# مطالعه اثر شدت نور و آسکوربیک اسید بر برخی ویژگی‌های ریخت شناسی و فیزیولوژیکی آهار (*Zinnia elegans* L.)

**مهری مهدوی‌فرد، عبدالحسین رضایی‌نژاد[1*] و صادق موسوی‌فرد**

**ایران، خرم‌آباد، دانشگاه لرستان، دانشکده کشاورزی، گروه علوم باغبانی**

تاریخ دریافت: ۹۶/۱۲/۲۳ تاریخ پذیرش: ۹۷/۶/۱۹

## چکیده

هدف از این پژوهش بررسی برهم کنش شدت‌های مختلف نور و آسکوربیک اسید بر رشد و گلدهی گل آهار می‌باشد. آزمایش به‌صورت کرت خرده شده در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار انجام شد. شدت نور با سه سطح ۱۸۰۰، ۱۲۰۰ و ۶۰۰ میکرومول بر مترمربع بر ثانیه به‌عنوان عامل اصلی و محلول‌پاشی هفتگی آسکوربیک اسید در سه غلظت صفر، ۱، ۲ میلی‌مولار، به‌عنوان عامل فرعی در نظر گرفته شد. نتایج نشان داد که با کاهش شدت نور ارتفاع گیاه، سطح برگ، سطح مخصوص برگ و قطر گل افزایش و طول و حجم ریشه، وزن تر و خشک برگ، ساقه و ریشه، قطر ساقه، تعداد برگ، نشت الکترولیت و مالون‌دی آلدئید کاهش یافتند. وزن تر و خشک و قطر گل در شدت نور ۱۲۰۰ نسبت به شدت نور ۶۰۰ و ۱۸۰۰ نتایج مطلوب‌تری نشان داد. همچنین با کاهش شدت نور تاریخ ظهور و باز شدن غنچه و تاریخ باز شدن کامل گل به تأخیر افتاده ولی عمر گل افزایش یافته است. علاوه بر این نتایج نشان داد که آسکوربیک اسید باعث افزایش ارتفاع گیاه، طول میانگره، قطر ساقه، تعداد برگ، متوسط سطح برگ، طول ریشه، حجم ریشه، وزن تر و خشک برگ و ساقه، وزن خشک ریشه، قطر و تاریخ باز شدن کامل گل شد. به‌طورکلی نتایج نشان داد آهار در شرایط نور کامل (۱۸۰۰ میکرومول بر مترمربع بر ثانیه) رشد مناسبی داشت اما رشد و کیفیت گلدهی آن در شرایط ۱۲۰۰ بیشتر بود. بنابراین امکان کاشت این گیاه در شرایط نیم‌سایه نیز وجود دارد.

**واژه‌های کلیدی**: تنش اکسیداتیو، رشد و گلدهی، سایه‌دهی

* نویسنده مسئول، تلفن: ۰۶۶۳۳۴۳۱۹۱۴، پست الکترونیکی: rezaeinejad.h@lu.ac.ir

## مقدمه

گل آهار (*Zinnia* spp) یکی از گیاهان خانواده Asteraceae با گل‌های رنگارنگ و بومی مکزیک است (۱۹). آهار ازجمله گل‌های تابستانه می‌باشد که در حاشیه‌کاری، باغچه و به‌عنوان گل بریدنی استفاده می‌شود (۳). همچنین این گل به دلیل طول دوره گلدهی طولانی که از اواخر بهار تا اواسط پاییز ادامه دارد و نیز تحمل آن به خشکی و گرمای زیاد، از ارزش بالایی در فضای سبز برخوردار است (۱). گونه *Z. elegans* گسترده‌ترین سطح کشت در دنیا را بین گونه‌های *Zinnia* دارد و به دلیل بزرگی گل و ظاهر جذاب و همچنین تنوع در رنگ و شکل گلبرگ‌ها مورد توجه واقع شده است (۲۹).

اقلیم، خاک و آب به‌عنوان سه عامل مهم برای رشد گیاهان مطرح شده‌اند. تغذیه خاک و آب به‌طور نسبی از طریق کود دهی و آبیاری به‌راحتی قابل کنترل می‌باشد اما نور عامل بسیار مهم اقلیمی بوده که کنترل آن بسیار مشکل است (۱۸). تأثیر نور روی رشد، گلدهی و کیفیت محصول به‌خوبی شناخته شده است. کاهش درصد مشخصی از نور، تقریباً به‌طور یکسان فتوسنتز کل گیاه را کاهش می‌دهد (۱۹). نور با تأثیر بر فرایند فتوسنتز رشد و نمو گیاهان را

تحت تأثیر قرار می‌دهد. در هر زیستگاه، شدت نور بسته به زمان و مکان متفاوت است، در این شرایط گیاهان در برابر شدت‌های مختلف نور سازگاری خود را افزایش می‌دهند (۴۵). رشد مطلوب گیاه نیازمند یک شدت نور مناسب است. نور بیش از اندازه یا شدت کم آن، فتوسنتز گیاه را کاهش می‌دهد (۱۸). نتایج نشان می‌دهد گیاهانی که برای مدت طولانی در شرایط سایه قرار می‌گیرند نرخ فتوسنتزی پایینی دارند اما عملکرد آن‌ها در شدت نور کم مناسب است. گیاهانی که در زیستگاه بومی خود تحت شدت نور زیاد قرار دارند از حداکثر ظرفیت فتوسنتزی برخوردار هستند اما نرخ فتوسنتز خالص آن‌ها نسبت به گیاهان سایه‌پسندی که در شدت نور کم هستند پایین‌تر است (۱۳). سایه‌دهی می‌تواند منجر به کاهش میزان گلدهی شود (۱۱). تغییر نور نه تنها روی ویژگی‌های ریخت شناسی، فیزیولوژیک و تشریح گیاه مؤثراست، بلکه تأثیر مهمی هم بر تولید دارد (۱۸). گلدهی زودهنگام گیاهان تحت شدت نور کم، مشابه پاسخ گیاهان سایه‌پسندی است که در سایه گیاهان مجاورشان رشد کرده‌اند. از دست دادن رنگ و رشد سریع طولی ساقه پاسخ مهم فنوتیپی در برابر شدت نور کم است (۲۸). در پژوهشی با هدف تأثیر شدت نور بر ویژگی‌های زایشی و رویشی رز رقم باکارا (Baccara)، نتایج نشان داد نور مطلوب، عملکرد گل را بهبود می‌بخشد و ضمن کاهش تعداد شاخه کور، گلدهی را تسریع می‌کند (۳۱). نتایج Zhao و همکاران (۲۰۱۲) حاکی از آن است که صفات ریخت شناسی گل صدتومانی ( *Paeonia lactiflora* Pall) شامل ارتفاع گیاه، تعداد برگ، قطر ساقه، تعداد شاخه جانبی و تعداد گره در گیاهان رشد یافته در شرایط نوری بهتر از حالت سایه بود (۴۶). نتایج مطالعه حاتمیان و همکاران (۱۳۹۳) روی دو رقم رز 'ردوان'و 'گلمیرا' نشان داد که ویژگی‌های مرتبط با رشد و نمو مانند تعداد ساقه گل‌دهنده، تعداد شاخساره جانبی، طول ساقه گل‌دهنده و قطر گل در هر دو رقم در تیمار ۵۲۰ میکرومول بر مترمربع بر ثانیه بیشترین مقدار بود. وزن تر و خشک ساقه و برگ نیز با افزایش سایه‌دهی در تیمار ۲۴۰ میکرومول بر مترمربع بر ثانیه افزایش یافت (۲).

گیاهان از دو سازوکار در میتوکندری برای محافظت در برابر نور زیاد استفاده می‌کنند. یکی افزایش ظرفیت تولید آسکوربیک اسید همراه با افزایش میزان تنفس و دیگری بالا بردن ظرفیت اکسیدازهای جایگزین جهت مقابله با اکسیداسیون‌های غیرقابل کنترل مربوط به افزایش نور می‌باشد (۸). گزارش‌های دیگری نیز در خصوص کنترل بیوسنتز آسکوربیک اسید توسط نور و تنفس بیان شده است (۹). میزان و ظرفیت سنتز آسکوربیک اسید در برگ‌های اسفناج در معرض نور پایین بیشتر از برگ‌های قرار گرفته در تاریکی بود (۴۲).

