

اثر نور مصنوعی و آلودگی نوری در پارک‌ها و فضای سبز شهری بر زمان گلدهی و رشد گیاهان زینتی

تاریخ دریافت: ۹۲/۸/۴

تاریخ پذیرش نهایی: ۹۲/۱۲/۱

عطاء احمدیان* - کاوه احمدیان تازه محله**
 ساسان رضادوست***

چکیده

به منظور تعیین اثر پرتوهای نوری طی شب بر زمان گلدهی و رشد گیاهان زینتی فضای سبز شهری آزمایشی طی سال هزار و سیصد و نود و دو در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوی انجام پذیرفت. در این آزمایش چند نوع گل از قبیل داوودی^۱، اطلسی^۲، و شاهپسند^۳ تحت چهار تیمار نوری جهت شبیه‌سازی شرایط حاکم در پارک‌ها و فضای سبز شهری شامل لامپ بخار سدیم، لامپ متال هالید، لامپ فلورسنت و تاریکی به عنوان شاهد قرار گرفتند. آزمایش بر اساس طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار اجرا شد. نوردهی بعد از غروب آفتاب تا طلوع روز بعد (به جز تیمار شاهد) انجام پذیرفت. گیاهان انتخاب شده از نظر فتوپریودی به تیپ‌های مختلف تناوب نوری تعلق داشتند. نتایج به دست آمده، نشان داد که از منابع روشنایی، لامپ بخار سدیم تأثیر معنی‌دار آماری بر زمان گلدهی و میزان رشد گیاهان مورد آزمایش داشته است. این مسئله در گیاهان روز کوتاه و بی‌تفاوت بارز بود. لامپ متال هالید نیز تأثیر مثبتی بر اندازه سطح برگ گیاهان داشت. همچنین تأمین نور بعد از غروب آفتاب توانست چرخه فتوسنتزی گیاهان را فعال نگه داشته و رشد آن‌ها را افزایش دهد.

واژگان کلیدی: فتوپریود، نورپردازی شبانه، لامپ بخار سدیم، لامپ متال هالید، گلدهی.

مقدمه

بسته به موقعیت جغرافیایی و شرایط اقلیمی و فرهنگ مردم در هر دوره از تاریخ، پارک‌ها و باغ‌هایی به سبک‌های گوناگون ساخته شده است. همزمان با احداث باغات خصوصی و عمومی مسئله روشنایی اینگونه اماکن در هنگام تاریکی مطرح بوده است. با این وجود نورپردازی نسنجیده در مجموعه فضای سبز شهرها، راه‌ها و پارک‌ها آثار مخربی به بار آورده است به طوری که سیکل سالانه رشد، بازسازی و زمستان‌گذرانی موفق درختان دچار چالش شده است. همچنین افزایش بیش از حد سطح برگ، ضعف سیستم ریشه‌ای، عدم ریزش برگ در فصل پاییز، افزایش مواد مضر مثل نیترات در سبزیجات برگی، افزایش حساسیت به آلودگی هوا و سختی آب از موارد بارز آثار سوء نورپردازی می‌باشند. بر این اساس استفاده از لامپ‌های فلورسنت و متال هالید در فضای سبز، تغییر جهت تابش به سوی پیاده‌رو و خیابان‌ها، عدم نورپردازی در جهت بالا و خاموشی یا کاهش شدت نور در ساعاتی از شب به عنوان راهکارهای است که می‌توان با آن آثار زیان‌بار نور در زندگی گیاهان را کاهش داد.

۱. پیشینه تحقیق

۱-۱- معنی و مفهوم آلودگی نوری

هر کجا که شما به هر صورتی از نور به طور غیراستاندارد استفاده کنید تولید آلودگی نوری کرده‌اید. در نتیجه با این تفسیر هر منبع نور مصنوعی یا لامپ که در زمان یا مکان نامناسب از استاندارد خود خارج شود و با کیفیت نامطلوب محیط زیست و آسمان شب را آزاردهنده و آلوده سازد ایجاد آلودگی نوری کرده است (Adibi, et al, 2007, p. 27). آلودگی نوری ابتدا توسط منجمان و به دلیل حساس بودن ابزارهای رصدی آنان مورد توجه و سپس به عنوان یک معضل زیست محیطی مورد مطالعه قرار گرفت. تابش انواع نور حتی به مقدار کم، تأثیر زیادی در کم فروغ و پنهان شدن ستارگان دارد تا آنجائی که حتی ضعیف‌ترین نور منجمان را مجبور به طی مسافت‌های طولانی و دور شدن از شهرها می‌کند (International Dark Sky Association, 2005).

