

تأثیر سایه‌دهی با پارچه‌های ساران® بر شاخص‌های رشدی و فیزیولوژیکی و عملکرد کرفس

رسول آذر می* و موسی ترابی گیگلو^۱

۱- استادیار گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

* نویسنده مسئول: r_azarmi@uma.ac.ir

(تاریخ دریافت: ۹۶/۷/۱۲ - تاریخ پذیرش: ۹۷/۷/۱۵)

چکیده

در بسیاری از گیاهان نورپسند، سایه‌دهی به دلیل کاهش تشعشع نوری، ویژگی‌های رشدی و عملکرد آن‌ها را تحت تأثیر قرار می‌دهد. در همین راستا به منظور بررسی تأثیر شدت‌های مختلف سایه‌دهی (۰، ۲۵ و ۵۰ درصد) بر رشد و نمو کرفس، آزمایشی به صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار طراحی و اجرا شد. نتایج نشان داد که حداکثر طول ساقه، ارتفاع گیاه و تعداد ساقه در تیمار سایه‌دهی ۵۰ درصد و حداقل آن‌ها در شدت نور کامل به دست آمد. سطح برگ و ویژه برگ در گیاهان در معرض نور کامل نسبت به سایه‌دهی ۵۰ درصد به ترتیب ۳۳۰ و ۴۲ درصد کاهش نشان داد. نسبت Fv/Fm و هدایت روزنه‌ای برگ با کاهش شدت نور افزایش یافت. شاخص کلروفیل برگ، وزن تر و خشک دم‌برگ و پهنک برگ برای گیاهان تحت سایه در مقایسه با گیاهان تحت نور کامل بیشتر بود. بیشینه عملکرد (۷۱۸ گرم در بوته) در سایه‌دهی ۵۰ درصد و کمینه آن در شدت نور کامل (۱۵۵ گرم در بوته) تولید شد. از نتایج آزمایش می‌توان نتیجه‌گیری کرد که کرفس‌های رشد یافته در سایه‌دهی ۵۰ درصد رشد و عملکرد بهتری داشتند.

واژه‌های کلیدی: شدت نور، کرفس، صفات کمی و فیزیولوژیکی.

Effect of shading by Saran® clothes on growth and physiological indices and yield of Celery

Rasoul Azarmi* and Mousa Torabi-Giglou¹

1- Assistant Professor, Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.

*Corresponding author: r_azarmi@uma.ac.ir

(Received: October 04, 2017 - Accepted: October 07, 2018)

Abstract

In many sun-loving plants, shading affects their growth characteristics and yield due to the reduction of solar radiation. In order to evaluate effect of different shading levels (0, 25 and 50 percent) on growth and yield of celery (*Apium graveolens* L.), this experiment was carried out as randomized complete block design with four replications. Results showed that the maximum and minimum length, height and stem number of celery recorded for plants exposed to 50 percent shading and full light intensity, respectively. Leaf area and specific leaf area in plants exposed to full light decreased 330 and 42 percent, respectively in comparison to those received 50 percent shading. The Fv/Fm ratio and leaf stomatal conductance increased with decreasing light intensity. Leaf chlorophyll index, fresh and dry weight of leaf petiole and blade of plants under shade were higher than those grew under full sunlight. The maximum (718g per plant) and minimum total yield (155g per plant) obtained in shading 50 percent and full light intensity, respectively. For conclusion, celeries grown in 50 percent light intensity had better grow and yield.

Keywords: Celery, Light intensity, Quantity and physiological characteristics.