آسکوربیک اسید یک ترکیب آنتی‌اکسیدان قوی با وزن مولکولی کم و محلول در آب است (۴۰). افزایش سطح آسکوربیک اسید سلولی، می‌تواند سبب کاهش گونه‌های اکسیژن فعال حاصل از تنش شود. به‌علاوه در خنثی کردن رادیکال‌های سوپراکسید، اکسید منفرد یا سوپراکسید به‌طور مستقیم به‌عنوان یک آنتی‌اکسیدان ثانویه نقش ایفا می‌کند (۳۱). گزارش‌های متعددی مبنی بر اثر مثبت آسکوربیک اسید بر جنبه‌های مختلف فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گیاهان مختلف وجود دارد. ازجمله می‌توان به تأثیر آن در افزایش مؤلفه‌های رشد، بر روی آرابیدوپسیس اشاره کرد (۲۴). Pignocchi و Foyer (2003) مشخص نمودند که آسکوربیک اسید مجموعه‌ای از نقش‌ها را در رشد گیاهان مانند تقسیم و بزرگ شدن سلول، توسعه دیواره سلولی و دیگر فرآیندهای نموی بازی می‌کند (۳۴). آهار به‌عنوان یک گیاه زینتی فصلی به‌طور گسترده در فضای سبز شهری در مناطق نورگیر و همین طور در حاشیه بلوارها و باغ‌ها و در سطح سایه‌انداز درختان کشت می‌شود. با اینکه در منابع مختلفی بیان شده که آهار گیاه نورپسندی است (۱ و ۳) اما میزان نیاز نوری این گیاه مشخص نشده است. لذا این تحقیق با هدف بررسی اثر شدت‌های مختلف نور بر

ویژگی‌های کمی و کیفی گل آهار و کاربرد آسکوربیک اسید در کاهش اثرات احتمالی تنش نوری انجام شد.

## مواد و روشها

این آزمایش در طی زمستان ۹۵ و بهار ۹۶ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه لرستان واقع در شهر خرم‌آباد صورت گرفت. بذر گل آهار در ۲۳ اسفندماه سال ۹۵ در محیط کشت شامل خاک (لومی رسی)، ماسه و کود دامی پوسیده به نسبت مساوی در گلدان پلاستیکی ۱۸×۱۸ سانتی‌متری (۲/۵ کیلوگرمی) کشت شد. با در نظر گرفتن ظرفیت زراعی خاک، طی یک ماه اول کشت، آبیاری به‌صورت دو روز یک بار و در ماه‌های بعدی روزانه صورت گرفت. آزمایش به‌صورت اسپلیت پلات در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی در سه تکرار انجام شد. این آزمایش شامل سه سطح شدت نور (۱۸۰۰، ۱۲۰۰ و ۶۰۰ میکرومول بر مترمربع بر ثانیه) به‌عنوان عامل اصلی و سه غلظت آسکوربیک اسید (صفر، ۱، ۲ میلی مولار)، به‌عنوان عامل فرعی در نظر گرفته شد. بنابراین در این آزمایش نه ترکیب تیماری با سه تکرار و سه گلدان در هر تکرار که در کل ۸۱ گلدان (یک گیاه در هر گلدان) در نظر گرفته شد. منبع شدت نور، نور خورشید بود و آزمایش در فضای آزاد انجام شد. تیمار شدت نور ۱۸۰۰ میکرومول بر مترمربع بر ثانیه در نور کامل (بدون استفاده از ساران به‌عنوان شاهد)، تیمار ۱۲۰۰ با پوشش ساران (سایبان) سبزرنگ یک لایه و تیمار ۶۰۰ میکرومول بر مترمربع بر ثانیه با پوشش ساران سبزرنگ دولایه اجرا شد. پوشش ساران بر سازه‌های فلزی با ارتفاع یک متر نصب شد. شدت نور با استفاده از دستگاه نورسنج (Photometer) در طول دوره‌ی آزمایش اندازه‌گیری شد. سایه‌دهی از زمان ظهور دو برگ حقیقی (سه هفته بعد از کاشت) تا انتهای آزمایش (تقریباً سه ماه) و در تمام مدت شبانه روز اعمال گردید. محلول‌پاشی اسید آسکوربیک نیز به‌طور هم‌زمان با شروع اعمال تیمار شدت نور و با فواصل زمانی هر هفت روز یک‌بار روی برگ‌های گیاه تا انتهای آزمایش (۸ بار) اسپری شد. در زمان گل‌دهی اندازه‌گیری صفات انجام شد.

ویژگی‌های مورد بررسی شامل ارتفاع گیاه، طول میانگره، قطر ساقه، تعداد برگ، سطح برگ، سطح برگ مخصوص، طول و حجم ریشه، قطر گل، تاریخ ظهور و باز شدن غنچه، تاریخ باز شدن گل، عمر گل، وزن تر و خشک برگ، ساقه، ریشه و گل، محتوای نسبی آب، نشت الکترولیت و مالون‌دی آلدئید بود.

ارتفاع گیاه، طول میانگره و ریشه از محل طوقه با استفاده از خط‌کش و برحسب سانتی‌متر، قطر ساقه (بین گروه اول و دوم) و گل توسط کولیس دیجیتالی و برحسب میلی‌متر، حجم ریشه از طریق اختلاف حجم ایجاد شده پس از قرارگیری ریشه در حجم مشخص آب بر اساس قانون ارشمیدوس برحسب سانتی‌متر مکعب محاسبه شد. همچنین برای اندازه‌گیری سطح برگ گیاه، یک برگ از گره سوم هر بوته را از گیاه جدا کرده و توسط دستگاه سطح برگ سنج مدل (دلتا- تی- اسکن) اندازه‌گیری شد. از همین برگ نیز برای اندازه‌گیری سطح مخصوص برگ (SLA) استفاده شد. روش کار به این صورت بود که برگ در آون با دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت خشک شد سپس آن را با ترازوی با دقت ۰/۰۰۱ وزن گردید. در نهایت سطح مخصوص برگ از رابطه (۱) محاسبه گردید:

$$SLA = LA / LW$$ رابطه (۱)

LA: سطح برگ

LW: وزن خشک برگ

تاریخ ظهور و باز شدن غنچه و تاریخ باز شدن کامل گل از طریق محاسبه فاصله زمانی از زمان کشت بذر تا مرحله غنچه‌دهی و باز شدن غنچه و باز شدن کامل گل برحسب روز محاسبه شد. عمر گل نیز از زمان باز شدن کامل گل تا زمان پژمردگی گل محاسبه گردید.

وزن‌تر برگ، ساقه، ریشه و گل به‌وسیله ترازوی دیجیتال به‌دقت اندازه‌گیری شد. سپس گیاهان در آون به مدت ۴۸ ساعت با دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد خشک گردید و وزن خشک اندام هوایی اندازه‌گیری شد.

جهت اندازه‌گیری محتوای نسبی آب برگ طبق روش Ritchie و Hanson (1990) از برگ‌های جوان توسعه‌یافته، نمونه‌ای انتخاب و بعد از اندازه‌گیری وزن‌تر (FW)، نمونه به مدت ۲۴ ساعت در آب مقطر غوطه‌ور شد (۳۸). سپس وزن تورژسانس (TW) آن اندازه‌گیری و جهت اندازه‌گیری وزن خشک (DW)، نمونه به مدت ۴۸ ساعت در آون و در دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد. درنهایت محتوای نسبی آب برگ از طریق رابطه (۲) محاسبه گردید:

رابطه (۲) $RWC (\%) = (FW- DW/ TW- DW) \times 100$

برای اندازه‌گیری نشت الکترولیت برگ‌ها بر اساس روش Lutts و همکاران (۱۹۹۶)، از برگ‌های جوان کاملاً توسعه‌یافته، نمونه‌برداری شد (۳۱). نمونه‌های برگی در ابعاد یک سانتی‌مترمربع تهیه و در داخل لوله‌های شیشه‌ای درپوش‌دار حاوی ۱۰ میلی‌لیتر آب مقطر، به‌مدت ۲۴ ساعت در دمای اتاق (۲۵ درجه سانتی‌گراد) قرار گرفتند. بعد از آن هدایت الکتریکی اولیه (EC1) توسط EC متر اندازه‌گیری شد. در مرحله بعد نمونه‌ها در اتوکلاو در دمای ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۲۰ دقیقه قرار گرفته و سپس هدایت الکتریکی ثانویه (EC2) اندازه‌گیری شد. درنهایت درصد نشت الکترولیت برگ از طریق رابطه (۳) محاسبه شد.

