نشریه پژوهش‌های تولید گیاهی
جلد بیست و هفتم، شماره سوم، ۱۳۹۹
۱۹۱-۲۰٤
http://jopp.gau.ac.ir
DOI: 10.22069/jopp.2020.16723.2531

تأثیر اسید سالیسیلیک بر برخی صفات ریخت‌شناسی و عملکرد گوجه‌فرنگی (*Solanum lycopersicum* L.) تحت شرایط سایه‌دهی

***رسول آذرمی[۱] و نورالدین ایزدی جلودار[۲]**

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

[۲]دانش‌آموخته دکتری اصلاح و فیزیولوژی گل‌ها و گیاهان زینتی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۳/۱۲؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۱۲/۰۳

چکیده

سابقه و هدف: تنش‌های محیطی مانند شدت نور بالا و پایین عامل محدودکننده مهم در رشد و نمو گیاهان می‌باشند. همه گیاهان در شرایط طبیعی رشد، در طول چرخه زندگی، توسط گیاهان مجاور و یا خودشان با شدت‌های مختلف سایه‌دهی می‌شوند. اسید سالیسیلیک، به‌عنوان یک تنظیم‌کننده رشد، می‌تواند مقاومت گیاهان به سایه‌دهی و یا شدت نور زیاد را افزایش دهد. هدف از این پژوهش ارزیابی، کاربرد اسید سالیسیلیک بر برخی خصوصیات ریخت‌شناسی و عملکرد و تأثیر آن بر کاهش آسیب گوجه‌فرنگی در شرایط شدت نور پایین و بالا می‌باشد که رشد گیاه در شرایط سایه‌دهی و بیش‌بود نور را امکان‌پذیر می‌سازد.

مواد و روش‌ها: در پژوهش حاضر، به‌منظور بررسی تأثیر سطوح مختلف سایه‌دهی، اسید سالیسیلیک و رقم بر برخی خصوصیات رشدی و عملکرد گوجه‌فرنگی، آزمایشی به‌صورت کرت خردشده فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در شرایط مزرعه‌ای در سال ۱۳۹۵ در مزرعه تحقیقاتی شهرستان پارس‌آباد مغان اجرا شد. تیمار سایه‌دهی (۰، ۲۵ و ۵۰ درصد سایه‌دهی) به‌عنوان کرت اصلی و تیمارهای اسید سالیسیلیک (غلظت ۰ و ۲ میلی‌مولار) و رقم (سوپربتا و سوپر۶۱۰۸) به‌عنوان کرت فرعی در نظر گرفته شد. در این آزمایش، صفاتی مانند طول ساقه، طول میان گره، تعداد برگ، سطح برگ، وزن تر و خشک ساقه و برگ، غلظت کلروفیل، هدایت روزنه‌ای برگ و عملکرد مورد مطالعه قرار گرفت.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که طول گیاه، تعداد برگ، سطح برگ، وزن تر و خشک برگ و ساقه، شاخص کلروفیل و عملکرد در رقم سوپربتای تیمارشده با شدت نور کامل و اسید سالیسیلیک ۲ میلی‌مولار بیش‌تر بود در حالی‌که طول میان‌گره و هدایت روزنه‌ای برگ با افزایش شدت سایه‌دهی افزایش یافت. طول گیاه، وزن خشک ساقه و عملکرد گیاه در شرایط بدون سایه‌دهی و محلول‌پاشی‌شده با اسید سالیسیلیک بیش‌تر از گوجه‌فرنگی‌های تیمارشده با سایه‌دهی ۵۰ درصد و اسید سالیسیلیک شاهد بود. بیشینه طول گیاه، تعداد برگ، وزن تر و خشک ساقه و عملکرد گیاه در شرایط نور کامل و در رقم سوپربتا مشاهده گردید، اما مقدار کمینه آن در شرایط سایه‌دهی ۵۰ درصد و در رقم سوپر ٦۱۰۸ به‌دست آمد. بیش‌ترین عملکرد (۲۳٦٦ گرم

* مسئول مکاتبه: r_azarmi@uma.ac.ir

در گیاه) در گیاهان در معرض نور کامل و تیمار شده با اسید سالیسیلیک به‌دست آمد ولی کم‌ترین عملکرد (٦٧٠ گرم در گیاه) در گیاهان رشد کرده در سایه‌دهی ۵۰ درصد و تیمار بدون اسید سالیسیلیک حاصل شد.

نتیجه‌گیری: به‌طورکلی گوجه‌فرنگی سوپر بتا رشدیافته در تیمار بدون سایه‌دهی رشد و عملکرد بهتری داشت و کاربرد اسید سالیسیلیک توانست خصوصیات ریخت‌شناسی و عملکرد گوجه‌فرنگی را در شرایط سایه‌دهی بهبود بخشد.

واژه‌های کلیدی: تعدیل تنش، خصوصیات رویشی، شدت نور، گوجه‌فرنگی

مقدمه

گوجه‌فرنگی یکی از مهم‌ترین سبزی‌های مصرفی در دنیا می‌باشد زیرا یکی از با ارزش‌ترین منابع تامین مواد معدنی و ویتامین‌ها در رژیم غذایی انسان بوده و نقش مهمی در سلامتی انسان دارد (۲۰)، هم‌چنین این سبزی با تولید ١٦٠ میلیون تن در سال، بیش‌ترین میزان تولید در بین سبزی‌ها را در جهان دارا می‌باشد (۱۲).

رشد گیاه دربرگیرنده مجموعه‌ای از فرآیندهای زیست‌شیمیایی و فیزیولوژیکی است که تحت‌تأثیر عوامل محیطی مختلف از جمله نور قرار می‌گیرند (۳۰). نور از سه جنبه شدت، کیفیت و طول مدت روشنایی بر رشد و نمو گیاهان تأثیر می‌گذارد. توری‌های سایبان مورداستفاده در محصولات کشاورزی یک دستاورد غیرشیمیایی برای محافظت فیزیکی از شرایط آب و هوایی نامساعد (تشعشع و دمای زیاد، باد و تگرگ) و هم‌چنین از پرندگان و حشرات ناقل بیماری‌های ویروسی می‌باشد (۱۳). توری‌های سایه‌دهی در مناطق گرمسیری و نیمه‌گرمسیری برای تولید سبزی مورد استفاده قرار می‌گیرد و این توری‌ها رشد و عملکرد فلفل‌دلمه‌ای را افزایش، نیاز آبی آن را کاهش و در پی آن کارایی مصرف آب را بهبود بخشید (۲۸). سایه‌دهی نه تنها شدت تشعشع را کاهش می‌دهد بلکه هم‌چنین بخشی از انتشار نور را افزایش و کیفیت نور را تغییر می‌دهد. با افزایش شدت سایه‌دهی طیف نور آبی (٥٠٠-٤٠٠ نانومتر) افزایش ولی طیف نور قرمز (٧٠٠-٦٠٠ نانومتر) کاهش می‌یابد که ممکن است هم شاخص‌های فیزیولوژیکی (فتوسنتز و ساخت کلروفیل) و هم خصوصیات ریخت‌شناسی گیاه را تحت‌تأثیر قرار دهد (٤). تغییرات در تشعشع هم کارایی مصرف کربن و هم کارایی نور فتوسنتزی را تحت‌تأثیر قرار داده و در نهایت عملکرد کل را متأثر می‌سازد (٣٦). در شرایط طبیعی رشد، همه گیاهان در طول چرخه زندگی خود توسط گیاهان احاطه‌کننده یا خودشان با شدت‌های مختلف سایه‌دهی می‌شوند (۳۷). در محیط سایه نسبت پایینی از نور قرمز به قرمز دور و تشعشع فعال فتوسنتزی وجود دارد. هنگامی که گیاهان در معرض سایه قرار می‌گیرند دو نوع راهبرد متفاوت، تحمل به سایه و اجتناب از سایه از خود نشان می‌دهند (۱۷ و ١٦). واکنش‌های تحمل به سایه، جذب و استفاده بهینه از نور از طریق افزایش غلظت کلروفیل، سطح ویژه برگ و نسبت فتوسیستم دو به یک می‌باشد. اجتناب از سایه‌دهی با نشان دادن تشعشع فعال فتوسنتزی پایین، نسبت نور قرمز به قرمز دور کم‌تر و دریافت حداکثری نور از طریق افزایش طول ساقه با قرار گرفتن برگ‌ها در