در ارتباط با تأثیر سایه بر رشد و نمو گیاهان زراعی و سبزی‌های مختلف وجود دارد. جبران فتوسنتز پایین ناشی از کاهش شدت نور در گونه‌های مقاوم به سایه، افزایش سطح برگ و در نتیجه افزایش سطح فتوسنتز کننده است و در ارزیابی میزان مقاومت آن‌ها به سایه مورد استفاده قرار می‌گیرد (Weiguo *et al.*, 2012). در گزارشی Wadud و همکاران (۲۰۰۲) بیان کردند که در بین سطوح مختلف سایه، بیشترین وزن ساقه تاج‌خروس قرمز در نور کامل و کمترین آن در ۲۵ درصد نور کامل خورشید به دست آمد. شدت نور کم در گیاهان تنش ایجاد می‌کند. زیرا چنین شرایطی فرایند فتوسنتز و در نتیجه جذب خالص کربن و رشد گیاه را محدود می‌سازد (Lambers *et al.*, 1998). در عرض جغرافیایی پایین مثل منطقه‌ی مغان شدت نور زیاد در اواخر بهار و تابستان باعث بازدارندگی نوری (Photoinhibition) و آسیب گیاهی می‌شود. بنابراین، بیشتر پرورش دهندگان کرفس، اثرات نامطلوب شدت نور زیاد بر کرفس را با کشیدن توری‌های سایبان کاهش می‌دهند. هدف از این تحقیق، ارزیابی تأثیر سطوح مختلف سایه‌دهی بر خصوصیات رشدی، فیزیولوژیکی و عملکرد کرفس می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در مزرعه‌ای در شهرستان پارس آباد مغان واقع در استان اردبیل با طول جغرافیایی ۵۵' ۴۷°، عرض جغرافیایی ۳۸' ۳۹° و ۷۲ متر ارتفاع از سطح دریا در سال ۱۳۹۴ اجرا شد. بذره‌های کرفس در سینی‌های محتوی پیت ماس کشت شد و بعد از دو ماه پرورش در خزانه پلاستیکی، با ظهور سومین برگ حقیقی، دانه‌ها به کرت‌های آماده شده در مزرعه انتقال یافتند. پژوهش حاضر در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار انجام گرفت. تیمار سایه‌دهی شامل سه سطح نور کامل خورشید، ۲۵ درصد سایه‌دهی و ۵۰ درصد سایه‌دهی

کرفس (*Apium graveolens* L.)، گیاهی از تیره چتریان و از سبزی‌های برگ‌ی یک یا دو ساله بوده که در مناطق معتدله و نیمه‌گرمسیری کشت می‌شود. تقاضا برای کرفس به خاطر بافت ترد، طعم دلپذیر، ظاهر تازه و خاصیت دارویی آن در حال افزایش است (Wein, 1997; Rubatzky and Yamaguchi, 1997). رشد گیاه در برگ‌گیرنده مجموعه‌ای از فرآیندهای بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی است که این فرآیندها اثرات متقابل با یکدیگر برقرار نموده و تحت تأثیر عوامل محیطی مختلف از جمله نور قرار می‌گیرد (Taiz and Zieger, 2002). انرژی تابشی خورشید از طریق فتوسنتز در گیاهان بر تولید ماده خشک تأثیر می‌گذارد. نقش نور در زندگی گیاهان سبز نه تنها در فرآیندهای اساسی نظیر فتوسنتز، بلکه در پدیده‌های فتومورفوزن و فتوپرودیسم نیز حائز اهمیت است (Hopkins and Huner, 2008). توری‌های سایبان مورد استفاده در کشت محصولات کشاورزی یک دستاورد غیرشیمیایی برای محافظت فیزیکی از شرایط آب و هوایی نامساعد (تشنه و دمای زیاد)، طوفان‌های محیطی (باد و تگرگ) و از پرندگان و حشرات ناقل بیماری‌های ویروسی می‌باشد (Fletcher *et al.*, 2005). سایه‌دهی نه تنها شدت تشنه را کاهش می‌دهد بلکه بخشی از انتشار نور را افزایش و کیفیت نور را تغییر می‌دهد. با افزایش شدت سایه‌دهی طیف نور آبی (۴۰۰-۵۰۰ نانومتر) افزایش و طیف نور قرمز (۶۰۰-۷۰۰ نانومتر) کاهش می‌یابد که ممکن است پارامترهای فیزیولوژیکی (فتوسنتز و سنتز کلروفیل) و مورفولوژیکی گیاه را تحت تأثیر قرار دهد (Bell *et al.*, 2000). تغییرات در تشنه علاوه بر کارایی مصرف کربن، کارایی نور فتوسنتزی را نیز تحت تأثیر قرار داده و در نهایت عملکرد کل را تحت تأثیر قرار خواهد داد (Furuya *et al.*, 1997; Zhang *et al.*, 2007). گزارش‌های متعدد و متناقضی

