نشریه فیزیولوژی محیطی گیاهی، سال دوازدهم، شماره ۴۶، تابستان ۱۳۹۶ / صفحات: ۶۶-۵۷

# ارزیابی اثر طول روز بر شاخص‌های مورفولوژیک و فیزیولوژیک سبزفرش‌های چایر (*Cynodon dactylon* [L.] Pers.) و چمانواش بلند (*Festuca arundinacea* Schreb.) در شرایط مزرعه

**نادر آدمی‌پور*، حسن صالحی، مرتضی خوشخوی**

گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران.

**تاریخ دریافت: ۹۶/۲/۲۶ تاریخ پذیرش: ۹۶/۵/۹**

**چکیده**

تخمین زده شده که ۲۰ تا ۲۵ درصد از تمام سبزفرش‌ها (چمن‌ها) تحت تاثیر سایه ناشی از ساختمان‌ها یا درختان بلند، قرار می‌گیرند. بنابراین سایه از طریق اثر بر شدت، کیفیت و طول مدت تابش بر رشد گیاه اثر می‌گذارد. با توجه به اهمیت سبزفرش‌ها در زیبایی محیط پیرامون بشر تاکنون پژوهش‌های کافی برای شناخت ویژگی‌های مورفوفیزیولوژیک سبزفرش‌ها در شرایط طول روز مختلف انجام نشده است. به همین منظور پژوهشی مزرعه‌ای با هدف اثر طول روز بر برخی ویژگی‌های مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی دو جنس سبزفرش، به صورت طرح کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در مزرعه پژوهشی دانشکده کشاورزی بخش علوم باغبانی دانشگاه شیراز انجام شد. طول روز در سه سطح (روز بلند (۱۶ ساعت)، روز متوسط (۱۲ ساعت) و روز کوتاه (۸ ساعت)) به‌عنوان فاکتور اصلی و دو جنس سبزفرش (*Festuca arundinacea* Schreb. و *Cynodon dactylon* [L.] Pers.) به‌عنوان فاکتور فرعی در نظر گرفته شدند. نتایج نشان داد که روز کوتاه سبب کاهش تراکم پنجه، وزن تر و خشک شاخساره، وزن تر و خشک ریشه و محتوای کلروفیل و نشاسته و افزایش سطح برگ و فعالیت آنزیم‌های سوپراکسید دیسموتاز، کاتالاز، پراکسیداز و آسکوربات پراکسیداز شد. همچنین نتایج نشان داد که روز بلند سبب افزایش تراکم پنجه، وزن تر و خشک شاخساره، وزن تر و خشک ریشه و محتوای کلروفیل و نشاسته و کاهش سطح برگ و فعالیت آنزیم‌های سوپراکسید دیسموتاز، کاتالاز، پراکسیداز و آسکوربات پراکسیداز شد. سبزفرش *Festuca arundinacea* Schreb. در مقایسه با سبزفرش *Cynodon dactylon* [L.] Pers. مقاومت بیشتری به کاهش طول روز نشان داد. با توجه به امکان افزایش دوره روشنایی در پارک‌ها و استادیوم‌ها، در زمان‌هایی که سبزفرش‌ها در فصول سرد رنگ زرد به خود می‌گیرند. افزایش دوره نوری سبب بهبود رنگ سبز و افزایش کارایی در سبزفرش‌ها می‌گردد.

***واژه‌های کلیدی***: آنتی‌اکسیدان، سبزفرش، طول روز، کلروفیل

**مقدمه**

نور فاکتور مهمی است که اثر شگرفی بر رشد و تولید محصولات، اندام‌زایی و تشکیل متابولیت‌های اولیه و ثانویه در گیاهان می‌گذارد (Shoael, et al., 2006). تخمین زده شده که ۲۰ تا ۲۵ درصد از تمام سبزفرش‌ها (چمن‌ها) در درجاتی از سایه که ممکن است ناشی از ساختمان‌ها یا درختان بلند باشد، نگه‌داری می‌شوند. سایه از طریق اثر بر شدت، کیفیت و طول مدت تابش بر رشد گیاه اثر می‌گذارد (Fry and Huang, 2004). سبزفرش‌ها به یک حداقل دوره تابش روزانه برای رشد احتیاج دارند. طول دوره به‌وسیله زاویه خورشید، عرض جغرافیایی و اندازه و