خارج از شرایط سایه القاء می‌شود (١٤ و ٨). شدت نور بالا و یا دمای بالا با تهییج بیش از حد فتوسیستم‌ها منجر به احیای بیش از حد اجزای زنجیره انتقال الکترون فتوسنتزی می‌شود. تهییج بسیار زیاد فتوسیستم دو که انباشته شدن پلاستوهیدروکوئینون را به همراه دارد، موجب آسیب دیدن دستگاه فتوسنتزی می‌شود در این شرایط انواع اکسیژن واکنش‌گر تولید شده که باعث آسیب به سلول گیاهی می‌شود (٣٥).

اسید سالیسیلیک یا اورتوهیدروکسی اسید بنزوئیک متعلق به ترکیبات فنولی بوده و به‌عنوان تنظیم‌کننده رشد گیاهی در رشد و نمو، فتوسنتز، تنفس، جذب و انتقال یون‌ها، تغییر فعالیت برخی آنزیم‌های مهم و ساختار کلروپلاست نقش به‌سزایی دارد (٣٦ و ٥). اسید سالیسیلیک در گیاهانی که در معرض تنش‌های محیطی مانند خشکی، شوری، گرما و سرما، شدت نور زیاد و فلزات سنگین قرار می‌گیرند می‌تواند نقش حفاظتی داشته و مقاومت گیاه را در برابر آن افزایش دهد (٣٢، ٢١ و ٧). پژوهش‌ها نشان داده است که در دانهال آفتابگردان بین تغییرات در شدت و کیفیت نور و مقدار اسید سالیسیلیک درون‌زا همبستگی وجود دارد به‌طوری‌که با کاهش نسبت نور قرمز به نور مادون‌قرمز یا با افزایش تشعشع فعال فتوسنتزی، مقدار اسید سالیسیلیک درون‌زا افزایش می‌یابد. مقدار اسید سالیسیلیک درون‌زا با افزایش تشعشع فعال فتوسنتزی از ٠ تا ١٠٠ میکرومول بر مترمربع بر ثانیه بیش‌تر شد (٢٣). در عرض جغرافیایی پایین، شدت نور زیاد در اواخر بهار و تابستان باعث بازدارندگی نوری[1] و آسیب گیاهی می‌شود. بنابراین بیش‌تر پرورش‌دهندگان اثرات نامطلوب شدت نور زیاد را با کشیدن توری‌های سایبان کاهش می‌دهند. شدت نور کم نیز در گیاهان تنش ایجاد می‌کند، زیرا چنین شرایطی فرایند فتوسنتز و در نتیجه جذب خالص کربن و رشد گیاه را محدود می‌سازد (٢٤). از آن‌جایی‌که گیاهان در فصول مختلف سال در معرض شدت‌های مختلف نوری قرار می‌گیرند و یا توسط گیاهان مجاور یا شاخ و برگ بخش فوقانی گیاه سایه‌اندازی می‌شوند. هدف از این پژوهش ارزیابی، کاربرد اسید سالیسیلیک بر برخی خصوصیات ریخت‌شناسی و عملکرد و تأثیر آن بر کاهش آسیب گوجه‌فرنگی در شرایط شدت نور پایین و بالا بود.

مواد و روش‌ها

مواد گیاهی، شرایط رشد و تیمارها: این پژوهش در مزرعه تحقیقاتی شهرستان پارس‌آباد مغان واقع در استان اردبیل، با طول جغرافیایی '٥٥°٤٧ شرقی و عرض جغرافیایی '٣٨°٣٩ شمالی و با ارتفاع ٣٢ متر از سطح دریا در سال ١٣٩٥ اجرا شد. برای انجام آزمایش، بذر دو رقم گوجه‌فرنگی به‌نام‌های هیبرید سوپربتا و هیبرید سوپر ٦١٠٨ (*Solanum lycopersicum* L.) در اواسط بهمن ١٣٩٤ در خزانه پلاستیکی کشت و پس از دو ماه پرورش در خزانه، در اواسط فروردین‌ماه با ظهور سومین برگ حقیقی، دانهال‌ها به کرت‌های آماده شده در مزرعه انتقال یافتند. پژوهش حاضر به‌صورت کرت خرد شده فاکتوریل و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ٣ تکرار انجام شد. فاکتور اصلی، تیمار سایه‌دهی در سه سطح (بدون سایه‌دهی، سایه‌دهی ٢٥ درصد و سایه‌دهی ٥٠ درصد) و فاکتور فرعی، شامل تیمار اسید سالیسیلیک در دو سطح (غلظت صفر (شاهد) و ٢ میلی‌مولار) و رقم