۱-۲- آلودگی نوری

وجود نور برای انجام عمل فتوسنتز، گل‌دهی، جوانه‌زنی و افزایش گیاهان امری ضروری است اما از کمک نور مصنوعی که راهی آسان برای رویش نهال‌های سبز و مستحکم است نمی‌توان به سادگی صرف‌نظر کرد. نور خورشید دارای طیف کامل نور است و تمام رنگ‌های آن مورد استفاده گیاه قرار می‌گیرد اما در عین حال نورهای قرمز و آبی بیشترین نقش را در فتوسنتز ایفا می‌کنند. نور قرمز موجب رشد گیاه و گل‌دهی آن می‌شود اما اگر گیاه تنها نور قرمز را دریافت کند، به صورت طولی رشد می‌کند اما ضعیف باقی می‌ماند. نور آبی نیز باعث رشد گیاه می‌شود اما دریافت آن به تنهایی سبب کوتاه و ضخیم شدن شاخه‌ها و برگ‌های گیاه می‌شود. این در حالی است که استفاده از ترکیب دو نور آبی و قرمز موجب افزایش فتوسنتز در گیاهان می‌شود (Ebrahim-Zadeh, 1996, p. 67).

۱-۳- نور و گیاه

هر گیاه به مقدار معینی نور برای زندگی و عمل فتوسنتز نیاز دارد که به حیات خود ادامه دهد. فتوسنتز و تعرق دو فرآیند مهمی هستند که انرژی خود را از نور خورشید دریافت می‌کنند. در این فرآیندها مقدار زیادی از انرژی نور مصرف می‌شود ولی فقط در فتوسنتز انرژی برای مصرف بعدی استفاده می‌شود. بعضی از فرآیندهای تحت تأثیر نور عبارتند از: جوانه‌زنی، مراحل رشد و تولید رنگ دانه که مقدار کمی از انرژی نور را مصرف می‌کنند. اما طبق قانون بردباری (افزایش یک عامل محیطی می‌تواند عامل محدودکننده باشد، می‌توان اینطور بیان کرد که بالا رفتن یک عامل باعث پایین آمدن بقیه عوامل می‌شود) رسیدن هر نور بیش از اندازه به گیاه، رشد آن را دچار اختلال می‌کند و در مواقعی مرگش را تضمین می‌کند (Gaston, 1999, p. 103).

۱-۴- اثرات مخرب آلودگی نوری بر گیاهان

اثرات مخرب آلودگی نوری بر گیاهان شامل:

- ۱- اختلال در رشد،
- ۲- اختلال در زمان از دست دادن برگ‌ها در فصل ریزش
- ۳- اختلال در بروز رنگ‌های طبیعی
- ۴- اختلال در جهت رویش (Mizon, 2002, p. 119).

از نتایج بر هم خوردن سیکل زندگی گیاهان می‌توان به درختان برگ‌ریزی اشاره کرد که در زمان ریزش برگ‌هایشان توان نمایش رنگ‌های پاییزی خود را از دست می‌دهند و یا درختانی که بر اثر آلودگی نوری، فصل از دست دادن برگ خود را فراموش کرده و دیده شده تا نیمه‌های زمستان همچنان دارای برگ‌های زرد می‌باشند. این عامل و همزمانی بارش برف در این فصل باعث سنگین شدن بدنه درخت و سرنگون شدن آن می‌گردد.

۵-۱- علل اهمیت نور

نور از سه جهت حائز اهمیت است: شدت نور، کیفیت نور، طول مدت تابش. واکنش گیاه نسبت به مدت زمان تابش متوالی نور را فتوپریودیسم گویند. اصولاً گیاهان مختلف برای گلدهی به طول روزهای مختلفی احتیاج دارند که به طور کلی شامل سه گروه مهم هستند:

گیاهان روز کوتاه^۴: این گیاهان برای گلدهی به روز کوتاه، و در واقع به شب بلند نیاز دارند بنابراین می‌توان آن‌ها را شب بلند نامید. طول مدت تاریکی که این گیاهان نیاز دارند بر حسب انواع مختلف از ۱۳ تا ۱۶ ساعت متغیر است یعنی اگر طول شب از این حد پایین باشد گل نخواهند داد.