*نویسنده مسئول: nader.adamipour@shirazu.ac.ir

محل درخت یا ساختمان ایجاد کننده سایه تحت تاثیر قرار می‌گیرد. اغلب سبزفرش‌ها به چهار تا پنج ساعت نور کامل خورشید در روز، با یک روز کامل نور فیلتر شده، نیاز دارند. طویل شدن دوره روشنایی رشد برگ، تولید پنجه و تجمع ماده خشک را بهبود بخشیده و ممکن است مقاومت به تنش‌های محیطی را افزایش دهد (Ghasemi Ghehsareh and Salehi, 2011). گیاهان در معرض انواع زیادی از تنش‌های طبیعی هستند مثل تنش خشکی، شوری، و نوری که تمامی این تنش‌ها به‌طور مستقیم و یا غیرمستقیم بر دستگاه فتوسنتز و عملکرد آن تاثیر می‌گذارند. تنش نوری خود به دو دسته تقسیم می‌شود، تنش نور زیاد و تنش نور پایین. تنش نور زیاد مواقعی ایجاد می‌شود که گیاه بیشتر از آنچه مورد نیاز فتوسنتز است نور دریافت کند (Han et al., 2009). Xu و Huang (۲۰۰۴) گزارش کردند که در بنت گراس خزنده (*Agrostis palustris* L.) قرار گرفته در معرض تنش گرمایی افزایش طول دوره نوری از ۱۴ تا ۲۴ ساعت به طور معنی‌داری کیفیت چمن، تراکم پنجه، طول ریشه و تعداد ریشه را افزایش داد. بهبود عملکرد چمن همراه با افزایش دوره نوری، با افزایش در میزان کربوهیدارت مرتبط بود. گیاهان برای سازگاری با شرایط نوری مختلف، دارای مکانیسم‌های کوتاه‌مدت و بلندمدت هستند (Han et al., 2009). مکانیسم‌های بلندمدت شامل تغییرات مورفولوژیکی، بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی برگ و کلروپلاست، تغییر در محتوای کلروفیل و کاروتنوئیدها و همچنین تغییر در ساختار کلروپلاست مانند شکل‌گیری کلروپلاست‌های سازگار یافته با نور زیاد می‌باشد (Han et al., 2009). مکانیسم‌های کوتاه مدت شامل حالت گذار بین فتوسیستم I و فتوسیستم II، پراکنده‌سازی انرژی گرمایی، کاهش کوتاه مدت در عملکرد فتوسنتزی مثل بسته شدن روزنه در ظهر، جلوگیری از تبدیل کوانتوم فتوسنتزی و انتقال الکترون است (Yamori and Shikanai, 2016). تنش نور معمولا باعث ایجاد تنش اکسایشی در گیاهان می‌شود، تنش اکسایشی در گیاه عوارضی را ایجاد می‌کند که از آن جمله می‌توان به تولید گونه‌های فعال اکسیژن‌دار، پراکسیداسیون لیپیدها، تخریب غشاهای بیولوژیکی و غیره نام برد. گیاهان برای مقابله با تنش اکسایشی ناشی از تنش نوری و از بین بردن ترکیبات فعال اکسیژن دارای سیستم‌های دفاعی پیشرفته‌ای هستند که از آن جمله می‌توان به آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان، نقش احتمالی متالوتیونین‌ها و اسیدهای آلی اشاره کرد (Dietz et al., 2016).

با توجه به قرارگیری اغلب سبزفرش‌ها در درجات مختلف سایه ناشی از درختان و ساختمان‌ها پژوهش‌های کافی جهت بررسی رفتار مورفوفیزیولوژیک این گیاهان در شرایط تنش نوری انجام نشده است. به همین منظور در این پژوهش به ارزیابی ویژگی‌های فیزیولوژیکی (شامل: محتوای کلروفیل، نشاسته و آنزیم‌های کاتالاز، پراکسیداز، سوپراکسیددیسموتاز و آسکوربات پراکسیداز) و شاخص‌های مورفولوژیکی (شامل: سطح برگ، تراکم پنجه، وزن تر و خشک شاخساره و ریشه) دو جنس از سبزفرش در شرایط تنش نوری پرداخته شده است.

## مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی اثر طول روز، پژوهشی مزرعه‌ای به‌صورت طرح کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با چهار تکرار در مزرعه پژوهشی دانشکده کشاورزی بخش علوم باغبانی دانشگاه شیراز انجام شد. طول روز در سه سطح (روز بلند (۱۶ ساعت)، روز متوسط (۱۲ ساعت) و روز کوتاه (۸ ساعت)) به‌عنوان فاکتور اصلی و دو جنس سبزفرش (چمانواش بلند (*Festuca arundinacea* Schreb. 'Starlett') و چایر

(*Cynodon dactylon* [L.] Pers. California Origin) به‌عنوان فاکتور فرعی در نظر گرفته شدند. قبل از شروع آزمایش از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری خاک مزرعه نمونه‌برداری انجام شد. ویژگی‌های خاک منطقه در جدول ۱ ارائه شده است. عملیات تهیه زمین شامل شخم عمیق (۳۰ سانتی‌متر) با گاوآهن برگردان‌دار، دیسک، تسطیح زمین و مرزبندی بود. قبل از کاشت بذرها به منظور یکسان بودن تعداد بوته در هر کرت مقدار بذر مورد نیاز برای دو جنس سبزفرش مورد آزمایش بر اساس وزن هزار دانه تعیین و برای *Festuca arundinacea* Schreb. ۱۸۴ گرم و برای *Cynodon dactylon* [L.] Pers. ۲۸ گرم در هر کرت (۴×۱ متر، فاصله کرت‌ها ۵ متر) به‌صورت دستپاش کاشته و مراقبت‌های زراعی انجام شد. پس از جوانه‌زدن بذرها و رسیدن به ارتفاع ۳ سانتی‌متری تیمار طول روز اعمال گردید. برای اعمال تیمار نوری از اتاقک‌هایی به‌ترتیب به ارتفاع، طول و عرض ۱/۵، ۴ و ۱ متر که با پوششی غیرقابل نفوذ به نور استفاده شد. اتاقک‌ها شامل هواکش (جهت تنظیم رطوبت و دما) و ۲۴ عدد لامپ فلورسنت ۶۰ وات در ارتفاع نیم متری از سطح گیاهان با میانگین شدت نور ۳۰۰۰ لوکس بود. تنظیم زمان‌های روشنایی و تاریکی، رطوبت و دما به‌صورت اتوماتیک توسط سنسورهای تعبیه شده در اتاقک‌ها انجام می‌شد. بعد از گذشت سه ماه از اعمال تیمارهای نوری نمونه‌ها برای تعیین شاخص‌های مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی برداشت و به آزمایشگاه گروه علوم باغبانی دانشگاه شیراز منتقل شدند.

**تراکم پنجه و وزن تر و خشک شاخساره و ریشه:** پس از پایان آزمایش، گیاهان با استفاده از پلات تهیه شده به ابعاد ۱۰×۱۰×۴۰ (سانتی‌متر) با دقت از زمین بیرون آورده شدند و خاک اطراف ریشه شسته شد. سپس به آزمایشگاه انتقال داده شدند، شمارش تراکم پنجه در بوته‌ها انجام شد و پس از جداکردن شاخساره از ریشه‌ها، وزن تر هر یک با ترازو ثبت شد. سپس شاخساره و ریشه در پاکت‌های جداگانه به مدت ۴۸ ساعت در آون در دمای ۷۰ درجه خشک شدند و سپس وزن خشک ثبت گردید.