1- Photoinhibition

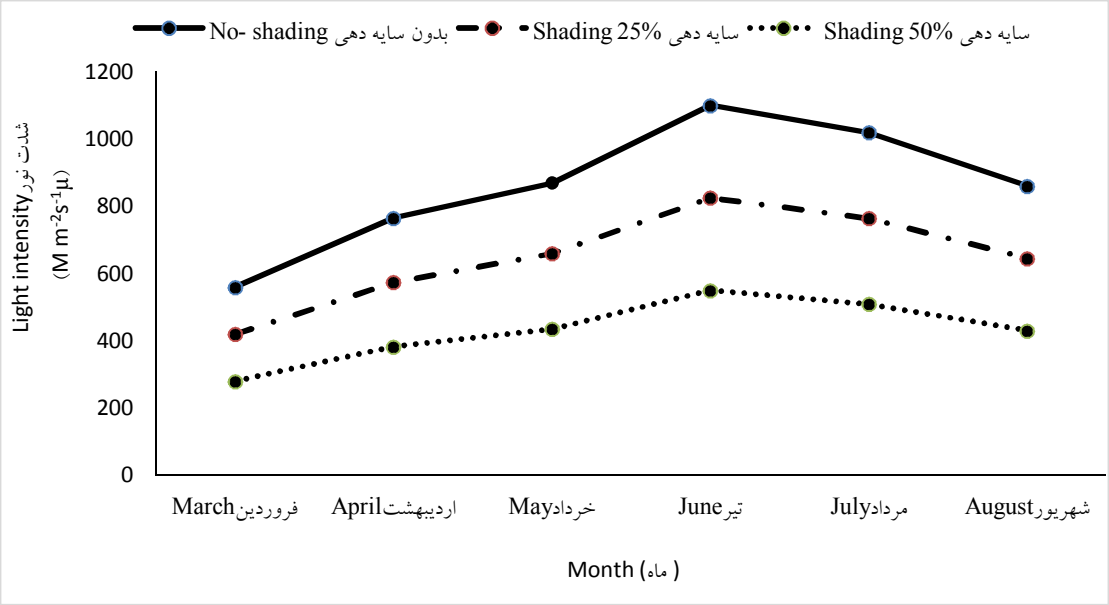
(سوپربتا و سوپر ٦١٠٨) بود. برای اعمال تیمار سایه‌دهی از توری‌های سبز رنگ که ۷۵ درصد و ۵۰ درصد نور طبیعی را از خود عبور می‌داد استفاده گردید. سایه‌دهی صفر درصد در معرض نور مستقیم آفتاب بودند. توری‌های سایه‌بان روی ساختار تونل مانند با عرض یک‌ونیم متر و با ارتفاع یک متر و به طول پنج متر نصب و برای اطمینان از تهویه مناسب در تونل، این توری‌ها ۳۰ سانتی‌متر بالاتر از سطح خاک قرار گرفته بود. تیمار سایه‌دهی بعد از استقرار کامل گیاه و از مرحله ۸ برگی اعمال گردید. تیمار اسید سالیسیلیک یک هفته قبل از اعمال تیمارهای سایه‌دهی در چهار مرتبه با فاصله زمانی یک هفته و تیمار شاهد اسید سالیسیلیک با استفاده از آب مقطر محلول‌پاشی شد. برای اطمینان از نفوذ محلول اسید سالیسیلیک از محلول تووین ۲۰ درصد استفاده گردید. بر اساس نتایج آزمون خاک (جدول ۱)، کود اوره به مقدار ۳۵۰ کیلوگرم در هکتار به‌صورت تقسیط، نخست در مرحله استقرار کامل بوته‌ها و دیگری در زمان تشکیل میوه و کود فسفره نیز به مقدار ١٦٠ کیلوگرم سوپر فسفات تریپل در هکتار در زمان کشت دانهال به خاک اضافه و توسط روتیواتور با خاک مخلوط گردید. وجین علف‌های هرز به‌صورت دستی در طول اجرای آزمایشی به‌صورت منظم انجام پذیرفت.

جدول ۱- برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده در آزمایش.

Table 1. Some physical and chemical characteristics of the soil used in this experiment.

K	P	Texture	Total N	Organic Carbon	Sand	Silt	Clay	pH	EC	خاک
(mg kg^{-1})			(%)						(dS m^{-1})	Soil
390	10	Loam	0.07	0.68	19	59	22	8.12	1.12	عمق ۰-۳۰ 0-30 Depth

شدت نور در ارتفاع تاج گیاه توسط دستگاه نورسنج (Skye Instrument. Powys. UK) در طول دوره رشد گیاه اندازه‌گیری شد (شکل ۱). میانگین شدت نور در تیمارهای نور کامل (در حدود ۸۵۰ میکرومول بر مترمربع بر ثانیه)، سایه‌دهی ۲۵ درصد (در حدود ٦٥٠ میکرومول بر مترمربع بر ثانیه) و ۵۰ درصد (در حدود ٤٣٠ میکرمول بر مترمربع بر ثانیه) در طول دوره رشد گوجه‌فرنگی بود.



شکل ۱- شدت نور در طول دوره رشد گوجه‌فرنگی در شرایط بدون سایه‌دهی و سایه‌دهی ۲۵ و ۵۰ درصد.

Fig. 1. Light intensity during the growing period of tomato at 0, 25 and 50% shading.

پارامترهای رشدی: طول کل گیاه از طریق اندازه‌گیری طول همه ساقه‌های اصلی و فرعی توسط خط‌کش از محل طوقه تا انتهایی‌ترین قسمت گیاه، طول میان‌گره با استفاده از کولیس و تعداد برگ با شمارش تعداد گره ساقه به‌دست آمد.

اندازه‌گیری وزن تر و خشک برگ و ساقه: در پایان آزمایش، گیاهان از سطح خاک کف‌بر شده و به برگ و ساقه تقسیم و بلافاصله نمونه‌ها با ترازوی دیجیتالی وزن شدند. برای اندازه‌گیری وزن خشک، برگ‌ها و ساقه‌ها در آون در دمای ۷۵ درجه سلسیوس به‌مدت ۲٤ ساعت قرار گرفتند. پس از خشک شدن نمونه‌ها (تا رسیدن به وزن ثابت) مجدداً توسط ترازو اندازه‌گیری شدند.

تعیین سطح برگ گیاه: در پایان آزمایش برای مقایسه سطح برگ گیاه شاهد با گیاهان تحت تیمار، همه برگ‌های گیاه توسط دستگاه سطح برگ‌سنج (LI COR, model Li-1300, Lincoln, NE, USA) اندازه‌گیری شد.

اندازه‌گیری شاخص کلروفیل: برای اندازه‌گیری این شاخص، ۳ برگ تازه توسعه‌یافته از هر گیاه انتخاب و از هر برگ ۳ بار از نقاط مختلف برگ و در مجموع به تعداد ۹ مرتبه با استفاده از دستگاه کلروفیل‌سنج (SPAD-502, Minolta, Japan) قرائت شده و سپس میانگین آن‌ها، به‌عنوان شاخص کلروفیل در هر تیمار، ثبت گردید.

اندازه‌گیری هدایت روزنه‌ای برگ: هدایت روزنه‌ای برگ به‌وسیله دستگاه پرومتر برگ (Eijkelkamps, Netherlands) بر حسب میکرومول بر مترمربع بر ثانیه از جوان‌ترین برگ کاملاً توسعه یافته از ساعت ۱۰ الی ۱۲ اندازه‌گیری شد. برای این منظور قسمت میانی سه برگ از هر تکرار در محفظه دستگاه قرار گرفته و پس از ۳۰ ثانیه عدد دستگاه قرائت گردید.

تجزیه و تحلیل داده‌ها: ارزیابی آماری داده‌ها با نرم‌افزار SPSS 21، مقایسه میانگین داده‌ها با آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد و رسم نمودارها با Excel 2010 صورت گرفت.