گیاهان روز بلند^۵: این گیاهان برای گلدهی به روز بلند و شب کوتاه احتیاج دارند.

گیاهان بی‌تفاوت^۶: این گیاهان به طول روز یا شب حساس نبوده و در هر طول روز قرار گیرند گل می‌دهند (Lahooti, 1993, p. 98).

گیاهان به منبع انرژی پایدار احتیاج دارند که این انرژی را از نور دریافت می‌کنند. در طبیعت گیاه این نور را از خورشید دریافت می‌کند. در برخی از فصول سال به خصوص اواخر پاییز و زمستان، روزها کوتاه است و به منظور افزایش طول مدت روز می‌توان از منابع تولید نور مصنوعی (انواع مختلف لامپ) استفاده کرد. البته در زمان استفاده از نور مصنوعی عوامل دیگر همانند دمای محیط را نیز باید در نظر گرفت. برخی از محققان ادعا می‌کنند در صورتی که فتوپریود مورد نیاز گیاه، تأمین شود تفاوت چندان در افزایش طول مدت روز (روشن کردن منابع نور مصنوعی از زمان غروب خورشید) با انجام شب‌شکنی وجود ندارد. اما عده بیشتری از آنان با توجه به نتایج تحقیقاتشان معتقدند در مورد گیاهان روز بلند، افزایش طول روز به صورت عمل شب‌شکنی مؤثرتر است. با انجام عمل شب‌شکنی در حقیقت از حضور تاریکی به مدت طولانی و پیوسته جلوگیری و از طول مدت شب کاسته و به بیان دیگر به طول مدت حضور نور افزوده می‌شود. تمامی سعی بر آن است که غلظت فیتوکرومی^۷ که مایل به جذب نور فرورسرخ است در حدی باشد که گلدهی تحریک شود و لازمه این امر وجود نور قرمز و عدم حضور تاریکی به مدت کافی است. با توجه به نتایج گوناگونی که از پژوهش‌های مختلف به دست آمده است می‌توان اینگونه نتیجه‌گیری کرد که نوع گیاه همچنین سایر شرایط محیطی در نحوه به کارگیری منبع نور مصنوعی (مداوم یا متناوب) و همچنین زمان به کارگیری (بعد از غروب آفتاب یا اواسط شب) تأثیرگذار هستند. گروهی از پژوهشگران نیز عنوان کرده‌اند که اگر شدت نور در نوردهی مداوم یا نوردهی متناوب همانند یکدیگر باشد سایر عوامل محیطی، در مقایسه با شیوه نوردهی، تأثیر بیشتری در نتایج به دست آمده دارند (Afrasiab, 1999, p. 86).

تاج‌بخش در سال ۱۳۸۴ با قرار دادن گیاهان زیر نور لامپ فلورسنت، بخار سدیم و بخار جیوه در اتاق‌های تعبیه شده به مدت ۸ تا ۱۶ ساعت، اثر بخشی نور مصنوعی را بر فتوسنتز گیاهان مورد بررسی قرار داد و شدت تأثیر را به وسیله حسگرهای فتوالکترونیک و ترموالکترونیک اندازه‌گیری کرد. نتایج به دست آمده نشان داد، استفاده از لامپ با بخار جیوه سبب تولید نور آبی شدید و بالانس نوری می‌شود و استفاده از لامپ با بخار سدیم چون نور زرد و نارنجی تولید می‌کند سبب می‌شود گیاه احساس کند فصل پاییز فرا رسیده است و زمان گلدهی و میوه‌دهی آن تحریک شود. به گفته این پژوهشگر، در صورت استفاده از نور مصنوعی به جای نور طبیعی باید از ترکیب نور قرمز و آبی استفاده کرد زیرا این دو نورمکمل هم هستند و اثری مانند نور خورشید در رشد گیاهان دارند (Tajbaksh, 2011, p. 19).

