان در معرض نور ترکیبی قرمز و آبی قرار گرفته بودند



شکل ۳- مقدار هدایت روزنه‌ای در گیاهان پرورش یافته در شرایط اختلاف فشار بخار آب بالا و پائین در واکنش به مدت زمان قرارگیری در معرض نور آبی، از مکان پیکان به بعد و همچنین در زمان صفر گیاهان در معرض نور ترکیبی قرمز و آبی قرار گرفته بودند.

دی‌اکسید کربن درونی (C_i ; Internal carbon dioxide) در تمام زمانهای قرارگیری در معرض نورهای متفاوت در گیاهان پرورش یافته در VPD بالا بیشتر از مقدار آن در گیاهان پرورش یافته در VPD پائین بود (شکل ۵). در ترکیب نوری قرمز و آبی در ابتدا مقدار C_i در هر دو VPD به نسبت قرارگیری در معرض نور آبی پائین بود ولی با

غیرفتوشیمیائی، F_v' فلئورسنس متغیر در حالت سازگاری به نور، F_M' فلئورسنس حداکثر در حالت سازگاری به نور، F_M فلئورسنس حداکثر در حالت سازگاری به تاریکی برای اندازه‌گیری دمای برگ از یک ترموکوپل نازک که در سطح زیرین برگ قرار داده شده بود استفاده شد. تمام این اندازه‌گیری‌ها بین ساعت ۹ تا ۱۲ صبح صورت گرفت. برای اندازه‌گیری کارائی مصرف آب لحظه‌ای فتوسنتز خالص در هر زمان بر تعرق اندازه‌گیری شده در آن زمان تقسیم شد.

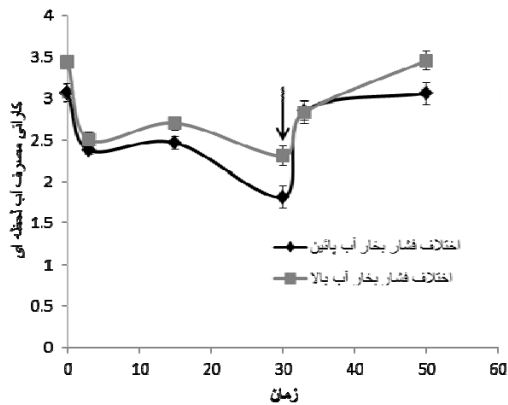
تجزیه آماری داده‌ها: تجزیه و تحلیل آماری با کمک نرم-افزار Graphpad Prism (نسخه ۶) و با استفاده از آزمون Two-way ANOVA و تست توکی در سطح پنج درصد انجام گردید.

نتایج

فتوسنتز خالص (P_n ; Net photosynthesis) برگها در هر دو گیاهان پرورش یافته در VPD بالا و پائین تحت تأثیر نور آبی قرار گرفت (شکل ۲). در ترکیب نوری قرمز و آبی (زمان صفر دقیقه) مقدار فتوسنتز در هر دو VPD در حدود ۷ میلی مول بر متر مربع بر ثانیه بود ولی با قرار دادن برگها در معرض نور آبی (در تمامی زمانهای قرارگیری) مقدار فتوسنتز در هر دو دسته از گیاهان به حدود یک سوم کاهش یافت. با قرار گرفتن مجدد برگها در معرض نور ترکیبی قرمز و آبی (نشان داده شده با علامت پیکان در شکل ۲) مقدار P_n به مقدار اولیه برگشت نمود.

هدایت روزنه‌ای (g_s ; Stomatal conductance) (شکل ۳) و تعرق (شکل ۴) گیاهان پرورش یافته در VPD پائین بالاتر از مقدار آن در گیاهان پرورش یافته در VPD بالا بود. در گیاهان پرورش یافته در VPD پائین و بالا، ۳۰ دقیقه قرار گرفتن در معرض نور آبی باعث افزایش معنی‌داری در مقدار g_s (شکل ۳) و تعرق (شکل ۴) گردید. با قرار گرفتن مجدد برگها در معرض نور ترکیبی قرمز و

قرار گرفتن مجدد برگها در معرض نور ترکیبی قرمز و آبی (نشان داده شده با علامت پیکان در شکل ۶) کارائی مصرف آب لحظه‌ای بعد از ۲۰ دقیقه به مقدار اولیه برگشت نمود ولی در این زمان نیز کارائی مصرف آب لحظه‌ای در گیاهان پرورش یافته در VPD پائین کمتر بود (شکل ۶).