رابطه (۳) $EL (\%) = (E1/E2)\times100$

میزان مالون‌دی آلدئید طبق روش Buege و Aust (1978) اندازه‌گیری شد (۱۳). در این روش ۰/۵ گرم از بافت تازه برگ حاوی پنج میلی‌لیتر محلول تری کلرواستیک اسید ۲۰ درصد و ۰/۵ درصد تیوباربیتوریک اسید آسیاب شده و عصاره به‌دست آمده سانتریفوژ شد. محلول رویی در حمام آب گرم گذاشته شده و پس از کاهش فوری دمای آن با یخ خردشده، دوباره سانتریفوژ شد. برای حذف اثر ترکیبات اضافی، جذب نمونه‌ها در طول موج ۶۰۰ نانومتر (A۶۰۰) قرائت شده و از مقدار جذب آن‌ها در طول موج ۵۳۲ نانومتر (A۵۳۲) کم گردید. در نهایت میزان مالون‌دی آلدئید از رابطه (۴) محاسبه شد:

رابطه (۴)

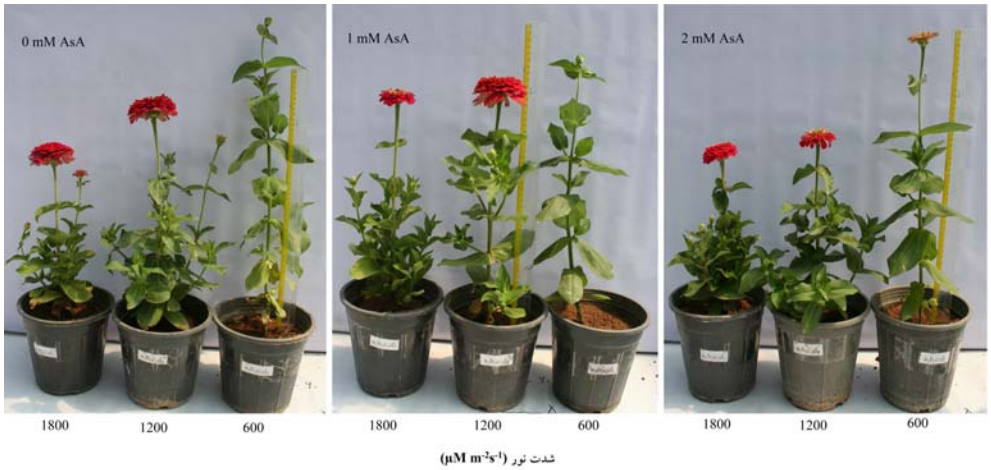
$MDA (\mu mol\ g\ FW^{-1}) =[(A532–A600)/155.5] \times 1000$

برای تجزیه آماری از نرم‌افزارهای SAS (Version 9.4) و Excel استفاده شد. مقایسه میانگین صفات با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

## نتایج

**ارتفاع گیاه، طول میانگره و قطر ساقه:** نتایج تجزیه واریانس ویژگی‌های ارتفاع گیاه و طول میانگره نشان داد که تأثیر شدت نور، آسکوربیک اسید و اثر متقابل شدت نور و آسکوربیک اسید بر ویژگی‌های مورد مطالعه تأثیر معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد داشت. مقایسه میانگین اثرات متقابل نشان داد که در سطح صفر میلی‌مولار آسکوربیک اسید با کاهش شدت نور ارتفاع و طول میانگره افزایش می‌یابد که این تغییرات در ویژگی‌های ذکر شده با توجه به میزان غلظت محلول‌پاشی آسکوربیک اسید متفاوت بود (شکل ۱). به‌طوری که غلظت ۱ میلی‌مولار آسکوربیک اسید عملکرد بهتری نسبت به غلظت ۲ میلی‌مولار داشت. بیشترین ارتفاع و طول میانگره در تیمار شدت نور ۶۰۰ میکرومول بر مترمربع بر ثانیه و غلظت ۱ میلی‌مولار آسکوربیک اسید و کمترین ارتفاع و طول میانگره در شدت نور ۱۸۰۰ میکرومول بر مترمربع بر ثانیه و سطح تیمار ۲ میلی‌مولار آسکوربیک اسید بود (جدول ۱). نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که تأثیر شدت نور و اثر متقابل شدت نور و آسکوربیک اسید بر قطر ساقه اختلاف معنی‌دار داشت ولی اثر آسکوربیک اسید بر این ویژگی معنی‌دار نشد. مقایسه میانگین اثرات متقابل

(جدول ۱) نشان داد که در سطح صفر میلی‌مولار آسکوربیک اسید در شدت نورهای بالاتر، قطر ساقه افزایش یافت. بیشترین قطر ساقه مربوط به شدت نور ۱۸۰۰ میکرومول بر مترمربع بر ثانیه و تیمار عدم محلول‌پاشی آسکوربیک اسید و کمترین قطر ساقه مربوط به شدت نور ۶۰۰ میکرومول بر مترمربع بر ثانیه و محلول‌پاشی آسکوربیک اسید با غلظت یک میلی‌مولار بود.




شکل ۱- مقایسه ارتفاع گل آهار در شدت نور و غلظت های مختلف آسکوربیک اسید. در زیر هر گلدان شدت نور و در بالای هر شکل غلظت آسکوربیک اسید بکار برده شده آمده است.

جدول ۱- مقایسه میانگین اثر متقابل شدت نور و آسکوربیک اسید بر خصوصیات ریخت شناسی آهار

| شدت نور ($\mu M\ m^{-2}s^{-1}$) | آسکوربیک اسید (mM) | ارتفاع گیاه (cm) | قطر ساقه (mm) | طول میانگره (cm) | تعداد برگ | متوسط سطح برگ ($cm^2$) | طول ریشه (cm) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ۰ | ۳۳/۳۵$^{d}$ | ۸/۲۴$^{a}$ | ۴/۰۸$^{d}$ | ۷۹/۳۳$^{a}$ | ۳۲/۶۳$^{f}$ | ۲۹/۸۳$^{ab}$ |
| ۱۸۰۰ | ۱ | ۳۷/۱۰$^{c}$ | ۷/۶۵$^{ab}$ | ۴/۷۴$^{c}$ | ۶۲/۵۰$^{d}$ | ۳۴/۷۶$^{f}$ | ۸۳/۲۹$^{ab}$ |
| | ۲ | ۲۹/۹۹$^{e}$ | ۷/۸۷$^{ab}$ | ۳/۶۲$^{d}$ | ۸۱/۱۶$^{a}$ | ۳۱/۹۴$^{f}$ | ۳۰/۶۶$^{a}$ |
| | ۰ | ۳۶/۰۸$^{c}$ | ۷/۳۱$^{bc}$ | ۴/۷۴$^{c}$ | ۵۸/۲۷$^{e}$ | ۴۴/۸۷$^{cd}$ | ۲۴/۶۶$^{e}$ |
| ۱۲۰۰ | ۱ | ۳۷/۱۵$^{c}$ | ۷/۸۹$^{ab}$ | ۴/۷۷$^{c}$ | ۶۹/۸۳$^{c}$ | ۴۰/۰۶$^{e}$ | ۳۰/۲۰$^{ab}$ |
| | ۲ | ۳۶/۲۰$^{c}$ | ۷/۹۱$^{ab}$ | ۴/۶۲$^{c}$ | ۷۴/۵۲$^{b}$ | ۴۱/۳۵$^{de}$ | ۲۸/۱۶$^{bc}$ |
| | ۰ | ۴۶/۵۰$^{b}$ | ۶/۸۰$^{cd}$ | ۵/۸۶$^{b}$ | ۴۹/۶۶$^{f}$ | ۶۲/۶۳$^{a}$ | ۲۶/۱۶$^{cde}$ |
| ۶۰۰ | ۱ | ۵۱/۴۲$^{a}$ | ۶/۲۹$^{d}$ | ۶/۶۱$^{a}$ | ۴۰/۷۵$^{g}$ | ۵۴/۰۶$^{b}$ | ۲۷/۳۳$^{cd}$ |
| | ۲ | ۳۲/۹۱$^{d}$ | ۷/۴۴$^{bc}$ | ۴/۰۱$^{d}$ | ۴۱/۱۶$^{g}$ | ۴۸/۲۴$^{c}$ | ۲۵/۵۰$^{de}$ |
| ضریب | | ۲/۹۳ | ۴/۸۳ | ۵/۵۴ | ۳/۷۷ | ۵/۶۴ | ۴/۲۷ |

میانگین‌های دارای حرف مشترک در هر ستون بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد دارای اختلاف معنی‌داری نمی‌باشند.

**تعداد برگ، سطح برگ و سطح برگ مخصوص:** نتایج حاصل تجزیه واریانس ویژگی‌های تعداد برگ و سطح برگ نشان داد که تأثیر شدت نور، آسکوربیک اسید و اثر متقابل شدت نور و آسکوربیک اسید از نظر این دو ویژگی اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد وجود داشت. مقایسه میانگین اثرات متقابل شدت نور و آسکوربیک اسید نشان داد که تعداد برگ در شدت نور ۱۲۰۰ میکرومول بر مترمربع بر ثانیه با اعمال محلول‌پاشی آسکوربیک اسید افزایش یافت و غلظت ۲ میلی‌مولار عملکرد بهتری نسبت به ۱ میلی‌مولار داشت. در تیمار شدت نور ۶۰۰ میکرومول بر مترمربع بر ثانیه محلول‌پاشی آسکوربیک اسید موجب کاهش تعداد برگ شد که بین غلظت‌های آسکوربیک اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. در شدت نور ۱۸۰۰ میکرومول بر مترمربع بر ثانیه غلظت ۱

میلی‌مولار آسکوربیک اسید موجب کاهش تعداد برگ شد (جدول ۱). به عبارتی با کاهش شدت نور در سطح صفر میلی‌مولار آسکوربیک اسید از تعداد برگ نیز کاسته شده است. مقایسه میانگین اثر متقابل شدت نور و آسکوربیک اسید (جدول ۱) نشان داد که بیشترین سطح برگ (۶۲/۶۳) مربوط به شدت نور ۶۰۰ میکرومول بر مترمربع بر ثانیه و عدم کاربرد آسکوربیک اسید و کمترین (۳۱/۹۴)، تیمار ۱۸۰۰ میکرومول بر مترمربع بر ثانیه و غلظت ۲ میلی‌مولار آسکوربیک اسید می‌باشد. در این آزمایش، همچنین اثر شدت نور بر ویژگی سطح مخصوص برگ در سطح آماری ۰/۰۱ معنی‌دار بود. این در حالی است که تأثیر آسکوربیک اسید و اثر متقابل شدت نور و آسکوربیک اسید بر این ویژگی معنی‌دار نشد. در مقایسه میانگین بیشترین سطح مخصوص برگ (۳۳۴/۱۲) در شدت نور ۶۰۰ میکرومول بر مترمربع بر ثانیه و کمترین (۱۶۶/۶۱) در شدت نور ۱۸۰۰ میکرومول بر مترمربع بر ثانیه مشاهده شد (جدول ۵).