همچنین در تحقیقی که بر روی رقمی از میخک ویلیام سیم^۸ انجام شد، این نتیجه به دست آمد که کیفیت گل‌ها با استفاده از نور مصنوعی و در فاصله یک و نیم متری از بستر کاشت و به شکل مداوم از غروب تا طلوع آفتاب تا حدودی بالاتر از زمانی است که همان شدت نور به شکل متناوب (۷٫۵ دقیقه در هر نیم ساعت) به کار گرفته می‌شود (Hayama, et al., 2010, p. 99).

از طرفی تحقیق دیگری که با رقم میخک خوشه‌ای سیلوری پینک^۹ انجام گرفت نشان داد نوردهی متناوب به مدت دوازده ساعت به شکل ۱۰ دقیقه روشن و ۲۰ دقیقه خاموش و در طی ۴۹ شب منجر به گلدهی بیشتر این گیاهان شد در حالی که شب‌شکنی کوتاه مدت با نور ممتد اثر کمتری بر گلدهی آن‌ها داشت (Bagnall & King, 2001, p. 415).

۲. روش تحقیق

آزمایش طی بهار و تابستان سال ۱۳۹۲ در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوی اجرا شد. نمونه‌های گیاهی از مدیریت فضای سبز شهرداری ارومیه تهیه شد. در این خصوص بوته‌های کشت شده در تاریخ کاشت همسان و با ظاهری یکنواخت و مشابه انتخاب شدند. خاک گلدان‌های مورد نظر هیچ تفاوتی نداشته و از یک منبع تأمین شد. گل‌های داوودی و شاهپسند و اطلسی به تعداد دوازده گلدان از هر یک در اتاق‌های مخصوص ۱/۵ در ۲ متری که به همین منظور با دیواره‌های چوبی تهیه شده بود انتقال داده شدند، به طوری که روزها مقابل نور طبیعی خورشید و شب‌ها در اتاق‌های محفوظ بودند.

گل شاهپسند، از نظر فتوپریودیسمی گیاهی روز کوتاه و شب بلند است و ما به وسیله نور مصنوعی طول روز را برای این گیاه افزایش داده‌ایم. گل اطلسی، از نظر فتوپریودیسمی گیاهی روز بلند و شب کوتاه است. گل داوودی نیز از نظر فتوپریودیسمی روز کوتاه و شب بلند است.

دلیل استفاده از این سه گل این بوده که، معمولاً در پارک‌ها و فضای سبز شهری زیاد کاشته می‌شوند و همچنین نیاز نوری این گیاهان متفاوت است به طوری که گل شاهپسند و گل داوودی روز کوتاه هستند و به شب‌های بلند برای گلدهی نیاز دارند و گل اطلسی نیز روز بلند است و به شب‌های کوتاه نیاز دارد تا به گل برسد. ما به وسیله منابع روشنایی مصنوعی (لامپ) در این گیاهان شب‌شکنی کرده تا اثرات نورپردازی در طول شب را بر روی گیاهان بررسی کنیم.

به منظور شبیه‌سازی شرایط پارک‌ها و فضای سبز شهری چهار اتاقک مخصوص پیش‌بینی شده، که به ترتیب شامل تاریکی مطلق و روشنایی ممتد به وسیله لامپ‌های استاندارد متال هالاید، بخار سدیم، فلورسنت (جدول شماره ۱) بودند. مشخصات هر کدام از لامپ‌ها در جدول زیر ذکر شده است:

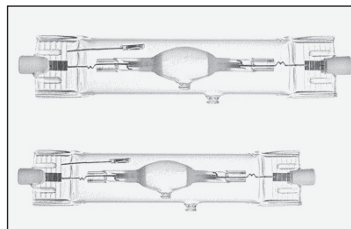
جدول ۱: مشخصات لامپ‌های مورد استفاده

لامپ بخار سدیم پرفشار	۵۰ وات
لامپ متال هالاید	۷۰ وات
لامپ فلورسنت	۱۸ وات

شکل ۳: لامپ فلورسنت



شکل ۲: لامپ متال هالاید



شکل ۱: لامپ بخار سدیم



پژوهش به مدت دو ماه ادامه یافت و طی این مدت مشخصات ظاهری گیاهی به دقت رصد شد. گلدان‌ها به طور مرتب و یکنواخت با حجم مشخصی از آب، آبیاری شدند. همچنین طی دوره آزمایش هیچ‌گونه بیماری یا آفت خاصی مشاهده نشد. در ضمن ارتفاع بوته‌ها و سطح برگ‌ها در طول مدت پژوهش چهار بار رکوردگیری شد که زمان‌های اندازه‌گیری هر پانزده روز بودند.