نتایج و بحث

طول کل ساقه، طول میان‌گره و تعداد برگ: نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تیمارهای سایه‌دهی، اسید سالیسیلیک و رقم و اثر متقابل رقم و سایه‌دهی بر صفت طول کل گیاه معنی‌دار بود (جدول ۲). به‌طوری‌که با افزایش شدت سایه‌دهی، طول کل ساقه افزایش یافت. هم‌چنین طول کل ساقه در غلظت ۲ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک نسبت به تیمار شاهد اسید سالیسیلیک افزایش نشان داد. طول کل ساقه در رقم سوپربتا بیش‌تر از رقم سوپر ٦١٠٨ بود (جدول ۳). نتایج برخی از مطالعات نشان داده است که طول بوته صفتی است که بیش از هر عامل دیگری تحت‌تأثیر خصوصیات ژنتیکی قرار می‌گیرد با این حال شرایط محیطی از جمله سایه‌دهی طول بوته را به‌شدت تحت‌تأثیر قرار می‌دهد (۳۳). براساس مشاهدات این آزمایش، گیاهان در معرض نور کامل ارتفاع کوچک‌تری داشتند ولی با تولید ساقه‌های فرعی بیش‌تر باعث افزایش طول کل ساقه گیاه شدند در صورتی‌که گیاهان سایه‌دهی‌شده ارتفاع بزرگ‌تری داشتند ولی با ایجاد تعداد ساقه‌های فرعی کم‌تر موجب کاهش طول کل گیاه شدند. رشد و شکل تاج گیاه تحت شرایط سایه‌دهی و نور کامل تغییر می‌کند (۲۲). تراکم شاخه‌دهی کم‌تر تحت شرایط سایه‌دهی ممکن است نوعی سازگاری باشد که کارایی مصرف نور را در گیاهان افزایش می‌دهد (۳۳). دانگ و همکاران (۱۰) گزارش کردند که گیاهان با افزایش ارتفاع خود به‌منظور دریافت حداکثر نور در دسترس، به‌شدت نور کم سازگاری پیدا می‌کنند. سایه‌دهی با کاهش تاج گیاه باعث می‌شود که کربن آسمیلاته برای رشد عمودی گیاه اختصاص یافته تا حداکثر انرژی نور را دریافت نماید. جدول ۲ نشان می‌دهد که اثر ساده سایه‌دهی و رقم و اثر متقابل سایه‌دهی × اسید سالیسیلیک و رقم × اسید سالیسیلیک بر طول میان‌گره معنی‌دار گردید. براساس نتایج مقایسه میانگین داده‌ها، حداکثر طول میان‌گره در گیاهان با ۵۰ درصد سایه‌دهی و محلول‌پاشی‌شده با اسید سالیسیلیک به‌دست آمد (جدول ۲). در صورتی‌که کم‌ترین طول میان‌گره در هر دو رقم در گیاهان در معرض نور کامل خورشید و بدون اسید سالیسیلیک مشاهده گردید (جدول ۳). طول میان‌گره در رقم سوپربتا بیش‌تر از رقم سوپر ٦١٠٨ بود. طول میان گره در ارزیابی شاخص سلامت گیاه از اهمیت زیادی برخوردار می‌باشد. به‌طوری‌که میان‌گره کوتاه باعث بهبود در رشد و عملکرد محصول می‌شود. نتایج این پژوهش همسو با یافته‌های ناگاسوگا و کوبوتا (۲۹) بود که گزارش کردند بیش‌ترین طول میان‌گره در تیمار ۵۰ درصد سایه‌دهی و کم‌ترین آن در گیاهان در معرض نور کامل تولید گردید. از آن‌جا که محلول‌پاشی با اسید سالیسیلیک باعث افزایش در تقسیم و تمایز سلول‌ها و هم‌چنین سبب افزایش بافت‌های استحکامی و جلوگیری از تخریب دیواره سلولی می‌شود. بنابراین به‌نظر می‌رسد محلول‌پاشی با اسید سالیسیلیک می‌تواند اثرات منفی تنش سایه‌دهی را بر میزان رشد گیاه از طریق افزایش تقسیم و اندازه سلولی تعدیل نماید (۲۵). بررسی تعداد برگ در بوته نشان داد که این صفت به‌طور معنی‌داری تحت‌تأثیر اثر ساده سایه‌دهی، اسید سالیسیلیک و رقم قرار گرفت (جدول ۲). نتایج نشان داد که با افزایش شدت سایه‌دهی در هر دو رقم سوپر بتا و سوپر ٦١٠٨ تعداد برگ در گیاه کاهش یافت و این کاهش در گیاهان شاهد اسید سالیسیلیک شدیدتر بود (جدول ۳). افزایش تعداد برگ تحت شرایط نور کامل در گیاهان تیمار شده با اسید سالیسیلیک می‌تواند در ارتباط با طول بیش‌تر ساقه این گیاهان باشد. نتایج یافته‌های برند (٦) نشان داد که با افزایش سایه‌دهی تعداد برگ گوجه‌فرنگی کم‌تر می‌شود. سایه‌دهی آغازش پریموردیای برگ را تا ١٦ درصد کاهش می‌دهد.

جدول ۲. تجزیه واریانس اثر سایه‌دهی، اسید سالیسیلیک و رقم بر برخی خصوصیات رشدی گوجه‌فرنگی.

Table 2. Variance analysis of effect of shading, salicylic acid and cultivar on some growth traits in tomato

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	طول گیاه plant length	طول میان گره internode	تعداد برگ Leaf number	سطح کل برگ Leaf Area	وزن تر برگ Leaf Fresh Weight	وزن خشک برگ Leaf Dry Weight	وزن تر ساقه Stem fresh weight	وزن خشک ساقه Stem dry weight	هدایت روزنه‌ای Stomatal conductance	غلظت کلروفیل Chlorophyll content	عملکرد yield
بلوک Block	2	808.5	0.017	6.36	145072	82.63	0.694	496	0.636	155.2	7.96	413.7
سایه‌دهی Shading	2	12746**	6.29**	1818.7**	6767156**	242529**	5077.1**	4864**	50.2**	6144.6**	231.5**	3753637**
خطای اصلی Main Plot Error	4	1205.5	0.055	16.19	41348.9	981.5	13.11	56.75	0.315	128.5	1.61	4580.2
سالیسیلیک اسید SA	1	10506**	0.016ns	245.4**	1649940**	27783**	206.5**	2100.6**	13.22**	4444.6**	18.92ns	126261**
سایه‌دهی ×اسید سالیسیلیک SA×Shading		529.7ns	0.274*	34.11**	13703.5ns	68164ns	1227ns	1308ns	16.16**	598ns	2.83ns	1503076**
رقم Cultivar	1	21170**	6.35**	186.7**	5730438**	364.3ns	6.97ns	213.7ns	0.962*	317.6ns	6.16ns	13942.8**
رقم ×سایه‌دهی Cultivar×Shading	3	1845*	0.187ns	93.44**	9852.6ns	899.7ns	15.72ns	593.4**	1.19*	137ns	1.34ns	414201**
رقم × اسید سالیسیلیک SA Cultivar×	2	240.2ns	0.366*	11.11ns	21953ns	17340**	88.2**	971.3**	7**	2665.8**	1.17ns	183469**
رقم ×سایه‌دهی× سالیسیلیک اسید Cultivar×SA×Shading	2	106.7ns	0.050ns	18.77**	32815ns	260ns	4.71ns	146.7ns	0.323ns	123ns	7.06ns	2503ns
خطا ی فرعی Subplot Error	4	551.8	0.061	4.69	21445	599.2	11.36	105.2	.274	193.1	6.46	2916/9
ضریب تغییرات C.V (%)		4.73	5.54	10.62	6.80	4.73	5.54	10.62	6.80	12	5.84	4.12

ns، ** و *: به‌ترتیب به معنی غیر معنی‌دار و معنی‌داری در سطح احتمال یک و پنج درصد.

ns, ** and * non- significant and significant at the 1 and 5 % probability level, respectively

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر ساده سایه‌دهی، اسید سالیسیلیک و رقم بر خصوصیات رشد گوجه‌فرنگی.