**طول و حجم ریشه:** نتایج حاصل از تجزیه واریانس طول و حجم ریشه نشان داد که تأثیر شدت نور و آسکوربیک اسید بر این ویژگی‌های در سطح آماری ۰/۰۱ معنی‌دار بود. اثر متقابل شدت نور و آسکوربیک اسید بر طول ریشه، دارای اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد بود ولی بر حجم ریشه تأثیر معنی‌داری نداشت. مقایسه میانگین اثرات متقابل نشان داد که طول ریشه در شدت نور ۱۲۰۰ میکرومول بر مترمربع بر ثانیه با اعمال محلول‌پاشی آسکوربیک اسید افزایش یافت و در شدت نورهای ۶۰۰ و ۱۸۰۰ میکرومول بر مترمربع بر ثانیه محلول‌پاشی آسکوربیک اسید بر این ویژگی تأثیر معنی‌داری نداشت (جدول ۱). مقایسه میانگین نشان داد که در شدت نورهای بالاتر حجم ریشه نیز افزایش یافت و بیشترین حجم ریشه (۷۹/۴۴) در شدت نور ۱۸۰۰ میکرومول بر مترمربع بر ثانیه و کمترین (۱۶/۵۵) در شدت نور ۶۰۰ میکرومول بر مترمربع بر ثانیه مشاهده شد (جدول ۵). مقایسه میانگین اثر آسکوربیک اسید نشان داد که بیشترین حجم ریشه مربوط به عدم کاربرد آسکوربیک اسید و کمترین حجم غلظت ۱ میلی‌مولار بود (جدول ۵).

**قطر گل، تاریخ ظهور و باز شدن غنچه، تاریخ باز شدن کامل گل و عمر گل:** نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر شدت نور، آسکوربیک اسید و اثر متقابل شدت نور با آسکوربیک اسید از نظر ویژگی قطر گل در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. در شدت نورهای بالاتر در سطح صفر میلی‌مولار آسکوربیک اسید، قطر گل کاهش یافت. مقایسه میانگین اثرات متقابل (جدول ۲) نشان داد که در شدت نور ۱۲۰۰ میکرومول بر مترمربع بر ثانیه محلول‌پاشی آسکوربیک اسید تنها در سطح ۱ میلی‌مولار موجب افزایش قطر گل اما کاربرد آسکوربیک اسید در هر دو غلظت در تیمارهای شدت نور ۶۰۰ و ۱۸۰۰ میکرومول بر مترمربع بر ثانیه باعث کاهش قطر گل شد. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تأثیر مختلف شدت نور بر تاریخ ظهور و باز شدن غنچه در سطح احتمال یک درصد اختلاف معنی‌داری داشت اما تأثیر آسکوربیک اسید و اثر متقابل شدت نور و آسکوربیک اسید روی این ویژگی‌ها اختلاف معنی‌داری نشان نداد. شدت نور ۶۰۰ میکرومول بر مترمربع بر ثانیه با میانگین (۶۳/۰۴) بیشترین و شدت نور ۱۸۰۰ میکرومول بر مترمربع بر ثانیه با میانگین (۵۶/۶۳) کمترین روز ظهور غنچه را دارا بودند که نشان داد با کاهش شدت نور زمان ظهور غنچه گل به تأخیر افتاده است. در مقایسه میانگین بیشترین زمان باز شدن غنچه (۸۲/۹۴) در شدت نور ۶۰۰ میکرومول بر مترمربع بر ثانیه و کمترین آن (۷۲/۴۹) در شدت نور ۱۸۰۰ میکرومول بر مترمربع بر ثانیه مشاهده شد (جدول ۵). نتایج تجزیه واریانس تاریخ باز شدن کامل گل نشان داد که تأثیر شدت نور در سطح آماری ۰/۰۱ و اثر آسکوربیک اسید در سطح آماری ۰/۰۵ بر این ویژگی اختلاف معنی‌داری وجود داشت اما اثر متقابل شدت نور و آسکوربیک اسید بر روی این ویژگی اختلاف معنی‌داری نشان نداد. مقایسه میانگین (جدول ۵) نشان داد که کاهش

شدت نور باعث تأخیر در تاریخ باز شدن کامل گل شد. بیشترین تاریخ باز شدن کامل گل مرتبط با شدت نور ۶۰۰ میکرومول بر مترمربع بر ثانیه و کمترین مربوط به شدت نور ۱۸۰۰ میکرومول بر مترمربع بر ثانیه می‌باشد. نتایج تجزیه واریانس عمر گل نشان داد که تأثیر شدت نور و اثر متقابل شدت نور و آسکوربیک اسید در سطح آماری ۰/۰۱ معنی‌دار بود درحالی که اثر آسکوربیک اسید بر این ویژگی معنی‌دار نشد. مقایسه میانگین اثرات متقابل عمر گل نشان داد که بیشترین (۲۲/۳۳ روز) مربوط به شدت نور ۶۰۰ میکرومول بر مترمربع بر ثانیه و غلظت ۱ میلی‌مولار آسکوربیک اسید و کمترین (۱۵ روز) آن در تیمار ۱۲۰۰ میکرومول بر مترمربع بر ثانیه و محلول‌پاشی ۲ میلی‌مولار آسکوربیک اسید می‌باشد (جدول ۲).

**وزن تر و خشک برگ، ساقه و ریشه:** نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تمامی عوامل مورد مطالعه تأثیر معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد بر ویژگی وزن تر و خشک برگ و ساقه داشت. مقایسه میانگین نشان داد که در شدت نور ۱۲۰۰ میکرومول بر مترمربع بر ثانیه با محلول‌پاشی آسکوربیک اسید با غلظت ۲ میلی‌مولار وزن تر برگ افزایش یافت. درحالی که در شدت نورهای ۶۰۰ و ۱۸۰۰ میکرومول بر مترمربع بر ثانیه غلظت ۱ میلی‌مولار آسکوربیک اسید بر وزن تر برگ تأثیر معنی‌داری داشت و منجر به کاهش این ویژگی شد (جدول ۳).

جدول ۲- مقایسه میانگین اثر متقابل شدت نور و آسکوربیک اسید بر خصوصیات گل آهار

| شدت نور ($\mu M\ m^{-2}s^{-1}$) | آسکوربیک اسید (mM) | عمر گل (d) | قطر گل (mm) | وزن تر گل (g/plant) | وزن خشک گل (g/plant) |
|---|---|---|---|---|---|
| ۱۸۰۰ | ۰ | ۱۸/۰۰$^{bcd}$ | ۷۳/۴۸$^{c}$ | ۱۲/۱۰$^{bc}$ | ۱/۹۸$^{bc}$ |
| | ۱ | ۱۷/۰۰$^{cd}$ | ۷۰/۹۹$^{d}$ | ۱۹/۴۸$^{a}$ | ۳/۱۳$^{a}$ |
| | ۲ | ۲۰/۰۰$^{abc}$ | ۶۷/۴۱$^{e}$ | ۱۰/۷۱$^{cd}$ | ۱/۹۳$^{bc}$ |
| ۱۲۰۰ | ۰ | ۲۱/۰۰$^{ab}$ | ۷۵/۷۶$^{b}$ | ۱۴/۶۷$^{b}$ | ۲/۷۰$^{ab}$ |
| | ۱ | ۱۸/۳۳$^{bc}$ | ۷۸/۸۳$^{a}$ | ۱۲/۱۳$^{bc}$ | ۱/۹۴$^{bc}$ |
| | ۲ | ۱۵/۰۰$^{d}$ | ۷۴/۰۹$^{bc}$ | ۱۰/۶۸$^{cd}$ | ۱/۱۷$^{c}$ |
| ۶۰۰ | ۰ | ۱۹/۶۶$^{ab}$ | ۷۸/۳۹$^{a}$ | ۱۱/۲۱$^{c}$ | ۱/۶۵$^{c}$ |
| | ۱ | ۲۲/۳۳$^{a}$ | ۷۰/۹۵$^{d}$ | ۸/۰۷$^{d}$ | ۱/۳۴$^{c}$ |
| | ۲ | ۱۷/۳۳$^{cd}$ | ۷۴/۰۵$^{bc}$ | ۱۰/۵۲$^{cd}$ | ۱/۲۳$^{c}$ |
| ضریب تغییرات (٪) | | ۹/۶۸ | ۱/۶۵ | ۱۲/۶۵ | ۲۵/۹۹ |

میانگین‌های دارای حرف مشترک در هر ستون بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد دارای اختلاف معنی‌داری نمی‌باشند.