۳. طیف نوری لامپ‌های متال هالاید، بخار سدیم و فلورسنت و نور خورشید

نور بخار سدیم دارای پایداری طولانی و طیف نوری زرد - قرمز است. تنها اشکال آن طیف آبی نه چندان قوی برای رشد گیاه می‌باشد. نور سدیم انتخاب مناسبی برای گیاهان گلداندار است. نور متال هالاید با طیف وسیع و نور آبی زیاد برای رشد و نمو گیاه مناسب است. لامپ فلورسنت طیف رنگ وسیعی دارد و در انواع مختلف در دسترس می‌باشد.

شکل ۴: طیف نوری لامپ بخار سدیم



شکل ۵: طیف نوری لامپ متال هالید



شکل ۶: طیف نوری لامپ متال هالید



نور خورشید نیز دارای طیف نوری قرمز، نارنجی، زرد، سبز، آبی، نیلی و بنفش می‌باشد. چشم ما قادر به دیدن بعضی از طول موج‌ها نیست. بیشتر طول موج‌های قرمز، آبی، نیلی و بنفش در فتوسنتز گیاه مؤثر هستند.

شکل ۷: طیف نوری خورشید



جدول ۲: طیف‌های نوری مختلف و چگونگی تأثیر آن‌ها روی اندام گیاهی

طیف‌های مختلف نور	طول موج (نانومتر)	چگونگی تأثیر روی اندام‌های گیاهی
مادون قرمز	۷۵۰ تا ۸۰۰	غیرقابل رؤیت، در رشد گیاه و اعمال بیوشیمیایی تأثیر ندارد.
قرمز دور	۷۰۰ تا ۷۵۰	غیرقابل رؤیت، با وجود اینکه در فتوسنتز مؤثر نیست اما برای رشد گیاه، جوانه‌زنی و غنچه دادن مؤثر است.
قرمز قابل رؤیت	۶۰۰ تا ۷۰۰	قابل رؤیت، شدیداً به وسیله کلروفیل جذب شده و باعث سبزینه‌سازی می‌گردد.
زرد متمایل به سبز	۵۰۰ تا ۶۰۰	قابل رؤیت، اثر ناچیزی روی سبزینه‌سازی دارد مخصوصاً قسمت سبز نور.
آبی متمایل به بنفش	۴۰۰ تا ۵۰۰	قابل رؤیت، شدیداً به وسیله کلروفیل جذب شده و در سبزینه‌سازی و تشکیل اندام‌های گیاهی مؤثر است.
ماوراء بنفش	کمتر از ۴۰۰	غیرقابل رؤیت، برای گیاه زیان‌بخش است، بر روی رشد محصول تأثیر منفی داشته و شدت آن باعث کوتاهی گیاه و کلفت شدن برگ و حتی نابودی گیاه می‌شود.

(Mazlyak, 2001)