بود. شدت نور در نور کامل خورشید یا ۱۰۰ درصد برابر با ۹۰۰ میکرو مول بر مترمربع بر ثانیه، در سایه‌دهی ۲۵ درصد برابر ۶۷۵ میکرو مول بر مترمربع بر ثانیه و در سایه‌دهی ۵۰ درصد برابر ۴۵۰ میکرو مول بر متر مربع بر ثانیه بود. برای اعمال تیمار سایه‌دهی از توری‌های (پارچه‌های ساران[®]) سبز رنگ که ۷۵ و ۵۰ درصد نور طبیعی را از خود عبور می‌دادند، استفاده گردید. میزان عبور نور از این توری‌ها بستگی به تراکم بافت این توری‌ها دارد. توری‌های سایبان بر روی ساختار تونل مانند با عرض ۱/۵ متر و با ارتفاع یک متر و به طول پنج متر نصب شده بود. شدت نور در ارتفاع تاج گیاه توسط دستگاه نورسنج (Skye Instrument. Powys. UK) در طول دوره رشد گیاه کنترل می‌شد. در طول مدت پرورش کرفس عملیات زراعی از قبیل آبیاری، سله‌شکنی و کنترل علف‌های هرز به‌طور منظم انجام گرفت. یک ماه پس از اعمال تیمارها، فلوروسانس کلروفیل (Fv/Fm) با استفاده از دستگاه فلورومتر (UK, Hansatech, Hand \Pea fluorescence chlorophyll meter) بین ساعات ۹ تا ۱۱ صبح و هدایت روزنه‌ای برگ به وسیله هدایت‌سنج برگ (Eijkelkamps, Neherlands) از ساعت ۱۰ الی ۱۲ اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری شاخص سبزی‌نگی برگ، سه برگ تازه توسعه یافته از هر گیاه انتخاب و از هر برگ سه بار از نقاط مختلف برگ و در مجموع به تعداد نه مرتبه با استفاده از دستگاه کلروفیل‌سنج (SPAD-502, Minolta, Japan) قرائت شد. سپس میانگین قرائت‌ها، به عنوان شاخص کلروفیل در هر تیمار ثبت گردید. در پایان آزمایش، بوته‌ها از محل طوقه کفبر شده و آن‌ها را به دو قسمت ساقه و برگ تقسیم نموده و وزن تر آن‌ها توزین گردید. سپس برگ‌ها به آزمایشگاه انتقال یافته و سطح برگ با استفاده از دستگاه سطح برگ سنج (LI COR, model Li-1300, Lincoln, NE, USA) و سطح ویژه برگ از نسبت سطح

برگ به وزن خشک برگ اندازه‌گیری شد. ارتفاع بوته از محل طوقه تا انتهای بوته توسط خط‌کش اندازه‌گیری شد و طول کل گیاه با اندازه‌گیری طول کلیه ساقه‌های اصلی و فرعی به دست آمد. عملکرد گیاه از طریق توزین برگ به همراه دم‌برگ به دست آمد. محاسبات آماری با استفاده از نرم‌افزار SPSS انجام و مقایسه میانگین با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد صورت گرفت.