**سطح برگ:** برای اندازه‌گیری سطح برگ از دستگاه سطح برگ سنج (مدل DELTA-T ساخت آلمان) استفاده شد.

**محتوای کلروفیل:** ابتدا یک گرم برگ توزین شد، سپس در هاون به همراه ۵ میلی‌لیتر استون ۸۰ درصد له شد سپس مخلوط حاصل در استوانه مدرج ریخته شده و حجم آن با استون ۸۰ درصد به ۱۰ میلی‌لیتر رسانده شد و به مدت ۱۰ دقیقه در ۸ هزار دور در دقیقه سانتریفیوژ شد. سپس با جداکردن ناخالصی‌ها، مایع زلال حاوی کلروفیل برای بار دوم به حجم ۱۰ میلی‌لیتر رسانده شد. با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۶۶۳ و ۶۴۵ نانومتر خوانده و بر اساس فرمول زیر میزان کلروفیل بر حسب میلی‌گرم در گرم وزن تر به دست آمد (Saini et al., 2001).

$$\text{Chlorophyll (mg/g F.W.)} = [20.2(A)+8.02(B)\times V/(W\times 1000)]$$

A: میزان جذب در طول موج ۶۴۵ نانومتر، B: میزان جذب در طول موج ۶۶۳ نانومتر، V: حجم نهایی عصاره و استون، W: وزن تازه برگ

**جدول ۱:** برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک

| شن (٪) | سیلت (٪) | رس (٪) | بافت | pH | EC (dS/m) | ظرفیت مزرعه (FC) | نقطه پژمردگی دائم (PWP) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ۲۵ | ۴۰ | ۳۵ | سیلت-لوم | ۷/۳ | ۰/۴ | ٪۳۰ | ٪۲۰ |

## نتایج

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که سطح برگ، وزن تر و خشک شاخساره، وزن تر و خشک ریشه، تراکم پنجه، محتوای کلروفیل و نشاسته، سوپراکسیددیسموتاز، کاتالاز، پراکسیداز و آسکوربات پراکسیداز تحت تاثیر طول روز، نوع سبزفرش (به جز محتوای نشاسته) و اثر متقابل طول روز و سبزفرش (به جز سطح برگ، محتوای نشاسته، کاتالاز، پراکسیداز و آسکوربات پراکسیداز) دارای اختلاف معنی‌دار در سطح ۱ و ۵ درصد می‌باشند (جدول ۲ و ۳).

**سطح برگ:** نتایج حاصل از مقایسه میانگین جدول (۴) نشان داد که بیشترین و کمترین سطح برگ در طول روز کوتاه و بلند وجود داشت. به طوری که سطح برگ در طول روز کوتاه نسبت به روز بلند ۴۶/۵۰ درصد افزایش یافته بود. با توجه به نتایج به دست آمده بیشترین و کمترین سطح برگ به ترتیب در سبزفرش چمانواش بلند و چایر مشاهده شد (جدول ۴). سطح برگ در چمانواش بلند نسبت به چایر ۶۴/۷۲ درصد افزایش نشان داده بود. اثر متقابل طول روز و نوع سبزفرش نشان داد که بیشترین و کمترین سطح برگ به ترتیب در طول روز کوتاه در سبزفرش چمانواش بلند و روز بلند در سبزفرش چایر بود (جدول ۴).

**جدول ۲:** تجزیه واریانس اثر طول روز، گونه و اثر متقابل طول روز و گونه بر ویژگی‌های مورفولوژیک

| منابع تغییرات | درجه آزادی | سطح برگ | وزن تر شاخساره | وزن خشک شاخساره | تراکم پنجه | وزن تر ریشه | وزن خشک ریشه |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| تکرار | ۳ | ۰/۰۹ ns | ۲۹/۷۵ ns | ۱۱/۹۲ * | ۵/۰۴ ns | ۱۸/۹۰ * | ۶/۵۲ * |
| طول روز | ۲ | ۳/۸۴ ** | ۱۳۶۰/۵۶ ** | ۱۷۹۸/۹۵ ** | ۱۵۰۹/۰۴ ** | ۱۹۷۹/۴۳ ** | ۴۹۷/۱۷ ** |
| گونه | ۱ | ۱۶/۷۶ ** | ۴۹۲۹۳۴/۸۰ ** | ۴۹۲۱۱/۲ ** | ۲۶۳۳۴/۳۷ ** | ۲۷۲۶/۴۰ ** | ۶۳۸/۴۹ ** |
| طول روز × گونه | ۲ | ۰/۱۷ ns | ۱۰۱/۸۱ ** | ۳۳/۷ ** | ۴۰/۶۲ * | ۶۶/۹۸ ** | ۲۳/۱۶ ** |
| خطا اصلی | ۶ | ۰/۱۲ | ۸/۵۸ | ۱/۵۰ | ۱/۳۷ | ۳/۵۱ | ۱/۵۰ |
| خطا فرعی | ۹ | ۰/۰۵ | ۱۲/۱۸ | ۲/۳۳ | ۶/۷۶ | ۳/۷۱ | ۰/۰۰ |
| ضریب تغییرات | – | ۶/۶۲ | ۱/۱۷ | ۱/۱۹ | ۱/۸۹ | ۲/۰۱ | ۰/۳۴ |

*، ** و ns به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۱و۵ درصد و عدم معنی‌داری است.