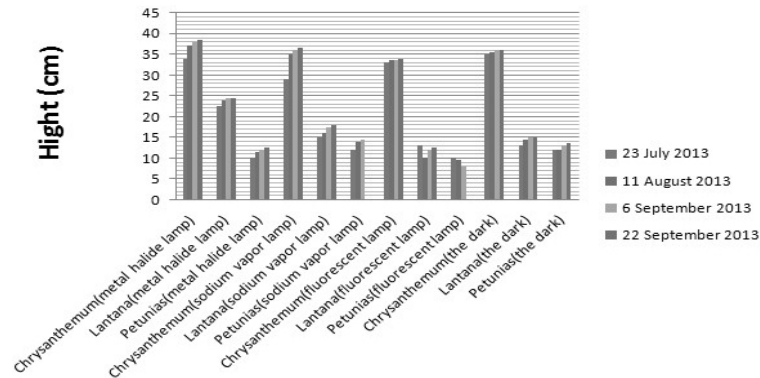
۴. نتایج و بحث

۴-۱- ارزیابی رشد

رشد فرآیند خاصی نیست بلکه ماحصل فرآیندهای متنوع و متعدد همچون فتوسنتز، تنفس، جذب، انتقال، توزیع و ... می‌باشد. تجزیه و تحلیل رشد تکنیکی است که توسط بلاک من ابداع شد و به وسیله آن می‌توان آنچه که بر سر گیاه در طول دوره رشد آمده است را شناسایی کرد و با استفاده از آن عکس‌العمل‌های گیاه را توجیه نمود. نتایج حاصل از رکوردگیری نمونه‌های گیاهی (نمودار شماره ۱) نشان داد گلدهی‌هایی که طی طول شب تحت نور بخار سدیم بودند با ۱۹/۵ درصد افزایش ارتفاع بیشتر از سایر تیمارهای نوری رشد کردند. نور شبانه متال هالید و فلورسنت به ترتیب ۱۸ و ۸ درصد افزایش ارتفاع داشتند. به طوری که در منابع ذکر شده است لامپ‌های بخار سدیم نورهای زرد

و نارنجی را ساطع می‌نمایند، لذا از این نظر ثابت شده است که نور زرد و نارنجی می‌تواند ارتفاع گیاه را افزایش داده و همچنین گلدهی را تحریک کند. لیکن گیاهانی که تحت نور زرد و نارنجی رشد می‌نمایند بیش از حد مرتفع شده و به علت داشتن ساقه‌های ضعیف همواره از نظر امکان ورس و خوابیدگی در مخاطره هستند. بنابراین از این حیث می‌توان ادعا نمود آلودگی نوری حاصل از نورهای زرد و نارنجی لامپ بخار سدیم می‌تواند باعث افزایش ارتفاع گیاهان شود و این به ضرر گیاهان فضای سبز پارک‌ها است.

نمودار ۱: تغییرات ارتفاع گیاهان در اثر تابش نور مصنوعی در طول دوره آزمایش

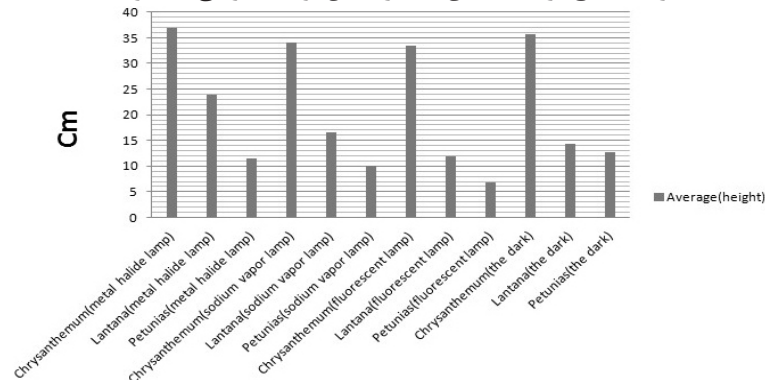


در مورد نور فلورسنت همچنین نتایج مطابق انتظار بود، چرا که لامپ‌های فلورسنت از خود، نورهای سبز و آبی تولید می‌نمایند و این دو طیف نور باعث ایجاد رشد عرضی در گیاه شده و گیاهانی که تحت نور سبز و آبی رشد می‌کنند عموماً کوتاه و ضخیم شده و به هیچ وجه گلدهی را تجربه نمی‌کنند، بنابراین گیاهانی که تحت نورهای فلورسنت رشد می‌نمایند گلدهی‌شان به تاخیر افتاده یا اصلاً گلدهی نخواهند داشت و این در فضاهای سبز مشکل جدی ایجاد خواهد کرد. علی‌رغم اینکه طول موج نور در لامپ‌های متال هالید ۴۰۰ تا ۷۰۰ نانومتر ذکر شده است و کاملاً مشابه لامپ بخار سدیم می‌باشد ولی آثار مشاهده شده بسیار متفاوت بود. اثر لامپ‌های متال هالید به تازگی مطلق نزدیک بود، لذا می‌توان انتظار داشت کم‌ضررترین منبع روشنایی در فضای سبزها نور همین لامپ باشد.