Table 3. Mean comparison of main effect of shading, SA and cultivar on some growth traits of tomato.

وزن خشک برگ (گرم) Leaf dry Weight (g)	وزن تر برگ (گرم) Leaf fresh Weight (g)	سطح کل برگ (سانتی‌متر مربع) Leaf area (cm^2)	تعداد برگ Leaf number	طول میان‌گره (سانتی‌متر) Internode (cm)	طول گیاه (سانتی‌متر) Plant length (cm)	اثر ساده تیمارها Main effect of treatments	
81.48[a]	623.8[a]	5565[a]	52.33[a]	4.01[c]	217.5[a]	0	سایه‌دهی Shading
57.28[b]	473.0[b]	5027[b]	36.16[b]	4.59[b]	176.6[b]	25	
40.57[c]	339.7[c]	4082[c]	28.16[c]	5.45[a]	153.0[c]	50	
57.38[b]	451.1[b]	4677[b]	36.27[b]	4.70[a]	165.3[b]	0	اسید سالیسیلیک SA
62.17[a]	506.6[a]	5106[a]	41.5[a]	4.65[a]	199.5[a]	2	
65.61[a]	522.4[a]	5291[a]	41.16[a]	5.10[a]	206.6[a]	Super Beta	رقم Cultivar
53.93[b]	435.5[b]	4493[b]	36.61[b]	4.26[b]	158.1[b]	Super 6108	

حروف مشابه در هر ستون بیانگر عدم وجود اختلاف معنی‌داری در بین تیمارها در سطح پنج درصد.

Same letters in each column indicate no significant difference between treatments at 5% level.

جدول ٤- مقایسه میانگین اثر متقابل سایه‌دهی و اسید سالیسیلیک بر خصوصیات رشد گوجه‌فرنگی.

Table 4. Mean comparison of interactive effect of shading and SA on growth traits of tomato.

عملکرد Yield (g)	وزن خشک ساقه Stem dry weight (g)	طول میان‌گره (سانتی‌متر) Internode (cm)	طول کل گیاه (سانتی‌متر) Plant total length (cm)	سایه‌دهی (درصد) Shading (%)	اسید سالیسیلیک (میلی‌مولار) SA (mM)
1819[a]	8.94[b]	3.88[c]	196.3[ab]	0	0
975[bc]	6.46[c]	4.60[b]	156.0[bc]	25	
700[c]	5.47[c]	5.62[a]	143.6[c]	50	
1870[a]	10.63[a]	4.15[bc]	238.6[a]	0	2
1162[b]	7.84[b]	4.53[bc]	197.3[ab]	25	
817[b]	6.05[c]	5.28[a]	162.5[bc]	50	

حروف مشابه در هر ستون بیانگر عدم وجود اختلاف معنی‌داری در بین تیمارها در سطح پنج درصد.

Same letters in each column indicate no significant difference between treatments at 5% level.

سطح برگ: براساس نتایج تجزیه واریانس داده‌ها، فقط اثر اصلی تیمارهای سایه‌دهی، اسید سالیسیلیک و رقم سطح برگ را به‌طور معنی‌داری تحت‌تأثیر قرار داد و سطح برگ متأثر از اثر متقابل آن‌ها قرار نگرفت. (جدول ۲). بدین‌ترتیب که بیش‌ترین سطح برگ گیاه در تیمار نور کامل و کم‌ترین آن در سایه‌دهی ۵۰ درصد به ثبت رسید (جدول ۳). مشاهدات این آزمایش نشان داد که برگ‌های سایه‌دهی‌شده سطح برگ بزرگ‌تری داشتند ولی به‌خاطر این‌که در شرایط نور کامل تعداد برگ بیش‌تری تولید شده بود در نتیجه باعث افزایش سطح کل برگ در گوجه‌فرنگی گردید، هم‌چنین سطح برگ کل گیاه با کاربرد اسید سالیسیلیک در مقایسه با تیمار شاهد اسید سالیسیلیک افزایش نشان داد (جدول ۳). سطح برگ بزرگ‌تر در گیاهان سایه‌دهی‌شده می‌تواند امکان جذب نور بیش‌تر توسط تاج گیاه گوجه‌فرنگی را از

منابع نوری محدود فراهم نماید. مشاهدات حاصل از این آزمایش نشان داد که گیاهان سایه‌دهی شده سطح برگ بزرگ‌تر با ضخامت نازک‌تر تولید نمودند. این امر بیانگر آن است که سایه‌دهی سطح برگ را افزایش و ضخامت برگ را کاهش می‌دهد. در حالی‌که تیمار نور کامل می‌تواند باعث ضخیم شدن برگ گردد. این نتایج همسو با یافته‌های کوهن و همکاران (۹) بود که نشان دادند برای جذب نور بیش‌تر در شرایط سایه‌دهی، گیاهان قادر هستند کارایی نفوذ نور را با بهبود اندازه تاج گیاه (مانند افزایش سطح برگ) افزایش دهند. این نتایج همسو با یافته‌های پژوهش حاضر بود که در گیاهان سایه‌دهی‌شده، ساقه‌ها طویل‌تر، طول میان‌گره بزرگ‌تر، برگ‌ها ضخیم‌تر و سطح برگ بزرگ‌تر بودند. گیاهان به شرایط شدت نور کم با افزایش در سطح ویژه برگ به‌منظور دریافت حداکثر نور در دسترس سازگاری پیدا می‌کنند، در صورتی‌که گیاهان به‌شدت نور زیاد با کاهش در سطح برگ به منظور محافظت خود از شدت نور زیاد و با افزایش ضخامت برگ در اثر رشد بافت پارانشیم سازگاری نشان می‌دهند. به‌نظر می‌رسد اسید سالیسیلیک با افزایش فعالیت آنزیم روبیسکو و در نتیجه بهبود فتوسنتز باعث افزایش سطح برگ می‌شود (۲۶).