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر متقابل شدت نور و آسکوربیک اسید بر بیومس آهار

| شدت نور ($\mu M\ m^{-2}s^{-1}$) | آسکوربیک اسید (mM) | وزن تر برگ (g/plant) | وزن تر ساقه (g/plant) | وزن خشک برگ (g/plant) | وزن خشک ساقه (g/plant) |
|---|---|---|---|---|---|
| ۱۸۰۰ | ۰ | ۳۴/۱۸$^{b}$ | ۳۳/۹۸$^{a}$ | ۵/۲۴$^{b}$ | ۵/۷۳$^{a}$ |
| | ۱ | ۲۴/۳۵$^{ef}$ | ۲۷/۵۸$^{bc}$ | ۳/۷۴$^{d}$ | ۴/۲۹$^{cd}$ |
| | ۲ | ۳۲/۷۶$^{bc}$ | ۲۶/۶۳$^{bc}$ | ۴/۵۹$^{c}$ | ۴/۶۶$^{bc}$ |
| ۱۲۰۰ | ۰ | ۳۱/۷۷$^{bc}$ | ۲۸/۷۹$^{b}$ | ۵/۳۴$^{b}$ | ۵/۰۰۴$^{b}$ |
| | ۱ | ۳۳/۲۰$^{bc}$ | ۲۹/۳۷$^{b}$ | ۴/۹۶$^{bc}$ | ۴/۸۵$^{b}$ |
| | ۲ | ۴۱/۹۵$^{a}$ | ۲۵/۷۰$^{c}$ | ۶/۶۸$^{a}$ | ۴/۱۴$^{d}$ |
| ۶۰۰ | ۰ | ۲۷/۱۷$^{de}$ | ۲۵/۴۸$^{c}$ | ۳/۱۳$^{e}$ | ۱/۲۰$^{e}$ |
| | ۱ | ۲۳/۶۶$^{f}$ | ۱۸/۳۵$^{e}$ | ۲/۲۶$^{f}$ | ۱/۰۸$^{e}$ |
| | ۲ | ۲۹/۹۴$^{cd}$ | ۲۱/۳۰$^{d}$ | ۲/۵۳$^{f}$ | ۱/۳۳$^{e}$ |
| ضریب | | ۵/۹۶ | ۵/۹۱ | ۷/۵۹ | ۸/۰۲ |

میانگین‌های دارای حرف مشترک در هر ستون بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد دارای اختلاف معنی‌داری نمی‌باشند.

بیشترین مقدار وزن خشک برگ مرتبط با شدت نور ۱۲۰۰ میکرومول بر مترمربع بر ثانیه و غلظت ۲ میلی‌مولار آسکوربیک اسید و کمترین اندازه در تیمار ۶۰۰ میکرومول بر مترمربع بر ثانیه و محلول‌پاشی آسکوربیک اسید ۱ میلی‌مولار می‌باشد (جدول ۳). در شدت نورهای بالاتر در سطح صفر میلی‌مولار آسکوربیک اسید وزن تر و خشک ساقه افزایش یافت. مقایسه میانگین اثرات متقابل (جدول ۳) نشان داد که بیشترین وزن تر و خشک ساقه مربوط به شدت نور ۱۸۰۰ میکرومول بر مترمربع بر ثانیه و عدم محلول‌پاشی آسکوربیک اسید و کمترین آن در تیمار ۶۰۰ میکرومول بر مترمربع بر ثانیه و غلظت ۱ میلی‌مولار آسکوربیک اسید است. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تأثیر شدت نور و آسکوربیک اسید بر وزن تر ریشه در سطح آماری یک درصد معنی‌دار شد. این در حالی است که اثر متقابل شدت نور و آسکوربیک بر این عامل معنی‌دار نبود. نتایج تجزیه واریانس ویژگی وزن خشک ریشه به‌جز تأثیر شدت نور، برای دیگر منابع تغییرات معنی‌دار نشد. در مقایسه میانگین اثر شدت نور بیشترین مقدار وزن تر و خشک ریشه در شدت نور ۱۸۰۰ میکرومول بر مترمربع بر ثانیه و کمترین در شدت نور ۶۰۰ میکرومول بر مترمربع بر ثانیه مشاهده شد که نشان می‌دهد با کاهش شدت نور از میزان وزن تر و خشک ریشه کاسته شده است (جدول ۵).

**وزن تر و خشک گل:** نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تأثیر شدت نور، آسکوربیک اسید و اثر متقابل شدت نور و آسکوربیک اسید بر وزن تر گل در سطح احتمال یک درصد اختلاف معنی‌داری وجود داشت. همچنین نتایج تجزیه واریانس وزن خشک گل نشان داد که تأثیر شدت نور در سطح آماری ۰/۰۱ و اثر آسکوربیک اسید و اثر متقابل شدت نور و آسکوربیک اسید بر وزن خشک گل در سطح آماری ۰/۰۵ اختلاف معنی‌داری داشت. مقایسه میانگین اثرات متقابل (جدول ۲) نشان داد که بیشترین وزن تر گل (۱۹/۴۸) مربوط به شدت نور ۱۸۰۰ میکرومول بر مترمربع بر ثانیه و غلظت ۲ میلی‌مولار آسکوربیک اسید و کمترین (۸/۰۷) در تیمار ۶۰۰ میکرومول بر مترمربع بر ثانیه و محلول‌پاشی ۱ میلی‌مولار آسکوربیک اسید می‌باشد. مقایسه میانگین اثرات متقابل وزن خشک گل (جدول ۲) نشان داد که بیشترین وزن خشک گل مربوط به شدت نور ۱۸۰۰ میکرومول بر مترمربع بر ثانیه و غلظت ۲ میلی‌مولار آسکوربیک اسید و کمترین آن در تیمار ۱۲۰۰ میکرومول بر مترمربع بر ثانیه و محلول‌پاشی ۲ میلی‌مولار آسکوربیک اسید می‌باشد.

**محتوای نسبی آب:** نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر شدت نور در سطح احتمال یک درصد بر محتوای نسبی آب برگ معنی‌داری بود اما تأثیر آسکوربیک اسید و اثر متقابل شدت نور و آسکوربیک اسید بر روی این ویژگی اختلاف معنی‌داری نشان نداد. شدت نور ۶۰۰ میکرومول بر مترمربع بر ثانیه با میانگین (۸۴/۶۸) بیشترین و شدت نور ۱۸۰۰ میکرومول بر مترمربع بر ثانیه با میانگین (۸۰/۰۸) کمترین مقدار محتوای نسبی آب را دارا بودند که نشان می‌دهد با کاهش شدت نور مقدار محتوای نسبی آب افزایش یافته است (جدول ۵).

**نشت الکترولیت:** نتایج تجزیه واریانس نشت الکترولیت نشان داد که تأثیر شدت نور، آسکوربیک اسید و اثر متقابل شدت نور و آسکوربیک اسید بر این عامل، تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد وجود داشت. مقایسه میانگین اثرات متقابل (جدول ۴) نشان داد که بیشترین نشت الکترولیت مربوط به شدت نور ۱۸۰۰ میکرومول بر مترمربع بر ثانیه و محلول‌پاشی ۱ میلی‌مولار آسکوربیک اسید و کمترین آن در تیمار ۶۰۰ میکرومول بر مترمربع بر ثانیه و غلظت ۲ میلی‌مولار آسکوربیک اسید می‌باشد. نتایج این پژوهش نشان داد که در سطح صفر میلی‌مولار آسکوربیک اسید در شدت نورهای بالاتر، نشت الکترولیت نیز افزایش یافته است. غلظت ۱ میلی‌مولار آسکوربیک اسید در شدت نور ۶۰۰ و ۱۸۰۰ میکرومول بر مترمربع بر ثانیه موجب افزایش نشت الکترولیت و در

شدت نور ۱۲۰۰ میکرومول بر مترمربع بر ثانیه تأثیر معنی‌داری روی این عامل نداشت. محلول‌پاشی ۲ میلی‌مولار آسکوربیک اسید در شدت نور ۱۲۰۰ و ۱۸۰۰ میکرومول بر مترمربع بر ثانیه به ترتیب باعث افزایش و کاهش نشت الکترولیت شد. در شدت نور ۶۰۰ میکرومول بر مترمربع بر ثانیه اثر معنی‌داری مشاهده نشد.