۴-۲- ارزیابی سطح برگ

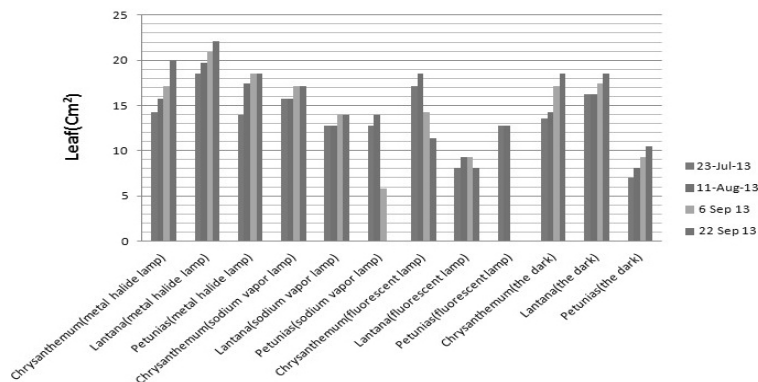
اگر گیاهی بخواهد از انرژی خورشید به طور کارآمدی استفاده نماید باید حداکثر تشعشع توسط بافت‌های سبز به ویژه برگ‌ها جذب گردد. با افزایش سطح برگ، درصد جذب نور نیز افزایش می‌یابد ولی قبل از اینکه سطح برگ به حداکثر برسد درصد جذب نور به حداکثر می‌رسد، زیرا با افزایش سطح برگ به برگ‌های پایینی نور نمی‌رسد. آنالیز سطح برگ‌ها (نمودار شماره ۲) بر خلاف نتایج پایش رشد نشان داد که پرتوهای لامپ متال هالید طی شب افزایش ۴۸ درصدی برگ‌ها را به دنبال داشته است. از این نظر لامپ‌های متال هالید مشابه تاریکی (۴۵ درصد) عمل نموده است. چنانچه در منابع ذکر شده، نور لامپ‌های متال هالید به سفید می‌گراید و تقریباً تمام نورهای قابل رؤیت را دارد، بدین ترتیب می‌تواند منبع خوبی برای فتوسنتز گیاهان حتی در گلخانه محسوب گردد. لامپ‌های متال هالید طیف نوری به اندازه ۴۰۰ تا ۷۰۰ نانومتر تولید می‌نمایند. این طیف دقیقاً تشکیل‌دهنده نور مرئی بوده و به تشعشع فعال فتوسنتزی^{۱۰} معروف است، چرا که تنها پرتو نور خورشید است که در فرآیند فتوسنتز دخالت می‌کند.

نمودار ۲: تغییرات سطح برگ گیاهان در اثر تابش نور مصنوعی در طول دوره آزمایش

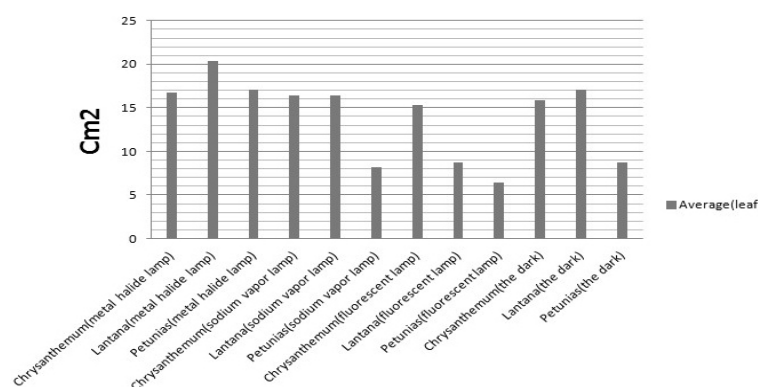


لامپ های بخار سدیم و فلورسنت به ترتیب ۲۳ و ۱۷ درصد افزایش سطح برگ داشتند که از نظر آماری با تیمار تاریکی دارای اختلاف معنی دار بودند. به نظر می‌رسد کاهش سطح برگ در گیاهان تحت رشد با لامپ‌های بخار سدیم و فلورسنت منجر به عقب افتادن چرخه‌های مهم حیاتی منجمله گلدهی و باردهی شود، این اثر در گیاهان مئمره، باغی و زراعی مشهودتر خواهد بود و می‌توان از آن با عنوان آلودگی نوری در گیاهان نام برد.