**جدول ۳:** تجزیه واریانس اثر طول روز، گونه و اثر متقابل طول روز و گونه بر ویژگی‌های فیزیولوژیک

| منابع تغییرات | درجه آزادی | محتوای نشاسته | محتوای کلروفیل | سوپراکسید دیسموتاز | کاتالاز | آسکوربات پراکسیداز | پراکسیداز |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| تکرار | ۳ | ۴/۳۱ ns | ۰/۰۰ ns | ۱/۵۰ ns | ۰/۳۹ ns | ۱۶/۳۲ ns | ۰/۳۱ ns |
| طول روز | ۲ | ۳۳۳/۳۹ ** | ۰/۴۱ ** | ۷۱۰۸/۶۶ ** | ۸/۱۲ ** | ۱۷۲/۵۳ ** | ۱۱۵۳/۹۵ ** |
| گونه | ۱ | ۲/۲۴ ns | ۲/۱۷ ** | ۶۶۱/۵۰ ** | ۹/۵۰ ** | ۷۳۵۰/۰۰ ** | ۱۳۲۷/۵۳ ** |
| طول روز × گونه | ۲ | ۰/۲۱ ns | ۰/۰۰ ** | ۵۴۲/۰۰ ** | ۰/۰۰ ns | ۰/۰۰ ns | ۰/۰۲ ns |
| خطا اصلی | ۶ | ۰/۲۱ | ۰/۰۰ | ۲/۰۰ | ۰/۱۵ | ۵/۱۸ | ۰/۴۹ |
| خطا فرعی | ۹ | ۲/۷۴ | ۰/۰۰ | ۳/۶۱ | ۰/۱۶ | ۵/۶۶ | ۰/۱۴ |
| ضریب تغییرات | – | ۳/۰۳ | ۰/۹۲ | ۱/۷۹ | ۱/۳۲ | ۰/۲۹ | ۰/۴۹ |

*، ** و ns به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۱و۵ درصد و عدم معنی‌داری است.

**جدول ٤:** میانگین اثر طول روز، نوع جنس و اثر متقابل آن‌ها بر سطح برگ، وزن تر و خشک شاخساره

| طول روز | | | | |
|---|---|---|---|---|
| سطح برگ (سانتی‌متر مربع در بوته) | | | | |
| نوع جنس | بلند | متوسط | کوتاه | میانگین گونه |
| *Cynodon dactylon* | ۲/۱۰ d* | ۲/۴۶ d | ۳/۱۹ c | ۲/۵۸ B |
| *Festuca arundinacea* | ۳/۶۲ bc | ۳/۹۵ b | ۵/۲۰ a | ۴/۲۵ A |
| میانگین طول روز | ۲/۸۶ B | ۳/۲۰ B | ۴/۱۹ A | |
| وزن تر شاخساره (گرم در مترمربع) | | | | |
| نوع جنس | بلند | متوسط | کوتاه | میانگین گونه |
| *Cynodon dactylon* | ۱۶۳/۰۷ d | ۱۵۲/۹۴ e | ۱۴۴/۰۳ f | ۱۵۳/۳۵ B |
| *Festuca arundinacea* | ۴۵۶/۰۴ a | ۴۴۰/۹۶ b | ۴۲۲/۹۳ c | ۴۳۹/۹۷ A |
| میانگین طول روز | ۳۰۹/۵۶ A | ۲۹۶/۹۵ B | ۲۸۳/۴۸ C | |
| وزن خشک شاخساره (گرم در مترمربع) | | | | |
| نوع جنس | بلند | متوسط | کوتاه | میانگین گونه |
| *Cynodon dactylon* | ۹۸/۷۳ d | ۸۲/۳۳ e | ۶۵/۶۳ f | ۸۲/۲۳ B |
| *Festuca arundinacea* | ۱۸۴/۶۰ a | ۱۷۵/۸۱ b | ۱۵۷/۹۷ c | ۱۷۲/۷۹ A |
| میانگین طول روز | ۱۴۱/۶۷ A | ۱۲۹/۰۷ B | ۱۱۱/۸۰ C | |

* اعدادی که در یک حرف (حروف کوچک مربوط به برهمکنش‌ها و حروف بزرگ مربوط به میانگین‌ها می‌باشد) مشترک می‌باشند از نظر آماری در سطح ۵ درصد آزمون LSD تفاوت معنی‌داری ندارند.

**تراکم پنجه، وزن تر و خشک شاخساره و ریشه:** با توجه به نتایج مقایسه میانگین داده‌ها بیشترین و کمترین تراکم پنجه، وزن تر و خشک شاخساره، وزن تر و خشک ریشه در تیمار روز بلند و روز کوتاه وجود داشت (جدول ۴ و ۵). نتایج نشان داد که تراکم پنجه، وزن تر و خشک شاخساره، وزن تر و خشک ریشه در طول روز بلند نسبت به روزکوتاه به‌ترتیب ۲۲/۰۴، ۹/۱۹، ۲۶/۷۱، ۳۶/۹۳ و ۴۷/۶۸ درصد افزایش یافته بود. با توجه به نتایج جدول (۴ و ۵) به ترتیب بیشترین و کمترین تراکم پنجه، وزن تر و خشک شاخساره، وزن تر و خشک ریشه در سبزفرش چمانواش بلند و چایر وجود داشت. به طوری که این صفات در سبزفرش چمانواش بلند نسبت به سبزفرش چایر به ترتیب ۶۳/۵۰، ۱۸۶/۹۰، ۱۱۰/۱۳، ۲۵/۰۵ و ۲۸/۹۶ درصد افزایش یافته بود. اثر متقابل طول روز و نوع سبزفرش بیشترین و کمترین تراکم پنجه، وزن تر و خشک شاخساره، وزن تر و خشک ریشه را در تیمار طول روز بلند در سبزفرش چمانواش بلند و طول روز کوتاه در سبزفرش چایر نشان داد (جدول ۴ و ۵).