وزن تر و خشک برگ و ساقه: نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثرات اصلی سایه‌دهی، اسید سالیسیلیک بر وزن تر و خشک برگ و ساقه معنی‌دار گردید اما اثر اصلی رقم بر وزن تر و خشک برگ و وزن خشک ساقه از نظر آماری معنی‌دار نشد. اثر متقابل رقم × سایه‌دهی بر وزن تر و خشک ساقه، اثر متقابل رقم × اسید سالیسیلیک بر وزن تر و خشک ساقه و اثر متقابل سایه‌دهی × اسید سالیسیلیک بر وزن خشک ساقه از نظر آماری معنی‌دار بود. (جدول ۲). براساس نتایج مقایسه میانگین داده‌ها، وزن تر و خشک برگ و ساقه در رقم سوپربتا به‌ترتیب ۱۶/۶، ۱۷/۸، ۱۰/۸ و ۱۶/۲ درصد بیش‌تر از رقم سوپر۶۱۰۸ بود (جدول ۵). دلیل افزایش وزن تر و خشک برگ و ساقه در رقم سوپر بتا به‌دلیل خصوصیات ژنتیکی این رقم مانند سطح برگ بزرگ‌تر، ارتفاع بیش‌تر ساقه و حجم بزرگ‌تر بوته در مقایسه با رقم سوپر ۶۱۰۸ بود. سایه‌دهی ملایم (۲۵ درصد) و سایه‌دهی شدید (۵۰ درصد) به‌طور قابل‌توجهی ماده تر و خشک برگ را به‌طور چشمگیری در مقایسه با تیمار نور کامل کاهش داد و مقدار کاهش در ماده تر و خشک برگ در سایه‌دهی ۵۰ درصد بیش‌تر از سایه‌دهی ۲۵ درصد بود (جدول ۵). کاهش ماده تر و خشک در سایه‌دهی ملایم و شدید با کاربرد اسید سالیسیلیک تعدیل گردید. تجمع ماده خشک بیان‌گر فعالیت فتوسنتزی گیاهان می‌باشد که بستگی به‌شدت نور در تاج گیاه دارد. بنابراین کاهش در ماده خشک کل در سطوح نوری پایین ممکن است به‌خاطر استفاده از نور ناکافی توسط گیاه باشد (۱). اثر تعدیل‌کنندگی اسید سالیسیلیک در شرایط شدت نور بالا در ارتباط با شدت انتقال الکترون و عملکرد کوانتومی فتوسیستم دو، مقدار پروتئین D1 (پروتئین موجود در کمپلکس فتوسیستم دو) و پروتئاز Deg1 می‌باشد. به‌طوری‌که تیمار اسید سالیسیلیک باعث افزایش فعالیت پروتئین کیناز، تاخیر در تخریب پروتئین D1 و یا تسریع در ترمیم پروتئین D1 در شرایط شدت نور بالا می‌شود (۳۵).

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر ساده سایه‌دهی، اسید سالیسیلیک و رقم بر برخی خصوصیات رشدی گوجه‌فرنگی.

Table 5. Mean comparison of main effect of shading, SA and cultivar on some growth traits of tomato.

عملکرد Yield (g)	هدایت روزنه‌ای Stomatal conductance (μ M m^{-2} s^{-1})	غلظت کلروفیل Chlorophyll content (SPAD)	وزن خشک ساقه (گرم) Stem dry weight (g)	وزن تر ساقه (گرم) Stem fresh weight (g)	اثر ساده تیمارها Main effect of treatments	
1844.9[a]	93.8[b]	51.88[a]	9.78[a]	126.2[a]	0	سایه‌دهی Shading
1069.8[b]	130.6[a]	45.73[b]	7.15[b]	102.2[b]	25	
759.1[c]	135.0[a]	43.37[c]	5.76[c]	86.2[c]	50	
1165.1[b]	130.9[a]	46.27[a]	6.96[b]	97.27[b]	0	اسید سالیسیلیک SA
1283.6[a]	108.7[b]	47.72[a]	8.17[a]	112.5[a]	2	
1428.7[a]	123.9[a]	46.71[a]	8.23[a]	110.9[a]	Super Beta	رقم Cultivar
1020.0[b]	115.7[a]	47.28[a]	6.89[b]	98.88[b]	Super 6108	

حروف مشابه در هر ستون بیانگر عدم وجود اختلاف معنی‌داری در بین تیمارها در سطح پنج درصد.

Same letters in each column indicate no significant difference between treatments at 5% level.

جدول ٦- مقایسه میانگین اثر متقابل سایه‌دهی و رقم بر برخی خصوصیات رشدی گوجه‌فرنگی.

Table 6. Mean comparison of interactive effect of shading and cultivar on some growth traits of tomato.

عملکرد (گرم) Yield (g)	وزن خشک ساقه (گرم) Stem dry weight (g)	وزن تر ساقه (گرم) Stem fresh weight (g)	تعداد برگ Leaf number	طول کل گیاه (سانتی‌متر) Plant total length (cm)	رقم Cultivar	سایه‌دهی (درصد) Shading (%)
2263[a]	10.82[a]	140.1[a]	57.8[a]	255.5[a]	Super Beta	0
1426[b]	8.75[b]	112.3[b]	46.8[a]	179.5[bc]	Super 6108	
1178[c]	7.63[bc]	102.66[bc]	36.8[b]	197.5[b]	Super Beta	25
959[d]	6.67[cd]	101.83[bc]	35.5[b]	155.8[cd]	Super 6108	
844[d]	6.25[de]	90.0[cd]	28.8[d]	167[bcd]	Super Beta	50
673[e]	5.27[e]	82.5[d]	27.5[d]	139.1[d]	Super 6108	

حروف مشابه در هر ستون بیانگر عدم وجود اختلاف معنی‌داری در بین تیمارها در سطح پنج درصد.

Same letters in each column indicate no significant difference between treatments at 5% level.

غلظت کلروفیل و هدایت روزنه‌ای برگ: براساس نتایج تجزیه واریانس داده‌ها، فقط اثر ساده سایه‌دهی غلظت کلروفیل برگ را به‌طور معنی‌داری تحت‌تأثیر قرار داد اما اثر متقابل فاکتورهای مورد مطالعه غلظت کلروفیل را تحت‌تأثیر قرار نداد (جدول ۲). هم‌چنین نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر ساده سایه‌دهی و اسید سالیسیلیک و اثر متقابل رقم × اسید سالیسیلیک بر هدایت روزنه‌ای برگ معنی‌دار بود (جدول ۲). براساس نتایج مقایسه میانگین داده‌ها، با افزایش شدت سایه‌دهی غلظت کلروفیل برگ کاهش نشان داد (جدول ۵). کاهش در غلظت کلروفیل در معرض شدت نور زیاد پدیده‌ای شناخته شده است (۲۷). مقدار کلروفیل برگ عامل مهمی در شدت فتوسنتزی و تولید ماده خشک می‌باشد. کاهش در غلظت کلروفیل تحت شدت نور ۵۰ درصد توسط آذرمی و همکاران (۲) در خیار گلخانه‌ای گزارش