شکل ۶- کارائی مصرف آب لحظه‌ای در گیاهان پرورش یافته در شرایط اختلاف فشار بخار آب بالا و پائین در واکنش به مدت زمان قرارگیری در معرض نور آبی، از مکان پیکان به بعد و همچنین در زمان صفر گیاهان در معرض نور ترکیبی قرمز و آبی قرار گرفته بودند.

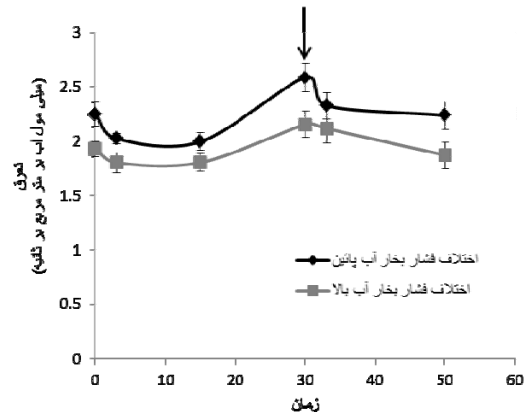
تفاوت معنی‌داری در مورد $\Phi PSII$ و دمای برگ بین گیاهان پرورش یافته در VPD بالا و پائین و همچنین ترکیبات نوری متفاوت مشاهده نشد ولی در مورد NPQ، قرار دادن برگ در معرض نور آبی باعث افزایش مقدار NPQ گردید.

بالاترین مقدار NPQ پانزده دقیقه بعد از قرار دادن برگ در معرض نور آبی مشاهده شد. با قرار گرفتن مجدد برگها در معرض نور ترکیبی قرمز و آبی (نشان داده شده با علامت پیکان در شکل ۷) مقدار NPQ سریعاً به مقدار اولیه برگشت نمود (شکل ۷).

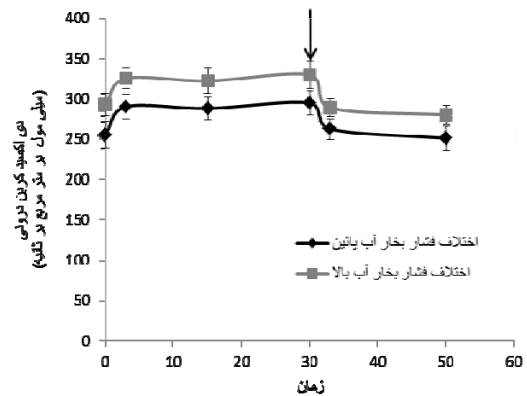
بحث

نتایج این آزمایش نشان داد که علیرغم بهبود تبادلات گازی توسط نور آبی، اثر این نور بر فتوسنتز خالص منفی می‌باشد. همانطور که قبلاً ذکر گردید سلولهای نگهبان

قرار دادن برگها در معرض نور آبی (در تمامی زمانهای قرارگیری) مقدار C_i در هر دو دسته از گیاهان افزایش یافت. با قرار گرفتن مجدد برگها در معرض نور ترکیبی قرمز و آبی (نشان داده شده با علامت پیکان در شکل ۵) مقدار C_i به مقدار اولیه برگشت نمود.



شکل ۴- مقدار تعرق در گیاهان پرورش یافته در شرایط اختلاف فشار بخار آب بالا و پائین در واکنش به مدت زمان قرارگیری در معرض نور آبی، از مکان پیکان به بعد و همچنین در زمان صفر گیاهان در معرض نور ترکیبی قرمز و آبی قرار گرفته بودند.



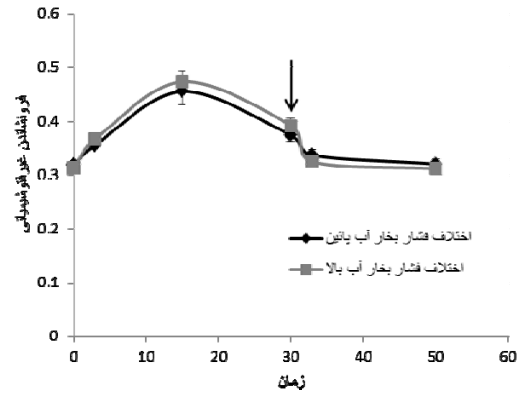
شکل ۵- مقدار دی‌اکسید کربن درونی در گیاهان پرورش یافته در شرایط اختلاف فشار بخار آب بالا و پائین در واکنش به مدت زمان قرارگیری در معرض نور آبی، از مکان پیکان به بعد و همچنین در زمان صفر گیاهان در معرض نور ترکیبی قرمز و آبی قرار گرفته بودند.