نتایج و بحث

بر پایه نتایج تجزیه واریانس داده‌ها، طول کل ساقه، ارتفاع و تعداد ساقه به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر شدت نور قرار گرفت (جدول ۱). به‌طور کلی، این صفات تحت شرایط سایه‌دهی نسبت به نور کامل بهتر بودند (جدول ۲). نتایج برخی از مطالعات نشان داده است که ارتفاع بوته صفتی است که بیش از هر عامل دیگری تحت تأثیر خصوصیات ژنتیکی قرار می‌گیرد. با این حال، شرایط محیطی از جمله سایه‌دهی به شدت ارتفاع بوته را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Pessarkli, 1999). در گزارشی Cohen و همکاران (۱۹۹۷) بیان کردند که گیاهان تحت شرایط شدت نور کم با افزایش ارتفاع خود به منظور دریافت حداکثر نور در دسترس سازگاری پیدا می‌کنند. افزایش تعداد برگ تحت شرایط سایه‌دهی می‌تواند در ارتباط با ارتفاع بیشتر این گیاهان باشد (Johnston and Onwueme, 1998). نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که سطح برگ و سطح ویژه برگ به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر تیمار سایه‌دهی قرار گرفتند (جدول ۱). بطوریکه با افزایش شدت سایه‌دهی سطح برگ و سطح ویژه برگ افزایش یافت (جدول ۲). کاهش سطح برگ در تیمار نور کامل می‌تواند از بازدارندگی نوری ممانعت نموده یا آن را کاهش دهد تا گیاه به تغییرات نور سازگاری یافته و ساختار فتوسنتزی را محافظت نماید (Valladares)

جدول ۱- تجزیه واریانس تأثیر سطوح مختلف سایه‌دهی بر صفات رشدی کرفس

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات				
		طول ساقه	ارتفاع گیاه	تعداد ساقه	سطح برگ	سطح ویژه شاخص سبزی‌نگی
بلوک	۳	۱/۷۷	۲۰/۳۰	۱/۶۳	۱۸۶۰۴۹/۸	۲۷۵/۰۸
تیمار	۲	۵۶/۲۹*	۷۸۶/۰۸*	۲۰/۳۳*	۱۸۲۶۲۲۶۵/۳*	۱۹۷۰/۰۲*
خطا	۶	۳/۱۶	۲۸/۹۷	۱/۷۲	۴۱۸۸۴/۵	۱۹۷/۳۳
ضریب تغییرات (%)	-	۱۳	۱۲/۰۷	۸/۴۱	۶/۱۳	۱۱/۷۳

*** و **: به ترتیب به معنی معنی‌داری در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد را نشان می‌دهد.

جدول ۲- مقایسه میانگین تأثیر سطوح مختلف سایه‌دهی بر صفات رشدی کرفس

سایه‌دهی	طول ساقه (سانتی‌متر)	ارتفاع گیاه (سانتی‌متر)	تعداد ساقه	سطح برگ (سانتی‌متر مربع)	سطح ویژه برگ	شاخص سبزی‌نگی
۰ (نور کامل)	۱۳/۸۰ ^{b*}	۳۱/۰۰ ^c	۱۳/۲۵ ^b	۱۲۹۲/۵ ^c	۱۰۲/۵۵ ^b	۳۱/۴۰ ^b
۲۵ درصد	۱۵/۶۰ ^b	۴۳/۷۵ ^b	۱۵/۷۵ ^a	۳۱۶۵/۵ ^b	۱۱۱/۸۱ ^a	۳۴/۱۲ ^a
۵۰ درصد	۲۰/۴۶ ^a	۵۹/۰۰ ^a	۱۷/۷۵ ^a	۵۵۵۵/۵ ^a	۱۴۴/۷۷ ^a	۳۶/۰۰ ^a

* تیمارهای دارای حداقل یک حرف مشترک در سطح احتمال ۵ درصد فاقد اختلاف معنی‌دار می‌باشند.

می‌شود (Marschner, 2012). بیشترین شاخص سبزی‌نگی برگ تحت شرایط سایه‌دهی ۲۵ و ۵۰ درصد به دست آمد. در حالیکه کمترین سبزی‌نگی برگ در تیمار نور کامل مشاهده گردید (جدول ۲). کاهش در غلظت سبزی‌نگی برگ در معرض شدت نور زیاد پدیده‌ای شناخته شده است (Marschner, 2012). گزارش‌ها نشان می‌دهد که گیاهان سایه‌پسند به شدت محدودیت‌های ناشی از کمبود فوتون‌های نوری را بر اثر شدت پایین نور به دلیل دارا بودن تنفس نوری پایین جبران می‌کنند (Ballare, 2004). در برگ‌های تحت سایه برخلاف حجم کوچک استروما، گرانا که بخش اعظم کلروفیل را در خود جای داده است بزرگتر می‌باشد (Salisbury and Ross, 1992).