**مالون‌دی آلدئید:** نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تأثیر شدت نور بر غلظت مالون‌دی آلدئید در سطح یک درصد و اثر متقابل شدت نور و آسکوربیک اسید در سطح آماری ۰/۰۵ تفاوت معنی‌داری وجود داشت. تیمار آسکوربیک اسید روی این ویژگی تأثیر معنی‌داری نداشت. مقایسه میانگین (جدول ۴) نشان داد که در سطح صفر میلی‌مولار آسکوربیک اسید در شدت نورهای بالاتر مقدار غلظت مالون‌دی آلدئید افزایش یافت. بیشترین مقدار غلظت مالون‌دی آلدئید (۴/۳۵) مرتبط با شدت نور ۱۸۰۰ میکرومول بر مترمربع بر ثانیه و کمترین (۲/۹۹) مربوط به شدت نور ۶۰۰ میکرومول بر مترمربع بر ثانیه بود.

جدول ۴- مقایسه میانگین اثر متقابل شدت نور و آسکوربیک اسید بر خصوصیات فیزیولوژیکی آهار

| شدت نور ($\mu M\ m^{-2}s^{-1}$) | آسکوربیک اسید (mM) | نشت الکترولیت (%) | مالون‌دی آلدئید ($\mu mol\ g\ FW^{-1}$) |
|---|---|---|---|
| ۱۸۰۰ | ۰ | ۲۲/۶۰$^{b}$ | ۴/۲۵$^{ab}$ |
| | ۱ | ۲۵/۵۰$^{a}$ | ۴/۶۲$^{a}$ |
| | ۲ | ۱۸/۶۲$^{de}$ | ۴/۱۷$^{ab}$ |
| ۱۲۰۰ | ۰ | ۱۷/۸۸$^{ef}$ | ۳/۵۱$^{c}$ |
| | ۱ | ۱۷/۲۷$^{ef}$ | ۳/۳۸$^{c}$ |
| | ۲ | ۱۹/۹۸$^{cd}$ | ۳/۸۳$^{bc}$ |
| ۶۰۰ | ۰ | ۱۶/۱۳$^{fg}$ | ۲/۷۷$^{d}$ |
| | ۱ | ۲۱/۴۴$^{bc}$ | ۳/۶۶$^{bc}$ |
| | ۲ | ۱۵/۴۳$^{g}$ | ۲/۵۴$^{d}$ |
| ضریب تغییرات | | ۵/۲۵ | ۹/۴۰ |

میانگین‌های دارای حرف مشترک در هر ستون بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد دارای اختلاف معنی‌داری نمی‌باشند.

جدول ۵- مقایسه میانگین اثرات ساده شدت نور و آسکوربیک اسید بر ویژگی‌های مورد بررسی

| | سطح مخصوص برگ | حجم ریشه ($cm^3$) | وزن تر ریشه (g/plant) | وزن خشک ریشه (g/plant) | تاریخ ظهور غنچه (d) | تاریخ باز شدن غنچه (d) | تاریخ باز شدن کامل گل | محتوای نسبی آب (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| شدت نور | | | | | | | | |
| ۱۸۰۰ | ۱۶۶/۶۱$^{c}$ | ۷۹/۴۴$^{a}$ | ۵۸/۴۷$^{a}$ | ۳/۸۷$^{a}$ | ۵۶/۶۳$^{b}$ | ۷۲/۴۹$^{c}$ | ۷۶/۶۸$^{c}$ | ۸۰/۰۸$^{b}$ |
| ۱۲۰۰ | ۲۲۱/۹۶$^{b}$ | ۵۱/۰۵$^{b}$ | ۴۵/۲۶$^{b}$ | ۳/۱۸$^{b}$ | ۵۷/۲۰$^{b}$ | ۷۵/۵۳$^{b}$ | ۸۰/۳۷$^{b}$ | ۸۳/۵۴$^{a}$ |
| ۶۰۰ | ۳۳۴/۱۲$^{a}$ | ۱۶/۵۵$^{c}$ | ۱۶/۰۴$^{c}$ | ۳/۰۱$^{b}$ | ۶۳/۰۴$^{a}$ | ۸۲/۹۴$^{a}$ | ۸۹/۰۹$^{a}$ | ۸۴/۶۸$^{a}$ |
| آسکوربیک اسید | | | | | | | | |
| ۰ | – | ۵۵/۰۵$^{a}$ | ۴۳/۷۳$^{a}$ | – | – | – | ۸۱/۴۱$^{b}$ | – |
| ۱ | – | ۴۴/۵۰$^{b}$ | ۳۵/۶۹$^{c}$ | – | – | – | ۸۰/۸۵$^{b}$ | – |
| ۲ | – | ۴۷/۵۰$^{b}$ | ۴۰/۳۵$^{b}$ | – | – | – | ۸۳/۸۸$^{a}$ | – |
| ضریب تغییرات | ۵/۱۱ | ۷/۹۶ | ۵/۳۲ | ۱۸/۲۳ | ۲/۱۰ | ۲/۴۱ | ۲/۸۴ | ۱/۴۱ |

میانگین‌های دارای حرف مشترک در هر ستون بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد دارای اختلاف معنی‌داری نمی‌باشند.

**بحث و نتیجه‌گیری**

نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که با کاهش شدت نور ارتفاع و طول میانگره افزایش و قطر ساقه کاهش یافت که این افزایش در ویژگی‌های ذکر شده با توجه به میزان غلظت محلول‌پاشی آسکوربیک اسید متفاوت بود. سایه عموماً به‌عنوان ابزاری در کشت گیاهان باغبانی استفاده می‌شود که می‌تواند بر رشد و نمو گیاه تأثیر بگذارد و بارزترین اثر آن بر ویژگی ریخت شناسی گیاه است (۴۶). نتایج پژوهش حاضر درخصوص تأثیر کاهش شدت نور بر افزایش ارتفاع گیاه با نتایج عباس‌نژاد و همکاران (۱۳۹۶) در گل شب بو، نتایج Cermeno و همکاران (۲۰۰۱) در گل داودی و نتایج Hlatshway و Wahome (2010) در گل میخک (*Dianthus caryophyllus*) همسو است (۷، ۱۶ و ۲۳). Zhao و همکاران (۲۰۱۲) گزارش نمودند که ارتفاع و قطر ساقه در گل صدتومانی ( *Paeonia lactiflora* Pall) با افزایش سایه کاهش پیدا کرده که با نتایج این پژوهش از نظر ارتفاع متناقض و از نظر قطر ساقه همسو است (۴۶). آسکوربیک اسید روی غشاء پلاسمایی و پمپ‌های پروتونی تأثیرگذار است و بر طبق تئوری اسیدی سبب تحریک عوامل سست‌کننده دیواره سلول و در نتیجه افزایش توسعه دیواره سلولی و بزرگ شدن سلول می‌گردد (۳۶). احتمال می‌رود به این طریق باعث افزایش ارتفاع و طول میانگره شده است. در پژوهش حاضر با افزایش سایه، تعداد برگ کاهش یافت و نتایج مشابه‌ای در کرتون و فیکوس بنجامین (۳۸) و شش گونه بگونیا (۲۶) گزارش شده است. نتایج Villegas و همکاران (۲۰۰۶) و Cermeno و همکاران (۲۰۰۱) نشان دادند که سایه دهی بر تعداد برگ گل سیکلامن ایرانی و گل داودی اثر معنی‌داری نداشت (۱۶ و ۴۴). در پژوهش حاضر کاهش شدت نور باعث افزایش سطح برگ و سطح برگ مخصوص شد. گزارش‌ها زیادی در خصوص افزایش سطح برگ تحت سطوح پایین نوری وجود دارد که گیاه از افزایش سطح برگ به‌عنوان راهکاری برای مقابله با این شدت نور پایین، استفاده می‌کند (۱۵). افزایش سطح مخصوص برگ دریافت نور را در بافت‌های فتوسنتزکننده بهبود می‌بخشد (۳۰) که به‌عنوان یک سازوکار سازگاری جهت استفاده بهتر از مواد فتوسنتزی شناخته شده است، بدین صورت که با افزایش سطح برگ میزان ماده خشک تولید شده در گیاه افزایش می‌یابد (۱۷). Hlatshwayo و Wahome (2010) با بررسی اثر سطح‌های مختلف سایه (صفر، ۲۰٪، ۴۰٪، ۶۰٪ و ۷۰٪) روی گل میخک (*Dianthus caryohyllus*) به این نتیجه رسیدند که بیشترین تعداد و سطح برگ مربوط به سایه ۲۰٪ و کمترین آن در سایه ۷۰٪ مشاهده شده است (۲۳). نتایج دولتخواهی و همکاران (۱۳۹۳) نشان داد که با افزایش سایه، سطح مخصوص برگ افزایش یافت که با نتایج پژوهش حاضر همسو و با نتایج Kessler و Armtage (1992) متناقض بود (۵ و ۲۷). در پژوهش حاضر ویژگی‌های تشکیل دهنده بیومس گیاهی از قبیل وزن تر و خشک ساقه، ریشه و گل با کاهش شدت نور، کاهش یافت. وزن تر و خشک برگ در شدت نور ۱۲۰۰ میکرومول بر مترمربع بر ثانیه بیشترین مقدار بود. حاتمیان و همکاران (۱۳۹۳) اظهار داشتند، وزن تر و خشک برگ و ساقه دو واریته رز با کاهش شدت نور افزایش یافت (۲). دولت آبادیان و همکاران (۱۳۸۸) در آزمایشی که روی ذرت انجام دادند، به این نتیجه رسیدند که آسکوربیک اسید موجب افزایش معنی‌دار وزن تر و خشک ساقه می‌شود (۴). آسکوربیک اسید تقسیم سلولی و جذب آب را افزایش داده و سبب افزایش تعداد برگ، وزن خشک و تر برگ در گیاه می‌شود (۲۸). حاتمیان و همکاران (۱۳۹۳) اظهار داشتند ساقه گل‌دهنده دو واریته رز در شدت نورهای بالاتر وزن تر و خشک گل افزایش یافت که با نتایج پژوهش حاضر همسو می‌باشد (۲). همچنین در گل رز رقم آوالانژ نیز کاهش سایه دهی به‌طور معنی‌داری وزن تر و خشک شاخه گل‌دهنده را افزایش داد (۵). در پژوهش Ganelevin و Zieslin (2000) افزایش سایه (۴۰٪) باعث

اختلاف معنی‌داری در وزن تر و خشک جوانه‌های گل رز در مقایسه با شاهد (در معرض نور) شد (۲۱).