کارائی مصرف آب لحظه‌ای در گیاهان پرورش یافته در VPD پائین کاهش یافت. در هر دو دسته از گیاهان پرورش یافته موقعی که برگها در معرض نور آبی قرار می‌گیرند کارائی مصرف آب لحظه‌ای کاهش می‌یابد. با

نشان داده شده است که وجود هر دو نور قرمز و آبی برای افزایش مقدار فتوستتوز خالص ضروری می‌باشند و این در صورتی است که مقدار نور قرمز حداقل ۷۰٪ کل شدت تابش نهائی باشد (۱۷). در آزمایش ماتسودا و همکاران (۱۴) در سال ۲۰۰۸ نیز افزایش نسبت نور آبی به قرمز باعث افزایش سطح نقطه اشباع نوری نشد. گیاهان پرورش یافته تحت نور آبی مقدار کلروفیل پائین‌تری نسبت به گیاهان پرورش یافته تحت نور ترکیبی دارند و در نتیجه فتوستتوز و رشد آنها نیز کمتر است (۱۲). ولی از آنجائی که در آزمایش حاضر گیاهان تحت تابش کوتاه مدت نور آبی قرار گرفته‌اند بنظر نمی‌رسد کاهش مقدار کلروفیل عامل اصلی در کاهش مقدار فتوستتوز باشد. یکی از دلایل کاهش فتوستتوز در اثر نور آبی ممکن است افزایش اتلاف انرژی نورانی به صورت گرما و حفاظت حاصله به علت فعال شدن فرونشاندن غیرفتوشیمیائی در گیاه باشد. در مطالعات دیگر نیز افزایش فرونشاندن غیرفتوشیمیائی در اثر نور آبی گزارش گردیده است (۷). ثابت شده است که اثر نور آبی بر باز کردن روزنه‌ها وابسته به مزوفیل نمی‌باشد و این نور قابلیت این را دارد که به طور مستقیم باعث متورم شدن سلولهای نگهبان روزنه و در نتیجه باز شدن آنها شود. این نتایج توسط آزمایشات انجام گرفته روی سلولهای نگهبان روزنه جدا شده از مزوفیل که در معرض نور آبی قرار گرفتند، بدست آمد، نور قرمز قابلیت متورم نمودن سلولهای نگهبان روزنه جدا شده از مزوفیل را نداشت (۱۵). نور آبی می‌تواند باعث ورود پتاسیم به سلولهای نگهبان روزنه و خروج پروتون (با فعالسازی پمپ‌های پروتونی غشای پلاسمائی) و در نتیجه باز شدن روزنه گردد (۱۵).

در پژوهش حاضر گیاهان پرورش یافته در VPD پائین هدایت روزنه‌ای و تعرق بالاتری را به نسبت گیاهان پرورش یافته در VPD بالا نشان دادند. از آنجائی که بیش از ۹۰ درصد از اتلاف آب گیاه از طریق روزنه‌ها صورت می‌گیرد بنابراین می‌توان انتظار داشت که گیاهان پرورش

روزنه دارای دو واکنش شناخته شده به نور شامل واکنش وابسته به کلروفیل و فتوستتوز و واکنش مستقل از فتوستتوز می‌باشند (۱۸).



شکل ۷- فرونشاندن غیرفتوشیمیائی در گیاهان پرورش یافته در شرایط اختلاف فشار بخار آب بالا و پائین در واکنش به مدت زمان قرارگیری در معرض نور آبی، از مکان پیکان به بعد و همچنین در زمان صفر گیاهان در معرض نور ترکیبی قرمز و آبی قرار گرفته بودند.