et al., 2002). این نتایج همسو با یافته‌های Trapani و همکاران (۱۹۹۲) بود که نشان دادند برای جذب نور بیشتر در شرایط سایه‌دهی، گیاهان قادر هستند کارایی نفوذ نور را با بهبود اندازه تاج گیاه (از قبیل افزایش سطح برگ) افزایش دهند. به‌علاوه مقاومت بیشتر به شرایط نوری کم می‌تواند به وسیله انعطاف‌پذیری بیشتر عوامل برداشت‌کننده نور (از قبیل مورفولوژی تاج و غلظت کلروفیل) بدست آید (Valladares et al., 2002). شاخص سطح برگ به همراه وزن خشک برگ و ماده خشک کل گیاه از جمله معیارهای اصلی در تجزیه و تحلیل رشد گیاهان به شمار می‌آیند. لذا، سطح برگ بیشتر با افزایش غلظت کلروفیل و اخذ نور بیشتر موجب افزایش شدت فتوسنتز برای تأمین مواد مورد نیاز بخش‌های رویشی

تیمار نور کامل، تحت تنش بودند (Weigüe *et al.*, 2012). بر اساس نتایج مقایسه میانگین داده‌ها، هدایت روزنه‌ای برگ کرفس با افزایش سایه‌دهی کاهش یافت (جدول ۴). در گزارشی Zhang و همکاران (۲۰۰۷) بیان کردند که هدایت روزنه‌ای برگ درختان زردآلو تحت شرایط سایه بیشتر از درختان در معرض نور کامل بود. آن‌ها علت احتمالی این امر را به کاهش پتانسیل آب برگ درخت در معرض نور نسبت دادند. روزنه‌ها کانالی مهم برای تبادل آب و هوا با محیط بیرون می‌باشند و شدت نور هدایت روزنه‌ای را با افزایش نیروی رانش پروتون‌ها تحت تأثیر قرار می‌دهد. هدایت روزنه‌ای بیشتر می‌تواند جذب دی‌اکسیدکربن را تسهیل نموده و منجر به افزایش ظرفیت

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تیمارهای مختلف سایه‌دهی بر نسبت Fv/Fm و هدایت روزنه‌ای برگ تأثیر معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد داشت (جدول ۳). بطوری‌که حداکثر نسبت Fv/Fm در شدت نور ۵۰ درصد و حداقل آن در تیمار نور کامل به دست آمد (جدول ۴). در شرایط بهینه رشد نسبت Fv/Fm در بیشتر گیاهان کربن سه در محدوده $0/84 - 0/80$ می‌باشد (Weigüe *et al.*, 2012). این نتایج بیانگر آن است که کرفس تحت شرایط ۵۰ و ۲۵ درصد سایه‌دهی بخوبی رشد می‌کند. در صورتی‌که کمترین نسبت Fv/Fm در تیمار نور کامل بدست آمد که ارزش آن کمتر از $0/8$ بود و نشان داد که کرفس‌های رشد کرده تحت

جدول ۳- تجزیه واریانس تأثیر سطوح مختلف سایه‌دهی بر صفات فیزیولوژیکی و عملکرد کرفس

میانگین مربعات					نسبت Fv/Fm	هدایت روزنه‌ای برگ	درجه آزادی	منابع تغییرات
وزن تر	وزن خشک	وزن تر	وزن خشک	عملکرد				
۳۷۴	۷۱۷/۱۹	۲/۸۶	۹/۱۲	۱۷۵۰/۷۵	۰/۰۰۰۰۳۹۴۲	۸۳/۵۵	۳	بلوک
۸۵۵۱۶*	۷۴۷۵۸*	۲۲۷/۸۷*	۲۱/۴۰*	۳۲۴۵۲۷/۲۵*	۰/۰۰۱*	۱۹۷۰/۱/۹*	۲	تیمار
۷۲۸	۸۵۷/۱۹	۴/۶۷	۱/۳۳	۳۰۰۷/۹۱	۰/۰۰۰۰۵۳۷۵	۲۸۵/۲۷	۶	خطا
۱۳/۲۰	۱۴/۳۵	۱۴/۶۹	۱۲/۳۹	۱۳/۳۲	۰/۵۹	۱۰/۶۷	-	ضریب تغییرات (/.)