نتایج این پژوهش نشان داد که در شدت نورهای بالاتر، قطر گل کاهش یافت. تیمار آسکوربیک اسید نیز در شدت نور ۱۲۰۰ میکرومول بر مترمربع بر ثانیه موجب افزایش قطر گل اما در تیمارهای شدت نور ۶۰۰ و ۱۸۰۰ میکرومول بر مترمربع بر ثانیه باعث کاهش قطر گل شد. علاوه بر این با کاهش شدت نور تاریخ ظهور و باز شدن غنچه و تاریخ باز شدن کامل گل به تأخیر افتاده ولی عمر گل افزایش یافته است. Hlatshwayo و Wahome (2010) با بررسی اثر سطح‌های مختلف سایه (صفر، ۲۰٪، ۴۰٪، ۶۰٪ و ۷۰٪) روی گل میخک به این نتیجه رسیدند که بیشترین قطر گل مربوط به سایه ۲۰٪ بود (۲۳). حاتمیان و همکاران (۱۳۹۳) نشان دادند که بیشترین مقدار قطر گل دو رقم گل رز مربوط به شدت نور ۵۲۰ میکرومول بر مترمربع بر ثانیه بوده است (۲). پژوهش Zhao و همکاران (۲۰۱۲) روی گل صدتومانی (*Paeonia lactiflora* Pall) نشان داد که تاریخ ظهور اولین گل در سایه نسبت به نور کامل دیرتر و عمر گل بیشتر بود که با نتایج این پژوهش همسو می‌باشد (۴۶). در شرایط مشابه ظهور گلدهی *Plukenetia volubilis* به تأخیر افتاده و بیومس آن کاهش یافت (۱۴). در گل *Paeonia suffruticosa* سایه باعث شده مرحله گلدهی ۴ تا ۶ روز به تأخیر افتاده و قطر گل افزایش یا کاهش یابد (۴۷). Sujata و همکاران (۲۰۰۳) گزارش نمودند که تیمار آسکوربیک اسید در افزایش ماندگاری گل بریده ژربرا مؤثر بوده است (۴۱). پژوهش روی گل اطلسی نشان داد که بیشترین قطر و عمر گل مربوط به تیمار آسکوربیک اسید بود (۶).

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که در شدت نورهای بالاتر، به علت آسیب به غشاء، نشت الکترولیت و مالون‌دی آلدئید افزایش یافته است. همچنین غلظت ۱ میلی‌مولار آسکوربیک تأثیر بهتری نسبت به غلظت ۲ میلی‌مولار آن داشت. به نظر می‌رسد آسکوربیک اسید با مهار گونه‌های فعال اکسیژن مانع تخریب غشاء و کاهش نشت یونی می‌شود (۴۳). مالون‌دی آلدئید (MDA) یکی از ترکیبات حاصل از پراکسیده شدن لیپیدها می‌باشد. تجمع MDA نشان‌دهنده آسیب‌دیدگی غشای سیتوپلاسمی است و همچنین نشان‌دهنده سطح پراکسید شدن غشاء می‌باشد. معمولاً از MDA به‌عنوان شاخصی از مقاومت فیزیولوژیکی استفاده می‌کنند (۲۸). در پژوهش Shao و همکاران (۲۰۱۴) محتوای MDA در تابش زیاد، افزایش یافته است که نشان‌دهنده وقوع آسیب به علت تابش بیش از حد است. نتایج پژوهش Zhao و همکاران (۲۰۱۲) روی گل صدتومانی (*Paeonia lactiflora* Pall) نشان داد که مقدار MDA در شدت نورهای بالاتر افزایش یافت که با نتایج حاصل از پژوهش حاضر همخوانی دارد (۴۶).

نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که با کاهش شدت نور تعداد برگ کاهش یافت. این در حالی است که ارتفاع گیاه، قطر گل و عمر گل افزایش پیدا کرد. محلول‌پاشی آسکوربیک اسید سبب افزایش ارتفاع گیاه، طول میانگره، طول ریشه و وزن تر و خشک برگ گردید. همچنین غلظت ۱ میلی‌مولار آسکوربیک اسید عملکرد بهتری بر قطر و عمر گل داشت. به‌طورکلی در بررسی نتایج با توجه به اینکه آهار در شرایط نور کامل (۱۸۰۰ میکرومول بر مترمربع بر ثانیه) رشد مناسبی داشت اما کیفیت رشد و گلدهی در شرایط ۱۲۰۰ میکرومول بر مترمربع بر ثانیه بیشتر بود. بنابراین امکان کاشت این گیاه در شرایط نیم‌سایه نیز وجود دارد.

## منابع


۱- ابراهیم‌زاده، ا و سیفی، ی. ۱۳۷۵. انبارداری و جابجایی گل‌های بریده، گیاهان سبز زینتی و گیاهان گلدانی (ترجمه). انتشارات اختر، تبریز، ۲۳۳ صفحه.

۲- حاتمیان، م. عرب، م. روزبان، م و صالحی، ح. ۱۳۹۳. بررسی ویژگی‌های رشد و نموی دو رقم ورد در سطح‌های مختلف سایه‌دهی. مجله علوم و فنون باغبانی ایران، جلد ۱۵، شماره ۳، صفحه ۳۴۴-۳۳۱.

۳- حکمتی، ج. ۱۳۸۲. گل‌های فصلی (گل‌های فضای آزاد). نشر علوم کشاورزی. ۲۸۵ صفحه.

۴- دولت آبادیان، آ. مدرس ثانوی، ع.م شریفی، م. ۱۳۸۸. اثر تغذیه برگ با آسکوربیک بر فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدان، تجمع پرولین و لیپید پراکسیداسیون کلزا (*Brassica napus* L.) در شرایط تنش شوری. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، دوره ۱۳، شماره ۴۷ (ب)، صفحه ۶۲۰- ۶۱۱.

۵- دولتخواهی، ع. مطلوبی، و مطلبی آذر، ع. ۱۳۹۳. پاسخ سیستم‌های تربیت کمانی و سنتی به سایه دهی در رز بریدنی رقم آوالانژ (*Rosa hybrida* cv. Avalanche). مجله علوم و فنون کشت‌های گلخانه‌ای، سال پنجم، شماره ۱۸، صفحه ۱۲۱-۱۱۵.

۶- صالحی، م. صفاری، و. فرهمند، ه. ۱۳۹۵. تاثیر محلول پاشی بنزیل آدنین، اسید آسکوربیک و تیامین بر برخی خصوصیات مورفولوژیکی و بیوشیمیایی گل اطلسی (*Petunia hybrida*). نشریه تولید و فرآوری محصولات زراعی و باغی، سال ششم، شماره نوزدهم، بهار ۱۳۹۵، ۱۷۴-۱۶۵.

۷- عباس‌نژاد، ر. جبارزاده، ز و رضوی، م. ۱۳۹۶. اثر سطوح مختلف شدت نور بر برخی ویژگی‌های ظاهری و فیزیولوژیکی گل شب بو. مجله پژوهش‌های گیاهی (مجله زیست شناسی ایران)، جلد ۳۰، شماره ۲، صفحه ۳۳۷-۳۴۸.

8- Bartoli, C. G., Yu, J., Gomez, F., Fernández, L., McIntosh, L., and Foyer, C. H. 2006. Inter-relationships between light and respiration in the control of ascorbic acid synthesis and accumulation in *Arabidopsis* thaliana leaves. Journal of Experimental Botany, 57(8): 1621-1631.

9- Bartoli, C G., Guiamet, JJ., Kiddle, G., Pastori G, Di Cagno R, Theodoulou FL, and Foyer, CH. 2005. The relationship between Lgalactono- 1, 4-lactone dehydrogenase (GalLDH) and ascorbate content in leaves under optimal and stress conditions. Plant, Cell and Environment, 28: 1073–1081.