مطابق نتایج گرفته شده از آنجائی که وجود نور برای انجام فرایند فتوستتوز ضروری می‌باشد به نظر می‌رسد که نور آبی به دلیل کارائی کمتر برای انجام واکنش‌های فتوشیمیائی باعث کاهش مقدار فتوستتوز نسبت به شرایط نوری ترکیبی (قرمز و آبی) می‌گردد (شکل ۲). کاهش مقدار فتوستتوز مصادف با افزایش مقدار دی‌اکسید کربن درونی به دلیل عدم مصرف آن در سیستم فتوستتوزی می‌شود. از آنجائی که افزایش مقدار دی‌اکسید کربن می‌تواند باعث بسته شدن روزنه‌ها گردد (۱۳، ۱۵)، به نظر می‌رسد کاهش ابتدائی هدایت روزنه‌ای پس از قرارگیری در معرض نور آبی به دلیل افزایش دی‌اکسید کربن درونی باشد اما بعد از قرارگیری طولانی‌تر در معرض نور آبی (۳۰ دقیقه)، بدلیل اثرات مستقل از فتوستتوز، نور آبی باعث باز شدن روزنه‌ها و در نتیجه افزایش هدایت روزنه‌ای و تعرق شده است. ماتسودا و همکاران (۱۴) در سال ۲۰۰۸ ظرفیت فتوستتوزی بالاتری برای برگهای اسفناج رشد یافته تحت شرایط نور ترکیبی قرمز (۹۰٪) و آبی (۱۰٪) نسبت به گیاهانی که فقط در معرض نور قرمز قرار گرفته بودند را مشاهده کردند.

در VPD پائین) باشند (۱۰). از طرف دیگر نشان داده شده است که مقدار هورمون گیاهی اسید آبسزیک در گیاهان پرورش یافته در VPD پائین بسیار کمتر از گیاهان پرورش یافته در VPD بالا می‌باشند که در اثر آن روزنه‌های این گیاهان قابلیت واکنش بهینه به شرایط محیطی نامطلوب را دارا نمی‌باشند (۴، ۶). بنابراین گیاهان با روزنه کوچک قابلیت بهینه‌سازی باز و بسته کردن روزنه‌ها جهت انجام دو فرایند معکوس هم (کسب دی‌اکسید کربن برای فتوسنتز و خارج نمودن بخار آب توسط تعرق) را بطور بهتری دارا می‌باشند که این امر باعث بهبود کارایی مصرف آب در آنها می‌گردد (۱۰).

همچنین از آنجائی که نور آبی از یک طرف باعث باز شدن روزنه‌ها و از طرف دیگر باعث کاهش فتوسنتز خالص در گیاه می‌گردد بنابراین این نور باعث کاهش کارایی مصرف آب در گیاهان شده است.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج آزمایش حاضر نمایانگر تأثیر مثبت نور آبی بر هدایت روزنه‌ای و تعرق گیاه برگ بیدی می‌باشد، ولی اثر این نور بر فتوسنتز خالص و کارایی مصرف آب گیاه منفی می‌باشد و جهت بهینه‌سازی تبادلات گازی و آبی گیاه باید از این نور بصورت مکمل با نور قرمز استفاده نمود. از طرفی اختلاف فشار بخار آب پائین با تحت تأثیر قرار دادن تبادلات آبی گیاه از طریق روزنه‌ها، باعث کاهش کارایی مصرف آب می‌گردد ولی اختلاف فشار بخار آب بالا بدون داشتن اثر منفی بر فتوسنتز خالص باعث بهینه شدن تبادلات گازی و حفظ آب گیاه می‌گردد.