شده است. شدت نور خیلی زیاد هم ممکن است با تخریب رنگیزه‌ها باعث اختلال در سیستم فتوسنتزی شود. کاهش غلظت کلروفیل در برگ‌ها ممکن است به‌خاطر بزرگ بودن سطح برگ و رقیق شدن کلروفیل و هم‌چنین کاهش تعداد کلروپلاست‌ها در برگ باشد. در مطالعه اثر متقابل اسید سالیسیلیک و سایه‌دهی مشخص شد که اسید سالیسیلیک سبب افزایش در غلظت کلروفیل برگ گیاهانی که در شرایط سایه رشد قرار داشتند گردید. مشاهدات این نتایج با یافته‌های الیزابت و همکاران (۱۱) مطابقت دارد که می‌توان گفت که استفاده از اسید سالیسیلیک با جلوگیری از فعالیت آنزیم‌های کلروفیل اکسیداز مانع تجزیه کلروفیل شده و از این طریق سبب افزایش در شدت فتوسنتز می‌شود، از طرفی به‌نظر می‌رسد اسید سالیسیلیک با افزایش غلظت کلروفیل در برگ‌هایی که در آغاز فرایند پیری هستند می‌تواند سبب افزایش فتوسنتز و در نتیجه افزایش رشد شود (۲۵). نتایج حاصل از مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که به موازات افزایش شدت سایه‌دهی هدایت روزنه‌ای برگ نیز افزایش یافت (جدول ۵). باراداس و همکاران (۳) گزارش 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. در شدت نور زیاد روزنه برای ممانعت از آسیب‌های احتمالی بسته می‌شود. به‌طور معمول گیاهان به‌شدت‌های مختلف نوری واکنش‌های متفاوتی نشان می‌دهند و نسبت به آن سازش پیدا می‌کنند سازش یک تغییر در واکنش‌های فیزیولوژیک یک موجود در مواجهه با شرایط محیطی جدید است. روزنه می‌تواند در نهایت به شرایط محیطی سازش پیدا کند (۲۸ و ۱۸). بر پایه نتایج مقایسه میانگین داده‌ها، هدایت روزنه‌ای برگ با کاربرد اسید سالیسیلیک نسبت به تیمار شاهد اسید سالیسیلیک بیش‌تر بود (جدول ٦). بدین‌ترتیب که محلول‌پاشی با اسید سالیسیلیک هدایت روزنه‌ای را به‌طور معنی‌داری کاهش داد. رزمی و همکاران (۳۱) گزارش کردند که کاربرد اسید سالیسیلیک هدایت روزنه‌ای را در برگ‌های لوبیا کاهش می‌دهد. علت احتمالی این امر به اثر ضد تعرقی ناشی از محلول‌پاشی با اسید سالیسیلیک بر می‌گردد.

عملکرد: همان‌طور که جدول ۲ نشان می‌دهد اثر ساده سایه‌دهی، اسید سالیسیلیک و رقم و اثر متقابل سایه‌دهی × اسید سالیسیلیک، سایه‌دهی × رقم و اسید سالیسیلیک × رقم از نظر آماری معنی‌دار بود. بیش‌ترین عملکرد در گیاهان در معرض نور کامل و تیمارشده با اسید سالیسیلیک و در رقم سوپربتا و کم‌ترین عملکرد در گیاهان رشد کرده در سایه‌دهی ۵۰ درصد و تیمار بدون اسید سالیسیلیک و در رقم سوپر ٦۱۰۸ به‌دست آمد (جدول‌های ۵ و ٦). تأثیر مثبت و منفی سایه‌دهی بر عملکرد محصول بستگی به گونه گیاهی و شدت سایه‌دهی دارد (۳۵). نتایج پژوهش حاضر با یافته‌های لوپزمارین و همکاران (۲٤) همسو بود که گزارش کردند عملکرد کل در فلفل دلمه‌ای در شرایط بدون سایه‌دهی ۳/۷ کیلوگرم در گیاه و در شرایط سایه‌دهی ۳/٤۲ کیلوگرم در گیاه بود. جنت (۱۵) با مطالعه روی تأثیر شدت و طول مدت سایه‌دهی بر عملکرد گوجه‌فرنگی گلخانه‌ای گزارش کردند که عملکرد کل میوه با افزایش شدت سایه‌دهی به‌طور خطی کاهش می‌یابد. در این پژوهش کاهش عملکرد در سایه‌دهی ۵۰ و ۲۵ درصد بیش‌تر از حد انتظار بود دلیل این امر ممکن است ناشی از

طول مدت سایه‌دهی و زمان اعمال سایه‌دهی باشد. طول دوره سایه‌دهی در این آزمایش ٦٠ روز بود که سایه‌دهی ۵۰ روز و بیش‌تر باعث کاهش نسبتاً زیاد تولید میوه می‌شود، هم‌چنین زمانی که سایه‌دهی در مرحله رشد رویشی یا اوایل تشکیل میوه اعمال گردد تولید میوه بیش‌تر از سایه‌دهی در مرحله رشد میوه تحت‌تأثیر قرار می‌گیرد. دلیل این امر آن است که گوجه‌فرنگی در مرحله رشد رویشی ذخیره کربوهیدرات خود را در ساقه و برگ‌ها انباشته می‌کند و از آن برای تقویت رشد میوه استفاده می‌کند. رقم سوپربتا به‌خاطر داشتن میوه‌های درشت‌تر در مقایسه با رقم سوپر٦١٠٨ از عملکرد بالاتری برخوردار بودند. افزایش عملکرد ناشی از سایه‌دهی و اسید سالیسیلیک ممکن است ناشی از افزایش تعداد برگ، غلظت کلروفیل برگ، وزن تر ساقه و طول میان‌گره کوتاه باشد. سایه‌دهی شدت فتوسنتز، میزان کربوهیدرات، انتقال مواد فتوسنتزی از اندام‌های رویشی به میوه‌ها و جوانه‌های گل و ماده خشک گیاه را در محصولات میوه‌ای مختلف کاهش می‌دهد (٣٤ و ١٩).

نتیجه‌گیری کلی

براساس نتایج آزمایش، گوجه‌فرنگی در شدت نور کامل طول کل گیاه، سطح برگ، تعداد برگ، غلظت کلروفیل و وزن تر و خشک برگ و ساقه و عملکرد بیش‌تری نسبت به سایه‌دهی ۲۵ و ۵۰ درصد در هر دو رقم سوپربتا و سوپر ٦١٠٨ داشتند اما طول میان‌گره و هدایت روزنه‌ای برگ با افزایش شدت سایه‌دهی افزایش یافت. کاربرد اسید سالیسیلیک به‌صورت محلول‌پاشی در بیش‌تر صفات اندازه‌گیری شده، رشد و عملکرد گوجه‌فرنگی را تحت شرایط شدت نور بالا و سایه‌اندازی بهبود بخشید. براساس نتایج گوجه‌فرنگی به سایه‌دهی حساس بوده و در مناطق با شدت نور کم‌تر از ۵۰۰ میکرومول بر مترمربع بر ثانیه، عملکرد ان اقتصادی نخواهد بود. در این آزمایش استفاده از اسید سالیسیلیک به‌عنوان تعدیل‌کننده تنش تأثیر معنی‌داری در کاهش اثرات منفی سایه‌دهی و شدت نور بالا داشت. همچنین رقم سوپربتا نسبت به رقم سوپر٦١٠٨ رشد و عملکرد بهتری داشت.

منابع

1. Akhter, N., Rahman, M.M., Hasanuzzaman, M. and Nahar, K. 2009. Dry matter partitioning in garden pea (*Pisum sativum* L.) as influenced by different light levels. Afr. J. Plant Sci. 2: 4. 233-236.
2. Azarmi, R., Tabatabaei, S.J. and Chaparzadeh, N. 2018. Interactive effects of Mg and shading on the yield, physiology and antioxidant activity in cucumber grown in hydroponics. J. Plant Proc. Func. 22: 6. 63-71.
3. Barradas, V.L., Nicolas, E., Torrecillas, A. and Alarcon, J.J. 2005. Transpiration and canopy conductance in young apricot (*Prunus armenica* L.) trees subjected to different PAR levels and water stress. Agric. Water Manage. 77: 1-3. 323-333.
4. Bell, G.E., Danneberger, T.K. and Mc Mahon, M.J. 2000. Spectral irradiance available for turfgrass growth in sun and shade. Crop Sci. 40: 189-195.
5. Borsani, O., Valpuesta, V. and Botella, A.M. 2001. Evidence for a role of salicylic acid in the oxidative damage generated by NaCl and osmotic stress in Arabidopsis seedlings. Plant Physiol. 126: 1024-1030.
6. Brand, M.H. 1997. Shade influences plant growth, leaf color, and chlorophyll content of *Kalmia latifolia* L. cultivars. Hort. Sci. 32: 2. 206-208.
7. Casal, J.J. 2013. Photoreceptor signaling networks in plant responses to shade. Plant Biol. 64: 403-427.