**محتوای کلروفیل و نشاسته:** نتایج حاصل از مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بیشترین و کمترین محتوای کلروفیل و نشاسته در طول روز بلند و روز کوتاه مشاهده شد (جدول ۶). محتوای کلروفیل و نشاسته در روز بلند نسبت به روز کوتاه به ترتیب ۳۴/۳۷ و ۲۶/۱۸ درصد افزایش نشان داد. با توجه به نتایج جدول (۶) بیشترین و کمترین محتوای کلروفیل در سبزفرش چمانواش بلند و چایر وجود داشت و اختلاف معنی‌داری در محتوای نشاسته بین سبزفرش‌ها دیده نشد. محتوای کلروفیل در سبزفرش چمانواش بلند نسبت به سبزفرش چایر ۴۹/۵۹ درصد بیشتر بود. اثر متقابل طول روز و نوع سبزفرش بیشترین و کمترین محتوای کلروفیل را در تیمار طول روز بلند در سبزفرش چمانواش بلند و طول روز کوتاه در سبزفرش چایر نشان داد و همچنین اثر متقابل طول روز و نوع سبزفرش در محتوای نشاسته اختلاف معنی‌داری نشان نداد (جدول ۶).

**جدول ۵:** میانگین اثر طول روز، نوع جنس و اثر متقابل آن‌ها بر تراکم پنجه، وزن تر و خشک ریشه

| طول روز | | | | |
|---|---|---|---|---|
| تراکم پنجه (متر مربع) | | | | |
| نوع جنس | بلند | متوسط | کوتاه | میانگین گونه |
| *Cynodon dactylon* | ۱۱۵/۷۵ d* | ۱۰۹/۷۵ e | ۸۷/۵۰ f | ۱۰۴/۳۳ B |
| *Festuca arundinacea* | ۱۸۳/۲۵ a | ۱۷۱/۰۰ b | ۱۵۷/۵۰ c | ۱۷۰/۵۸ A |
| میانگین طول روز | ۱۴۹/۵۰ A | ۱۴۰/۳۷ B | ۱۲۲/۵۰ C | |
| وزن تر ریشه (گرم در مترمربع) | | | | |
| نوع جنس | بلند | متوسط | کوتاه | میانگین گونه |
| *Cynodon dactylon* | ۹۴/۵۴ b | ۹۰/۳۶ c | ۷۰/۲۷ e | ۸۵/۰۶ B |
| *Festuca arundinacea* | ۱۱۸/۰۹ a | ۱۱۶/۰۲ a | ۸۵/۰۲ d | ۱۰۶/۳۷ A |
| میانگین طول روز | ۱۰۶/۳۲ A | ۱۰۳/۱۹ B | ۷۷/۶۴ C | |
| وزن خشک ریشه (گرم در مترمربع) | | | | |
| نوع جنس | بلند | متوسط | کوتاه | میانگین گونه |
| *Cynodon dactylon* | ۴۰/۹۴ c | ۳۷/۰۸ d | ۲۸/۷۸ f | ۳۵/۶۰ B |
| *Festuca arundinacea* | ۵۳/۵۳ a | ۴۹/۰۴ b | ۳۵/۱۸ e | ۴۵/۹۱ A |
| میانگین طول روز | ۴۷/۲۳ A | ۴۳/۰۶ B | ۳۱/۹۸ C | |

* اعدادی که در یک حرف (حروف کوچک مربوط به برهمکنش‌ها و حروف بزرگ مربوط به میانگین‌ها می‌باشد) مشترک می‌باشند از نظر آماری در سطح ۵٪ آزمون LSD تفاوت معنی‌داری ندارند.

**جدول ٦:** میانگین اثر طول روز، نوع جنس و اثر متقابل آن‌ها بر محتوای کلروفیل و نشاسته و سوپراکسیددیسموتاز

| طول روز | | | | |
|---|---|---|---|---|
| محتوای نشاسته (میلی‌گرم بر گرم وزن خشک) | | | | |
| نوع جنس | بلند | متوسط | کوتاه | میانگین گونه |
| *Cynodon dactylon* | ۵۹/۲۵ a* | ۵۶/۲۵ b | ۴۷/۱۶ c | ۵۴/۲۲ A |
| *Festuca arundinacea* | ۶۰/۰۸ a | ۵۷/۰۱ b | ۴۷/۴۰ c | ۵۴/۸۳ A |
| میانگین طول روز | ۵۹/۶۶ A | ۵۶/۶۳ B | ۴۷/۲۸ C | |
| محتوای کلروفیل (میلی‌گرم بر گرم وزن تر) | | | | |
| نوع جنس | بلند | متوسط | کوتاه | میانگین گونه |
| *Cynodon dactylon* | ۱/۴۲ d | ۱/۳۲ e | ۰/۹۶ f | ۱/۲۳ B |
| *Festuca arundinacea* | ۲/۰۲ a | ۱/۸۸ b | ۱/۶۰ c | ۱/۸۴ A |
| میانگین طول روز | ۱/۷۲ A | ۱/۶۰ B | ۱/۲۸ C | |
| سوپراکسیددیسموتاز ($Ug^{-1}$ F.W.) | | | | |
| نوع جنس | بلند | متوسط | کوتاه | میانگین گونه |
| *Cynodon dactylon* | ۸۱/۵۰ e | ۹۴/۰۰ d | ۱۲۶/۵۰ b | ۱۰۰/۶۶ B |
| *Festuca arundinacea* | ۷۳/۰۰ f | ۱۱۳/۵۰ c | ۱۴۷/۰۰ a | ۱۱۱/۱۶ A |
| میانگین طول روز | ۷۷/۲۵ C | ۱۰۳/۷۵ B | ۱۳۶/۷۵ A | |

* اعدادی که در یک حرف (حروف کوچک مربوط به برهمکنش‌ها و حروف بزرگ مربوط به میانگین‌ها می‌باشد) مشترک می‌باشند از نظر آماری در سطح ۵ درصد آزمون LSD تفاوت معنی‌داری ندارند.