یافته در VPD پائین دارای خصوصیات روزنه‌ای متفاوتی نسبت به گیاهان پرورش یافته در VPD بالا باشند (۲). نشان داده شده است که گیاهانی که در شرایط VPD پائین رشد و نمو یافته‌اند دارای روزنه‌های بزرگ‌تر با شکاف روزنه‌ای عریض‌تر می‌باشند (۴، ۱۶، ۲۰) همچنین تعداد روزنه‌ها در سطح برگ گیاهانی که در شرایط VPD پائین پرورش یافته‌اند در گیاهانی مثل باقلا (۴) و رز (۲۰) بیشتر از گیاهان پرورش یافته در VPD بالا بودند. به نظر می‌رسد وجود آمدن این خصوصیات روزنه‌ای در شرایط VPD پائین باعث افزایش هدایت روزنه‌ای و تعرق در گیاهان پرورش یافته در VPD پائین گردیده است. با این وجود، حتی قرار گرفتن گیاهان به مدت چند روز در معرض VPD پائین بدون اینکه باعث تغییر تعداد روزنه‌ها شود می‌تواند باعث افزایش هدایت روزنه‌ای و افزایش اتلاف آب در این گیاهان گردد (۴، ۵). نشان داده شده است که اثر VPD پائین بر افزایش هدایت روزنه‌ای و افزایش اتلاف آب عمدتاً بدلیل اثرات آن بر عریض‌تر نمودن شکاف روزنه‌ای می‌باشد و اثرات آن بر تعداد روزنه‌ها اثر چندانی بر این خصوصیات ندارد (۴، ۵). همچنین نتایج این پژوهش نشان داد که کارایی مصرف آب در گیاهان پرورش یافته در VPD بالا بهتر از گیاهان پرورش یافته در VPD پائین می‌باشد. همانطور که قبلاً هم گفته شد ثابت شده است که گیاهان پرورش یافته در شرایط رطوبتی پائین دارای روزنه‌های کوچک‌تری نسبت به گیاهان پرورش یافته در VPD پائین می‌باشند (۱، ۲). در این حالت افزایش نسبت سطح به حجم در سلولهای نگهبان روزنه باعث می‌شود که این‌گونه روزنه‌ها دارای واکنش سریعتری نسبت به گیاهان دارای روزنه بزرگتر (مثل گیاهان پرورش یافته

منابع

۱- حیدری، ن. پوریوسف، م. توکلی، الف. ۱۳۹۳. تأثیر تنش خشکی بر فتوسنتز، پارامترهای وابسته به آن و محتوای نسبی آب گیاه آنیسون (*Pimpinella anisum* L.). مجله پژوهش‌های گیاهی (مجله زیست‌شناسی ایران). ۲۷(۵): ۸۲۹-۸۳۹.

۱- باقری، ح. عندلیبی، ب. عظیمی مقدم، م. ۱۳۹۳. اثر محلول پاشی آترازین بر عوامل روزنه ای و غیر روزنه ای کنترل کننده فتوسنتز در گلرنگ تحت شرایط تنش خشکی. مجله پژوهش‌های گیاهی (مجله زیست‌شناسی ایران). ۲۷(۲): ۱۶۸-۱۷۹.