*** و **: به ترتیب نشان دهنده‌ی معنی‌داری در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد را نشان می‌دهد.

جدول ۴- مقایسه میانگین تأثیر سطوح مختلف سایه‌دهی بر صفات فیزیولوژیکی و عملکرد کرفس

سایه‌دهی	هدایت روزنه‌ای برگ	نسبت Fv/Fm	وزن تر	وزن تر	وزن خشک	وزن خشک	عملکرد
	(میکرو مول بر متر بر ثانیه)		(گرم)	(گرم)	(گرم)	(گرم)	(گرم)
۰ (نور کامل)	۱۰۰/۹۵ ^c	۰/۷۹۰ ^c	۷۸/۰۰ ^c	۷۶/۷۵ ^c	۷/۲۷ ^c	۱۱/۹۲ ^c	۱۵۴/۷۵ ^c
۲۵ درصد	۱۳۷/۳۵ ^b	۰/۸۱۱ ^b	۱۷۰/۰۰ ^b	۱۸۶/۵ ^b	۱۴/۴۷ ^b	۲۷/۴۵ ^b	۳۶۲/۵۰ ^b
۵۰ درصد	۲۳۶/۵۵ ^a	۰/۸۲۷ ^a	۳۶۴/۵۰ ^a	۳۴۸/۵ ^a	۲۲/۳۷ ^a	۳۶/۶۰ ^a	۷۱۸/۰۰ ^a

* تیمارهای دارای حداقل یک حرف مشترک در سطح احتمال ۵ درصد فاقد اختلاف معنی‌دار می‌باشند.

کرفس و کاهو در مقایسه با سبزی‌های دیگر نسبتاً پایین است زمانی که کاهو و کرفس تحت شرایط شدت نور زیاد مثل ۸۰۰ میکرو مول بر متر مربع بر ثانیه یا بالاتر قرار گیرند، بازدارندگی نوری در آن‌ها اتفاق می‌افتد.

نتیجه‌گیری کلی

تولید سطح برگ، کلروفیل، هدایت روزنه‌ای برگ و نسبت Fv/Fm بیشتر و بنابراین عملکرد بالاتر کرفس در سایه‌دهی ۵۰ درصد نشان‌دهنده قابلیت سازگاری آن با محیط‌های دارای سایه یا شدت نور کم بوده و می‌تواند برای کشت در این محیط توصیه گردد.

فتوسنتزی گردد. تیمارهای مختلف سایه‌دهی اثرات متفاوت و معنی‌داری بر وزن تر و خشک دمبرگ و پهنک برگ و همچنین عملکرد کل گذاشت. در تیمار سایه‌دهی وزن تر و خشک دمبرگ و پهنک برگ و عملکرد کل با افزایش شدت سایه‌دهی افزایش یافت. تولید وزن خشک بیشتر برگ‌ها و ساقه‌های گیاه *Croton urucurana* تحت تأثیر سایه‌دهی گزارش شده است (Alvarenga et al., 2003). در گزارشی Weigue و همکاران (۲۰۱۲) بیان کردند که کاهوهای رشد یافته در ۴۰۰ و ۶۰۰ میکرو مولار بر متر مربع بر ثانیه بیشترین عملکرد را تولید کردند و در شدت نور زیاد ۸۰۰ میکرو مولار بر متر مربع بر ثانیه عملکرد کاهو کاهش نشان داد. نقطه اشباع نوری در