**فعالیت آنزیم‌های سوپراکسیددیسموتاز، کاتالاز، پراکسیداز و آسکوربات پراکسیداز:** نتایج پژوهش حاضر نشان داد که بیشترین و کمترین فعالیت این آنزیم‌ها به ترتیب در طول روز کوتاه و بلند وجود داشت (جدول ۶ و ۷). فعالیت آنزیم‌های سوپراکسید دیسموتاز، کاتالاز، پراکسیداز و آسکوربات پراکسیداز در تیمار روز کوتاه نسبت به روز بلند به‌ترتیب ۷۷/۰۲، ۶/۷۶، ۲۹/۸۷ و ۱/۱۴ درصد افزایش نشان دادند. نتایج مقایسه میانگین جدول (۶ و ۷) نشان داد که بیشترین و کمترین فعالیت آنزیم‌های سوپراکسیددیسموتاز، کاتالاز، پراکسیداز و آسکوربات پراکسیداز در سبزفرش چمانواش بلند و چایر بود. فعالیت آنزیم‌های سوپراکسیددیسموتاز، کاتالاز، پراکسیداز و آسکوربات پراکسیداز در سبزفرش چمانواش بلند نسبت به سبزفرش چایر به‌ترتیب ۱۰/۴۳، ۴/۱۳، ۲۱/۲۳ و ۴/۳۶ درصد افزایش نشان دادند. با توجه به نتایج جدول (۶) اثر متقابل طول روز و نوع سبزفرش بیشترین فعالیت آنزیم سوپراکسیددیسموتاز را در طول روز کوتاه در سبزفرش چمانواش بلند و کمترین فعالیت آن را در طول روز بلند و در سبزفرش چایر نشان داد. همچنین اثر متقابل طول روز و نوع سبزفرش اختلاف معنی‌داری بر فعالیت آنزیم‌های کاتالاز، پراکسیداز و آسکوربات پراکسیداز نشان نداد (جدول ۷).

**جدول ۷:** میانگین اثر طول روز، نوع جنس و اثر متقابل آن‌ها بر کاتالاز، آسکوربات پراکسیداز و پراکسیداز

| طول روز | | | | |
|---|---|---|---|---|
| فعالیت کاتالاز ($Ug^{-1}$ F.W.) | | | | |
| نوع جنس | بلند | متوسط | کوتاه | میانگین گونه |
| *Cynodon dactylon* | ۲۹/۲۲ d* | ۳۰/۲۶ c | ۳۱/۲۶ b | ۳۰/۲۵ B |
| *Festuca arundinacea* | ۳۰/۵۱ c | ۳۱/۵۱ b | ۳۲/۵۰ a | ۳۱/۵۰ A |
| میانگین طول روز | ۲۹/۸۶ C | ۳۰/۸۹ B | ۳۱/۸۸ A | |
| فعالیت آسکوربات پراکسیداز ($Ug^{-1}$ F.W.) | | | | |
| نوع جنس | بلند | متوسط | کوتاه | میانگین گونه |
| *Cynodon dactylon* | ۷۹۶/۶۰ f | ۸۰۱/۰۷ e | ۸۰۵/۸۹ d | ۸۰۱/۱۹ B |
| *Festuca arundinacea* | ۸۳۱/۶۰ c | ۸۳۶/۰۷ b | ۸۴۰/۸۹ a | ۸۳۶/۱۹ A |
| میانگین طول روز | ۸۱۴/۱۰ C | ۸۱۸/۵۷ B | ۸۲۳/۳۹ A | |
| فعالیت پراکسیداز ($Ug^{-1}$ F.W.) | | | | |
| نوع جنس | بلند | متوسط | کوتاه | میانگین گونه |
| *Cynodon dactylon* | ۶۲/۹۶ d | ۶۳/۴۰ d | ۸۳/۸۹ b | ۷۰/۰۸ B |
| *Festuca arundinacea* | ۷۷/۷۸ c | ۷۸/۲۱ c | ۹۸/۸۹ a | ۸۴/۹۶ A |
| میانگین طول روز | ۷۰/۳۷ B | ۷۰/۸۰ B | ۹۱/۳۹ A | |

* اعدادی که در یک حرف (حروف کوچک مربوط به برهمکنش‌ها و حروف بزرگ مربوط به میانگین‌ها می‌باشد) مشترک می‌باشند از نظر آماری در سطح ۵٪ آزمون LSD تفاوت معنی‌داری ندارند.

**بحث**

یافته‌های پژوهش حاضر نشان داد که با کاهش طول روز سطح برگ در سبزفرش‌ها افزایش یافت. Van Huylenbroeck و Van Bockstaele (۲۰۰۱) گزارش کردند که سبزفرش فریز کتاکی (*Poa pratensis* L.) رشد یافته در سایه دارای ۳۵