3. Aliniaiefard, S. (2014) Signal transduction pathways in guard cells after prolonged exposure to low vapour pressure deficits. Wageningen University (PhD thesis).
4. Aliniaiefard, S., Malcolm Matamoros, P., van Meeteren, U. (2014) Stomatal malfunctioning under low Vapor Pressure Deficit (VPD) conditions: Induced by alterations in stomatal morphology and leaf anatomy or in the ABA signaling? *Physiol Plant* 152: 688-699.
5. Aliniaiefard, S., van Meeteren, U. (2013) Can prolonged exposure to low VPD disturb the ABA signalling in stomatal guard cells? *J Exp Bot* 64: 3551-3566.
6. Aliniaiefard, S., van Meeteren, U. (2014) Natural variation in stomatal response to closing stimuli among *Arabidopsis thaliana* accessions after exposure to low VPD as a tool to recognize the mechanism of disturbed stomatal functioning. *J Exp Bot* 65: 6529-6542.
7. Allen, J., Gantt, E., Golbeck, J., Osmond, B., Abasova, L., Boulay, C., Vass, I., Kirilovsky, D. Non-photochemical-quenching mechanisms in the *Cyanobacterium Thermosynechococcus elongatus*, in *Photosynthesis. Energy from the Sun*. 2008, Springer Netherlands. 993-996.
8. Assmann, S.M. (1988) Enhancement of the stomatal response to blue light by red light, reduced intercellular concentrations of CO₂, and low vapor pressure differences. *Plant Physiol* 87: 226-231.
9. Britz, S.J., Sager, J.C. (1990) Photomorphogenesis and photoassimilation in soybean and sorghum grown under broad spectrum or blue-deficient light sources. *Plant Physiol* 94: 448-454.
10. Doheny-Adams, T., Hunt, L., Franks, P.J., Beerling, D.J., Gray, J.E. (2012) Genetic manipulation of stomatal density influences stomatal size, plant growth and tolerance to restricted water supply across a growth carbon dioxide gradient. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 367: 547-555.
11. Goins, G.D., Yorio, N.C., Sanwo, M.M., Brown, C.S. (1997) Photomorphogenesis, photosynthesis, and seed yield of wheat plants grown under red light-emitting diodes (LEDs) with and without supplemental blue lighting. *J Exp Bot* 48: 1407-1413.
12. Hogewoning, S.W., Trouwborst, G., Maljaars, H., Poorter, H., van Ieperen, W., Harbinson, J. (2010) Blue light dose-responses of leaf photosynthesis, morphology, and chemical composition of *Cucumis sativus* grown under different combinations of red and blue light. *J Exp Bot* 61: 3107-3117.
13. Hubbard, K.E., Siegel, R.S., Valerio, G., Brandt, B., Schroeder, J.I. (2012) Abscisic acid and CO₂ signalling via calcium sensitivity priming in guard cells, new CDPK mutant phenotypes and a method for improved resolution of stomatal stimulus-response analyses. *Ann Bot* 109: 5-17.
14. Matsuda, R., Ohashi-Kaneko, K., Fujiwara, K., Kurata, K. (2008) Effects of blue light deficiency on acclimation of light energy partitioning in PSII and CO₂ assimilation capacity to high irradiance in spinach leaves. *Plant Cell Physiol* 49: 664-670.
15. Mott, K.A. (2009) Opinion: Stomatal responses to light and CO₂ depend on the mesophyll. *Plant Cell Environ* 32: 1479-1486.
16. Rezaei Nejad, A., van Meeteren, U. (2005) Stomatal response characteristics of *Tradescantia virginiana* grown at high relative air humidity. *Physiol Plant* 125: 324-332.
17. Savvides, A., Fanourakis, D., van Ieperen, W. (2012) Co-ordination of hydraulic and stomatal conductances across light qualities in cucumber leaves. *J Exp Bot* 63: 1135-1143.
18. Talbott, L.D., Nikolova, G., Ortiz, A., Shmayevich, I., Zeiger, E. (2002) Green light reversal of blue-light-stimulated stomatal opening is found in a diversity of plant species. *Am J Bot* 89: 366-368.
19. Talbott, L.D., Shmayevich, I.J., Chung, Y., Hammad, J.W., Zeiger, E. (2003) Blue light and phytochrome-mediated stomatal opening in the npq1 and phot1 phot2 mutants of *Arabidopsis*. *Plant Physiol* 133: 1522-1529.
20. Torre, S., Fjeld, T., Gislerød, H.R., Moe, R. (2003) Leaf anatomy and stomatal morphology of greenhouse roses grown at moderate or high air humidity. *J Am Soc Hortic Sci* 128: 598-602.
21. Whitelam, G.C., Halliday, K.J. *Light and Plant Development. Annual Plant Reviews. Vol. 30*. 2008: John Wiley & Sons.

Effects of blue light on photosynthesis of *Tradescantia virginiana* plants grown in different VPDs

AliniaEIFard S.¹ and Seifi Kalhor M.²

¹ Horticulture Dept., College of Aburaihan, University of Tehran, Iran

² Plant Sciences Dept., Faculty of Life Sciences and Biotechnology, Shahid Beheshti University, Tehran, I.R. of Iran

Abstract

Quality of light received by leaves influences their photosynthesis. In current study, short-term effects of blue light were investigated in *Tradescantia virginiana* plants that have been grown in low and high vapour pressure deficits (VPD). Exposure to blue light decreased net photosynthesis (P_n) and internal carbon dioxide (C_i) compared to the control condition (combination of red (90%) and blue (10%) lights). During exposure to blue light, C_i values of high VPD-grown plants were higher than C_i values in the plants that were grown in low VPD. While, higher stomatal conductance (g_s) and transpiration rate (E) were observed in low VPD-grown plants in comparison with g_s and E values in high VPD-grown plants. After 30 minutes exposure to blue light, g_s and E values were increased in both VPD conditions. Instant water use efficiency was decreased due to exposure to low VPD and blue light. There were no significant differences for PSII efficiency, non-photochemical quenching (NPQ) and leaf temperature between different VPDs, while exposure to blue light caused an increase in the NPQ. In conclusion, the results obtained from current study clearly showed that although blue light improved g_s , it has negative effect on P_n . Furthermore, high VPD can optimize gas exchange and water conservation without negative effect on P_n in plant.

Key words: Photosynthesis, stomata, visible light spectrum, water use efficiency