نمودار ۳: میانگین تغییرات ارتفاع



نمودار ۴: میانگین تغییرات سطح برگ



۴. نتیجه گیری

نتایجی که به دست آوردیم نشان می‌دهد که علی‌رغم اینکه طول موج در لامپ‌های متال هالید و بخار سدیم ۴۰۰ تا ۷۰۰ نانومتر است و مشابه هم هستند ولی آثار مشاهده شده بسیار متفاوت بود. به طوری که اثر لامپ متال هالید به تاریکی مطلق نزدیک بود، و می‌توان گفت که کم ضررترین منبع روشنایی در فضای سبز شهرها نور لامپ متال هالید می‌باشد. نور لامپ بخار سدیم و فلورسنت منجر به عقب افتادن چرخه‌های مهم حیاتی منجمله گلدهی و باردهی می‌شوند و برای نوردهی فضای سبز و پارک در شب توصیه نمی‌شوند.

۵. پیشنهادها

با توجه به نتایج به دست آمده کم ضررترین منبع روشنایی برای گیاهان در پارک‌ها و فضای سبز شهری لامپ متال هالید می‌باشد؛ و همچنین با:

- تغییر جهش تابش به سوی پیاده‌رو و خیابان‌ها
- عدم نورپردازی در جهت بالا
- خاموشی یا کاهش شدت نور در ساعاتی از شب می‌توان آثار زیان بار نور در زندگی گیاهان را کاهش داد.

1. Chrysanthemum
2. Petunias
3. Lantana
4. Short Day Plants-SDP
5. Long Day Plants-LDP
6. Day Neutral Plants-DNP
7. Pfr
8. William Sim
9. Silvery Pink
10. Photosynthetic Active Radiation

References

- Adibi, A., Mnam, AR. Ghazi Zadeh, N., (2007). *The General Principles of Lighting in Urban Parks*, Journal of Fine Arts, Number 27 .
- Afrasiab, R., (1999). *Plant Physiology*, Parivar publications.
- Bagnall, DJ., King, RW. (2001). *Adaptation of Photoperiodic Control Pathways Produces Short-day Flowering in Silvery Pink Cloves*, Journal of Plant Physiology 16, p. 415-423.
- Ebrahim-Zadeh, H. (1996) *Plant Physiology*, Tehran University Press.
- Rich, K., Longcore, T. (2006). *Ecological Consequences of Artificial Night Lighting*, Island Press, 1st. ed. Los Angeles, USA.
- Gaston, D. (1999), *Green Plant Life*, translated by M. Mojtahedi .2003, Tehran University Press.
- Hayama, R., Yokoi S, Tamaki S, Yano M, Shimamoto K. (2010). *The Effect of Red and Blue Light Component on the Growth and Development of Clove Cluster William Sim*, Zemdirbyste-Agriculture, Vol. 97, No. 2, p. 99-104.
- International Dark Sky Association, 2005. [http:// www.darksky.org](http://www.darksky.org).
- Lahooti, M., (1993). *Principles of Plant Physiology*, Astan Quds Razavi Mashhad publications.
- Mazlyak, C. (2001). *Plant Physiology, Nutrition and Attract*, Translated by Dr. Hassan Hekmat sho'ar. 2003, Tabriz University Press.
- Mizon, B., (2002). *Light Pollution*, Springer-Verlag London Limited.
- Okamoto, K., Yanagi, T., Takita, S., et al. *Development of Plant Growth Apparatus Using Blue and Red Led as Artificial Light Source*, Acta Horticulturae, 1996, Vol. 440, p. 111-116.
- Rajapakse, N.C., Pollock, R.K., McMahon, M.J., et al., *Interpretation of Light Quality Measurements and Plant Response in Spectral Filter Research*, Hort- Science. 1992, Vol. 27, p. 1208-1211.
- Schuerger, A.C., Brown, C.S., Stryjewski, E.C., Anatom- L., *Grown under Red Light-Emitting Diodes Sup-Botany*. 1997, Vol. 79, p. 273-282.
- Shin, K.S., Murthy, H.N., Heo, J.W., et al. *The Effect of Light Quality and the Growth and Development on in Vitro Cultured Doritaenopsis Plants*, Acta Physiologica Plantarum. 2008, Vol. 30, p. 339-343.
- Tajbakhsh, M. (2011). *The Effect of Artificial Light on Growth and Flowering Green Beans*, Journal of Agricultural University of Ahvaz, No. 2, p. 19-25.