8.Casal, J.J. 2012. Shade avoidance. Arabidopsis Book, e0157.
9.Cohen, S., Moreshet, S., Guillou, L.L., Simon, J.C. and Cohen, M. 1997. Response of citrus trees to modified radiation regime in semi- arid conditions. J. Exp. Bot. 48: 35-44.
10.Dong, C., Fu, Y., Liu, G. and Liu, H. 2014. Low light intensity effects on the growth, photosynthetic characteristics, antioxidant capacity, yield and quality of wheat (*Triticum aestivum* L.) at different growth stages in BLSS. Adv. Space Res. 53: 1557-1566.
11.Elizabeth, A. and Munn-Bosch, S. 2008. Salicylic acid may be involved in the regulation of drought –induced leaf senescence in perennials: A case study in field-grown *Salvia officinalis* L. plants. Environ. Exp. 64: 105-112.
12.FAO STAT, 2015. Available online: http://*faostat.fao.org* (accessed on 20 November 2015).
13.Fletcher, J.M., Tatsiopoulou, A., Mpezamihigo, M., Carew, J.G., Henbest, R.G.C. and Battery, P. 2005. Far red light filtering by plastic film, greenhouse-cladding materials: effects on growth and flowering in petunia and impatient. J. Hort. Sci. Biotech. 80: 303-306.
14.Franklin, K.A. 2008. Shade avoidance. New Phytol. 179: 930-944.
15.Gent, M.P.N. 2007. Effect of degree and duration of shade on quality of greenhouse tomato. Hort. Sci. 42: 514-520.
16.Gommers, C.M., Visser, E.J., Onge, K.R., Voesenek, L.A. and Pierik, R. 2013. Shade tolerance: when growing tall is not an option. Trends Plant Sci. 18: 65-71.
17.Gong, W.Z., Jiang, D., Wu, Y.S., Chen, H.W., Liu, Y.W. and Yang, Y. 2015. Tolerance vs. avoidance: two strategies of soybean (*Glycine max*) seedlings in response to shade in intercropping. Phot. 53: 259-268.
18.Grant, J.A. and Ryugo, K. 1984. Influence of within canopy shading on net photosynthesis rate, stomatal conductance and chlorophyll content of kiwifruit leaves. Hort. Sci. 19: 834-836.
19.Hatamian, M., Arab, M. and Rouzban, M. 2016. Study of stomatal behavior of two varieties of rose in different light intensities. J. Crop Imp. 17: 1. 1-11. (In Persian)
20.Helyes, L., Dimeny, J., Pek, Z. and Lugasi, A. 2006. Effect of maturity stage on content, color and quality of tomato (*Lycopersicon lycopersicum* (L.) Karsten) fruit. Int. J. Hort. Sci. 12: 1. 41-44.
21.Horvath, E., Zsalai, G. and Janda, T. 2007. Induction of Abiotic Stress Tolerance by Salicylic Acid Signaling. J. Plant Grow Reg. 26: 290-300.
22.Johnson, G.R. and Cartwright, C. 2005. Genotype seed mass and shade tolerance in seedlings of nine boreal tree species grown in high and low light. Func. Ecol. 12: 327-338.
23.Kurepin, L.V., Walton, L.J., Reid, D.M. and Chinnappa, C.C. 2010. Light regulation of endogenous salicylic acid levels in hypocotyls of *Helianthus annuus* seedlings. Botany. 88: 7. 668-674.
24.Lopez-Marin, J., Galvez, A., Gonzalez, A., Egea-Gilabert, C. and Fernandez, J. 2012. Effect of shade on yield, quality and photosynthesis-related parameters of sweet pepper plants. Acta Hort. 956: 545-552.
25.Maddah, S.M., Fallahian, F., Sabaghpour, S.H. and Chalabian, F. 2006. Effect of salicylic acid on yield and yield components and anatomical structure of Cicer (*Cicer arietinum* L.). J. Sci. 62: 1. 62-70. (In Persian)
26.Mardani, H., Bayat, H. and Azizi, M. 2011. Effect of salicylic acid spray on morphological and physiological characteristics of cucumber (*Cucumis sativus* cv. Super Dominus) seedlings under drought stress conditions. Iran. J. Field Crop Res. 25: 3. 320-326. (In Persian)
27.Marschner, P. (ed) 2012. Marschner mineral nutrition of higher plants (Third Edition). Elesevier Ltd.
28.Moller, M. and Assouline, S. 2007. Effects of a shading screen on microclimate and crop water requirements. Irrig. Sci. 25: 171-181.

29. Nagasuga, K. and Kubota, F. 2008. Effects of shading on hydraulic resistance and morphological traits of internode and node of Napier grass (*Pennisetum purpureum* Schumach.). Plant Pro. Sci. 11: 3. 352-354.
30. Nasrollah-Zadeh, S., Ghassemi-Golezani, K. and Raey, Y. 2011. Evaluation of the relationship of shading with growth and grain yield of faba bean. J. Agric. Sci. Sust. Sci. 21: 3. 75-87. (In Persian)
31. Razmi, N., Ebadi, A., Daneshian, J. and Jahanbakhsh, S. 2017. Salicylic acid induced changes on antioxidant capacity, pigments and grain yield of soybean genotypes in water deficit condition. J. Plant Interact. 12: 2. 457-464.
32. Rivas-San Vicente, M. and Plasencia, J. 2011. Salicylic acid beyond defense: its role in plant growth and development. J. Exper. Bot. 62: 10. 3321-3338.
33. Stanton, K.M., Weeks, S.S., Dana, M.N. and Mickelbart, M.V. 2010. Light exposure and shade effects on growth, flowering, and leaf morphology of *Spiraea alba* Du Roi and *Spiraea tomentosa* L. Hort. Sci. 45: 12. 1912-1916.
34. Tabatabaei, S.J., Yusefi, M. and Hajiloo, J. 2008. Effects of shading and NO_3:NH_4 ratio on the yield, quality and N metabolism in strawberry. Sci. Hort. 116: 264-272.
35. Taiz, L. and Zieger, E. 2010. Plant Physiology, 5th Edition. Sinauer Associates, Sunderland, MA.
36. Vafabakhsh, J., Nassiri Mahallati, M. and Koocheki, A. 2008. Effects of drought stress on radiation use efficiency and yield of winter Canola (*Brassica napus* L.) Iran. Field Crop Res. 6: 193-208. (In Persian)
37. Valladares, F. and Niinemets, U. 2008. Shade tolerance, a key plant feature of complex nature and consequences. Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst. 39: 237-257.