درصد سطح برگ بیشتر نسبت به سبزفرش‌های رشد یافته در نور کامل خورشید است. علت افزایش سطح برگ در سایه افزایش هورمون جیبرلین درون‌زا ($GA_1$) در سبزفرش‌ها می‌باشد (Dong et al., 2017). کاهش طول روز سبب کاهش وزن تر و خشک شاخساره در سبزفرش‌ها شد. معمولاً سبزفرش‌ها زمانی که در شرایط سایه قرار می‌گیرند دارای شاخساره آبدار و یاخته‌هایی با دیواره نازک می‌شوند. که این پدیده به علت کاهش تجمع کربوهیدرات در شاخساره می‌باشد و سبب کاهش وزن تر و خشک شاخساره می‌گردد (Ghasemi Ghehsareh and Salehi, 2011; Mengin et al., 2017). نتایج پژوهش حاضر نشان داد که با کاهش طول روز وزن تر و خشک ریشه کاهش می‌یابد. Wang و همکاران (۲۰۰۴) در پژوهشی روی اروای خزنده (*Agrostis palustris* L.) بیان کردند که با افزایش طول روز تا ۲۲ ساعت در مقایسه با ۱۴ ساعت تراکم ریشه و وزن تر ریشه افزایش می‌یابد و دلیل آن را افزایش بیشتر سیتوکینین درونی در نوک ریشه و افزایش فعالیت ریشه در شرایط طول روز بلند ذکر کردند (Dakah et al., 2014). در پژوهش حاضر با کاهش طول روز تراکم پنجه در سبزفرش‌ها روند کاهشی نشان داد. Jiang و همکاران (۲۰۰۴) گزارش کردند دو سبزفرش چایر (*Cynodon dactylon*) و پاسپالوم ساحلی (*Paspalum vaginatum*) در شرایط نور کم دچار زوال می‌شوند و علت این امر را کاهش تراکم پنجه-زنی در نور کم دانستند. در پژوهشی Wherley و Metzger (۲۰۰۵) روی دو رقم سبزفرش چمانواش بلند زمانی که این گیاهان ۸ درصد نور خورشید را دریافت کرده بودند کاهش تراکم پنجه‌زنی را گزارش نمودند. طبق نتایج این پژوهش کاهش طول روز سبب کاهش محتوای کلروفیل و نشاسته شد. یکی از عوامل کاهش محتوای کلروفیل در طول روز کوتاه افزایش فعالیت آنزیم کلروفیلاز است (Sinclair et al., 2004). Baldwin و همکاران (۲۰۰۸) در پژوهشی روی ۴۲ رقم از سبزفرش چایر مشاهده کردند که در شرایط نور کم، پس از گذشت ۴ هفته غلظت کلروفیل کاهش یافته است. همچنین Esmaili و Salehi (۲۰۱۲) کاهش محتوای کلروفیل و نشاسته سبزفرش چایر در طول روز کوتاه در شرایط گلخانه و مزرعه گزارش نمودند و بیان نمودند افزایش طول روز تا ۱۶ ساعت سبب تجمع کلروفیل و نشاسته می‌گردد. در هنگام افزایش طول روز کاهش تخریب کلروفیل اتفاق می‌افتد که سبب افزایش فتوسنتز و تجمع نشاسته در برگ‌ها می‌شود (Esmaili and Salehi, 2012). نتایج به دست آمده از بررسی این پژوهش نشان داد که کاهش طول روز سبب افزایش فعالیت تمام آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی اندازه‌گیری شده در این آزمایش شده است. معمولا یکی از تغییرات بیوشیمیایی که در گیاه تحت تنش ایجاد می‌شود تجمع گونه‌های فعال اکسیژن مانند سوپراکسید، پراکسید هیدروژن و رادیکال هیدروکسیل است که این رادیکال‌ها بسیار سمی و واکنش‌پذیرند و سبب اختلال در متابولیسم طبیعی یاخته می‌شوند. این رادیکال‌ها از طریق پراکسیداسیون لیپیدها و در نتیجه تخریب غشا، تخریب پروتئین‌ها و غیرفعال کردن آنزیم‌ها، از بین بردن رنگیزه‌ها و اختلال در عملکرد DNA، تنش ثانویه اکسیداتیو را ایجاد می‌کنند که منجر به خسارت‌های جدی به ساختارهای یاخته‌ای و گیاه می‌شود. و یکی از راه‌کارهای گیاه در مقابله با این تنش تجمع آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی است (Dietz et al., 2016; Choudhury et al., 2017). در پژوهشی Xu و همکاران (۲۰۱۰) به بررسی تنش نور زیاد در سبزفرش چمانواش بلند پرداخته و افزایش فعالیت آنزیم‌های سوپراکسیددیسموتاز، کاتالاز و آسکوربات-پراکسیداز را گزارش نمودند. Burritt و Mackezie

(۲۰۰۳) بیان کردند که وقتی گیاه بگونیا (*Begonia erythrophylla*) از نور کم به نور زیاد منتقل می‌شود فعالیت آنزیم کاتالاز افزایش می‌یابد. همچنین اعلام کردند که وقتی دانهال‌های نوئل (*Picea abies* L.) از نور کم به زیاد منتقل شوند فعالیت آنزیم کاتالاز کم می‌شود. Grace و Logan (۱۹۹۶) بیان کردند که فعالیت آنزیم آنتی‌اکسیدان بسته به شدت نور متفاوت است. فعالیت آنزیم آنتی‌اکسیدان در گیاه شفلرا (*Schefflera arboricola* (Hayata) Merrill) و پروانش (*Vinca major* L.) با تغییر در شدت نور تغییری نشان ندادند ولی در گیاه ماهونیا (*Mahonia repens* (Lindley) Don.) با افزایش شدت نور فعالیت آنزیم کاتالاز افزایش یافت. معمولا فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان بسته به گونه، نوع تنش و شدت تنش در گیاهان متفاوت است (Adamipour et al., 2016).

## نتیجه‌گیری نهایی

با توجه به یافته‌های این پژوهش، کاهش طول روز به طور معنی‌داری سبب کاهش شاخص‌های مورفولوژیک و فیزیولوژیک سبزفرش‌ها شد همچنین طول روز بلند سبب افزایش شاخص‌های مورفوفیزیولوژیک در سبزفرش‌ها گردید. با توجه به اثبات این موضوع که کاربرد نور در حد یک شمع جهت بهبود فتوسنتز و افزایش کارایی گیاهان موثر می‌باشد و با در نظر گرفتن امکان افزایش دوره روشنایی در پارک‌ها و استادیوم‌ها، در زمان‌هایی که سبزفرش‌ها در فصول سرد رنگ زرد به خود می‌گیرند، افزایش دوره نوری سبب بهبود رنگ سبز و افزایش کارایی در سبزفرش‌ها می‌گردد.

## References


**Adamipour, N., Salehi, H. and Khosh-Khui, M. (2016).** Morpho-physiological alteration in common bermudagrass [*Cynodon dactylon* (L.) Pers.] subjected to limited irrigation and light condition. Advances in Horticultural Science. 30: 141-149.

**Baldwin, C.M., Liu, H. and McCarty, L.B. (2008).** Diversity of 42 bermudagrass cultivars in a reduced light environment. Acta Horticulturae. 83: 147-158.