References

- Alvarenga, A.A., Castro, E.M., Castro, Lima Junior, E, & Magalhaes, M.M. (2003). Effects of different light levels on the initial growth and photosynthesis of *Croton urucurana* Baill. in Southeastern Brazil. R. Arvore. *Viscosa-MG*, 27: 53-57.
- Ballare, C.L. (2004). *Competition: Response to shade by neighbors*. In R.M. Goodman (eds.), Encyclopedia of Plant and Crop Science, Marcel Dekker Inc. Wisconsin, U.S.A.
- Bell, G.E., Danneberger, T.K. & Mc Mahon, M.J. (2000). Spectral irradiance available for turfgrass growth in sun and shade. *Crop Science*, 40: 189-195.
- Cohen, S., Moreshet, S., Guillou, L.L., Simon, J.C. & Cohen, M. (1997). Response of citrus trees to modified radiation regime in semi- arid conditions. *Journal of Experimental Botany*, 48: 35-44.
- Fletcher, J.M., Tatsiopoulou, A., Mpezamihigo, M., Carew J.G., Henbest, R.G.C. & Battery P. (2005). Far red light filtering by plastic film, greenhouse-cladding materials: effects on growth and flowering in petunia and impatient. *Journal of Horticulture Science Biotechnology*, 80: 303-306.
- Furuya, M., Kanno, M., Okamoto, H., Fukuda, S. and Wada, M. (1997). Control of mitosis by phytochrome and a Blue-light receptor in fern spores. *Plant Physiology*, 113: 677-683.
- Johnston, M. & Onwueme, I.C. (1998). Effect of shade on photosynthesis pigments in the tropical root crops: yam, taro, tannia, cassava and sweet potato. *Experimental Agriculture*, 34 (3): 301-312.
- Hopkins, G.W. & Hunter. N.P.A. (2008). *Introduction to plant physiology*, John Wiley Sons, Inc.USA.
- Lambers, H., Stuart, C.F. & Pons, T.L. (1998). *Plant physiological ecology*. (pp. 11-99) Springer-Verlag, New York, Inc.
- Marschner, P. (ed). (2012). *Marschner mineral nutrition of higher plants* (Third Edition). pp.493-516.

Elsevier Ltd.

- Pessarkli, M. (1999). *Hand book of Plant and Crop Stress*. Maecel Dekker Inc., New York.
- Rubatzky, V.E. & Yamaguchi, M. (1997). *World vegetables: principles, production and nutritive values*. 2ed. International Thomson.
- Salisbury, F.B. & Ross, C.W. (1992). *Plant physiology*, Wadsworth Publishing Co. Belmont, California.
- Taiz, L. & Zieger, E. (2002). *Plant Physiology*, Ed 5. Sinauer Associates, Sunderland, MA.
- Trapani, N., Hall, A.J., Sadras, V.O. & Vilella, F. (1992). Ontogenetic changes in radiation use efficiency of sunflower (*Helianthus annuus* L.) crops. *Field Crops Resources*, 29: 301-316.
- Valladares, F., Chico, J., Aranda, I., Balaguer, L., Dizengremel, P., Manrique, E. & Dreyer, E. (2002). The greater seedling high-light tolerance of *Quercus robur* over *Fagus sylvatica* is linked to a greater physiological plasticity. *Trees Structure Function*, 16: 395-403.
- Wadud, M.A., Rahman, G.M.M., Chowdhury, M.J.U. & Mahboob, M.G. (2002). Performance of red amaranth under shade condition for agroforestry system. *Journal of Biological Science*, 2: 765-766.
- Weiguo, F., Pingping, L. & Yanyou, W. (2012). Effects of different light intensities on chlorophyll fluorescence characteristics and yield in lettuce. *Scientia Horticulture*, 135: 45-51.
- Wein, H.C. (1997). *The physiology of vegetable crops*. Published by CABI.
- Zhang, H., Sharifi, M.R. & Nobel, P.S. (2007). Photosynthetic characteristics of sun versus shade plants of *Encelia farinosa* as affected by photosynthetic photon flux density, intercellular CO₂ concentration, leaf water potential and leaf temperature. *Australian Journal plant physiology*, 22: 833-842.
- Zhang, Y, Q., Liu, Y.Y. & Shi, P. (2004). Simulation of the stomatal conductance of winter wheat in response to light, temperature and CO₂ changes. *Annals of Botany*, 93: 435-441.