**Bates, L.S., Waldern, R.P. and Teave, I.D. (1973).** Rapid determination of free proline for water stress standies. Plant Soil. 39: 205-107.

**Beauchamp, C. and Fridovich, I. (1971).** Superoxide dismutases: improved assays and an assay predictable to acrylamide gels. Analytical Biochemistry. 44: 276–287.

**Burritt, D.J. and Mackenzie, S. (2003).** Antioxidant metabolism during acclimation of *Begonia erythrophylla* to high light levels. Annals of Botany. 91: 783–794.

**Chance, B. and Maehly, A.C. (1995).** Assay of catalase and peroxidase. In: S.P. Culowic and N.O. Kaplan (eds). Methods in enzymology Vol. 2. Academic Press. Inc. New York. U.S.A. 764-765.

**Choudhury, F.K., Rivero, R.M. Blumwald, E. and Mittler, R. (2017).** Reactive oxygen species, abiotic stress and stress combination. The Plant Journal. 90: 856-867.

**Dakah, A., Zaid, S. Suleiman, M. Abbas, S. and Wink, M. (2014).** In vitro propagation of the medicinal plant *Ziziphora tenuior* L. and evaluation of its antioxidant activity. Saudi Journal of Biological Sciences. 21: 317-323.

**Dhindsa, R.S., Plumb-Dhindsa, P. and Thorpe, T.A. (1981).** Leaf senescence: correlated with increased levels of membrane permeability and lipid peroxidation, and decreased levels of superoxide dismutase and catalase. Environmental and Experimental Botany. 32: 93-101.

**Dietz, K.J., Mittler, R. and Noctor, G. (2016).** Recent progress in understanding the role of reactive oxygen species in plant

cell signaling. Plant Physiology. 171: 1535-1539.

**Dong, B., Deng, Y. Wang, H. Gao, R. Stephen, G.K. Chen, S. Jiang, J. and Chen, F. (2017).** Gibberellic acid signaling is required to induce flowering of chrysanthemums grown under both short and long days. International Journal of Molecular Sciences. 8: 23-59.

**Esmaili, S. and Salehi, H. (2012).** Effects of temperature and photoperiod on postponing bermudagrass (*Cynodon dactylon* [L.] Pers.) turf dormancy. Journal of Plant Physiology. 169: 851-858.

**Fry, J. and Huang, B. (2004).** Applied turfgrass science and physiology. Journal Wiley. pp 320.

**Ghasemi Ghehsareh, M. and Salehi, H. (2011).** Applied turfgrass science and physiology. Esfehan. pp 370.

**Gong, Y., Toivonen, P.M. Lau, O.L. and Wiersma, A.P. (2001).** Antioxidant system level in "Braeburn" apple is related in its browning disorder. Botanical Bulletin of Academia Sinica. 42: 259-264.

**Grace, S.C. and Logan, B.A. (1996).** Acclimation of foliar antioxidant systems to growth irradiance in three broadleaved evergreen species. Plant Physiology. 112: 1631–1640.

**Han, H., Gao, S.H. Li, B. Dong, X. Feng, H. and Meng, Q. (2009).** Overexpression of violaxanthin de-epoxidase gene alleviates photoinhibition of PSII and PSI in tomato during high light and chilling stress. Journal of Plant Physiology. In Press.

**Jiang, Y., Duncan, R.R. and Carrow, R.N. (2004).** Assessment of low light tolerance of seashore paspalum and bermudagrass. Crop Science. 44: 587-594.

**McCready, R.M., Guggolz, J. Silviera, V. and Owens, H.S. (1950).** Determination of starch and amylase in hemocuprein. Journal of Biological Chemistry. 244: 6094-55.

**Mengin, V., Pyl, E.T. Moraes, T.A. Sulpice, R. Krohn, N. Encke, B. and Stitt, M. (2017).** Photosynthate partitioning to starch in *Arabidopsis thaliana* is insensitive to light intensity but sensitive to photoperiod due to a restriction on growth in the light in short photoperiods. Plant, Cell and Environment. In Press.

**Nakano, Y. and Asada, K. (1981).** Hydrogen peroxide is scavenged by ascorbate-specific peroxidase in spinach chloroplasts. Plant Cell Physiology. 22: 867–880.

**Saini, R.S., Sharme, K.D., Dhankhar, O.P. and Kaushik, R.A. (2001).** Laboratory manual of analytical techniques in horticulture. India: Agrobios. 10: 49–50.

**Sinclair, T.R., Ray, J.D. Permazzi, L.M. and Mislevy, P. (2004).** Photosynthetic photon flux density influences grass responses to extended photoperiod. Environmental and Experimental Botany. 51: 69-74.

**Van Huylenbroeck, J.M. and Van Bockstaele, E. (2001).** Effects of shading on photosynthetic capacity and growth of turf grass species. International Truf Society Research Journal. 9: 353-359.

**Wang, Zh., Xu, Q. and Huang, B. (2004).** Endogenous cytokinin level and growth responses to extended photoperiods for creeping bentgrass under heat stress. Crop Science. 44: 209-213.

**Wherley, B. and Metzger, J.D.S. (2005).** Tall fescue photomorphogenesis as influenced by changes in the spectral composition and light intensity. Crop Science. 45: 562-594.

**Xu, Q. and Huang, B. (2004).** Physiological responses to extended photoperiod under heat stress for creeping bentgrass. Journal of the American Society for Horticultural Science. 44: 209-214.

**Xu, Y.F., Sun, X.L. Jin, J.W. and Zhou, H. (2010).** Protective roles of nitric oxide on antioxidant systems in tall fescue leaves under high-light stress. African Journal of Biotechnology. 9: 300-306.

**Yamori, W. and Shikanai, T. (2016).** Physiological functions of cyclic electron transport around photosystem I in sustaining photosynthesis and plant growth. Annual Review of Plant Biology. 67: 81-106.