10- Blanchard, M. G., Runkle, E. S., and Frantz, J. M. 2009. Energy-efficient greenhouse production of Petunia and Tagetes by manipulation of temperature and photosynthetic daily light integral. In International Symposium on High Technology for Greenhouse Systems: GreenSys 893: 857-864).

11- Blanchard, M.G., E.S. Runkle, and Fisher, P.R.. 2011. Modeling plant morphology and development of petunia in response to temperature and photosynthetic daily light integral. Sci. Hort, 129: 313–320.

12- Bohning, R. H., Burnside, C. A. 1956. The effect of light intensity on rate of apparent photosynthesis in leaves of sun and shade plants. Am. J. Bot, 43: 557-61.

13- Buege, J. A., and Aust, S. D. 1978. Microsomal lipid peroxidation Methods Enzymol, 52: 302–310.

14- Cai, Z.Q., 2011. Shade delayed flowering and decreased photosynthesis, growth andyield of Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis*) plants, Ind. Crop Prod, 34: 1235-1237.

15- Campos, M.A., Uchida, T. 2002. Influence of shade on the growth of seedlings of three Amazon species. Pesq. Agropec. Bras, 37: 281-288.

16- Cermeno, P., Sotomayor J.A., Serrano Z., and Escobar A.I. 2001. The effects of solar radiation on *Dendranthema*. Acta Hortrticulturae, 559: 339–344.

17- Chaves, A.R.M., Ten-Caten, A., Pinheiro, H.A., Ribeiro, A., DaMatta, F.M. 2008. Seasonal changes in photoprotective mechanisms of leaves from shaded and unshaded field-grown coffee (*Coffea arabica* L.) trees. Trees, 22: 351-361.

18- Dai, Y., Shen, Z., Liu, Y., Wang, L., Hannaway, D., and Lu, H. 2009. Effects of shade treatments on the photosynthetic capacity, chlorophyll fluorescence, and chlorophyll content of Tetrastigma hemsleyanum Diels et Gilg. Environmental and Experimental Botany, 65(2-3): 177-182.

19- Dole, J.M., and Wilkins, H.F. 2005. Floriculture: Principles and Species. Prentice Hall, USA, 432-448.

20- Frantz, J.M. and B. Bugbee. 2005. Acclimation to shade: Photosynthesis, respiration, canopy quantum yield, and carbon use efficiency. J. Amer. Soc. Hort. Sci, 130: 918–927.

21- Ganelevin, R., and Zieslin, N. 2000. Effects of Flower Bud Shading on Growth and Development of Rose Flowers. In III International Symposium on Rose Research and Cultivation, 547: 403-412.

22- Guo, X.F. Shi, G.A. Kong, X.S. Bai, C.P. Liu, X.Y. Jin, Z.W. 2003. Effects of sucrose on physiological characters and flower quality of tree peony in shady condition, J. Henan Univ. Sci. Tech. Agric. Sci, 23: 15-18.

23- Hlatshwayo, M. S., and Wahome, P. K. 2010. Effects of shading on growth, flowering and cut flower quality in carnation (*Dianthus caryophyllus*). Journal of Agriculture and Social Sciences, 6(2): 34-38.

24- Huang, C. He, W. Gua, J. Change, X. Su, P. and Zhang, L. 2005. Increased sensitivity to salt stress in an ascorbate-deficient Arabidopsis mutant. Journal of Experimental Botany, 56(422): 3041-3049.

25- Ichumura k., and Shimizo-Yumoto H. 2007. Extension of the vase life of cut roses by treatments of sucrose before and during of simulated transport. Bull. Natl Insat Floriculture Science, 7: 17-27.

26- Jeong, K. Y., Pasian, C. C., and Tay, D. 2006. Response of six Begonia species to different shading levels. In XXVII International Horticultural Congress-IHC2006: International Symposium on Advances in Environmental Control, Automation, 761: 215-220.

27- Kessler, J. R., and Armitage, A. M. 1992. Effects of shading on growth rate, flower initiation and flower development of Begonia x semperflorens-cultorum. Journal of horticultural science, 67(6): 849-854.

28- Lorrain, S., Allen, T., Duek, P.D., Whitelam, G.C., and Fankhauser, C. 2008. Phytochrome-mediated inhibition of shade avoidance involves degradation of growth-promoting bHLH transcription factors. The Plant Journal, 53(2): 312-323.

29- Lou, X. Lu, T. Li, M. Pang, R. Ye, Y. and Bao, M. 2011. Combining ability among male sterile two-type and restorer lines of *Zinnia elegans* and implications for the breeding of this ornamental species. Scientia Horticulturae, 129(4): 862-868.

30- Lusk, C., Reich, P.B., Montgomery, R.A., Ackerly, D.D., Cavender-Bares, J. 2008: Why are evergreen leaves so contrary about shade? Trends Ecol. Evol, 23: 299-303.

31- Lutts, S., Kinet, J. M. and Bouharmont, J. NaCl-induced senescence inleaves of rice (*Oryza sativa* L.) cultivars differing in salinitary resistance. Annals of Botany, 78 (3): 389-398, 1996.

32- Moe, R. and Kristoffersen, T., 1968. The effect of temperature and light on growth and flowering of Rosa '*Baccara*' in greenhouses. In Symposium on Flower Regulation in Florist Crops, 14: 157-166.

33- Noctor, G. and Foyer, C.H. 1998. Ascorbate and glutathione. Keeping active oxygen under control. Annu. Rev. Plant. Physiol. Plant. Mol. Biol, 49: 249-279.

34- Pignocchi, C. and Foyer, CH. 2003. Apoplastic ascorbate metabolism and its role in the regulation of cell signaling. Current Opinion in Plant Biol, 6: 379–389.

35- Pires, M.V., Almeida, A.A., Figueiredo, A.L., Gomes, F.P., and Souza, M. M. 2011. Photosynthetic characteristics of ornamental passion flowers grown under different light intensities. Photosynthetica, 49(4): 593-602.

36- Rayle, D.L., and Cleland, R.E. 1992. The Acid Growth Theory of auxin-induced cell elongation is alive and well. Plant Physiology, 99(4): 1271-1274.

37- Ritchie, S.W., and Hanson, A.D. 1990. Leaf water content and gas exchange parameters of two wheat genotypes differing in drought resistance. Crop Science, 30: 105-111

38- Scuderi, D., Li, A., Rosi, C., Cassaniti, A., Paratore, B and D., Romano, 2008. The influence of shading levels on foliage plant growth and quality. Acta Hort, 801: 1191–1196.

39- Shao, Q., Wang, H., Guo, H., Zhou, A., Huang, Y., Sun, Y, and Li, M. 2014. Effects of shade treatments on photosynthetic characteristics, chloroplast ultrastructure, and physiology of Anoectochilus roxburghii. Plos One, 9(2): e85996.

40- Smirnoff, N. 2005. Ascorbate, tocopherol and carotenoids: metabolism, pathway engineering and function. in: N. Smirnoff (ed.). Antioxidants and reactive oxygen species in plants. Blackwell Publishing Ltd, Oxford. UK, 53-86.

41- Sujata A., Vijaai singh N., and Sharma T.V. 2003. Effect of chemical preservative on enhancing vase life off Gerbera flowers. Journal of Tropical Agriculture, 41: 56-58.

42- Toledo, M.E.A., Ueda, Y., Imahori, Y., and Ayaki, M. 2003. L-Ascorbic acid metabolism in spinach (*Spinacia oleracea* L.) during postharvest storage in light and dark. Postharvest Biology and Technology, 28: 47–57.

43- Upadhyaya, H. Panda, S.K. 2004. Responses of Camellia sinensis to drought and rehydration. Biology Plant, 48: 597-600.

44- Villegas, E., Perez, M. and M.T. Lao, 2006. Influence of lighting levels byshading cloth on Cyclamen *persicum* quality. Acta Hort, 711: 145–150.

45- Zhang, S., Ma, K., and Chen, L. 2003. Response of photosynthetic plasticity of *Paeonia suffruticosa* to changed light environments. Environmental and Experimental Botany, 49(2): 121-133.

46- Zhao, D., Hao, Z., and Tao, J. 2012. Effects of shade on plant growth and flower quality in the herbaceous peony (*Paeonia lactiflora* Pall.). Plant physiology and biochemistry, 61: 187-196.

47- Zhu, Y., Song, H., Zhao, S.W., Wang, L.Y., 2012. Effect of shading treatment on photosynthetic characteristics and flower quality of Paeonia suffruticosa, Acta Bot. Boreal. Occid. Sin, 32: 0731-0738.

# Effect of light intensity and ascorbic acid on some morphological and physiological characteristics of *Zinnia elegans* L.

**Mahdavifard M., Rezaei Nejad A.H. and Mousavifard S.**

**Dept. of Horticultural Sciences, Faculty of Agriculture, Lorestan University, Khorramabad, I.R. of Iran.**

## Abstract

The aim of this study was to investigate the effect of different light intensity and ascorbic acid on the growth and flowering of *Zinnia elegans* L. The experiment was laid out as split plot based on a completely randomized design with three replications. The main factor was light intensity with three levels (600, 1200 and 1800 µmol $m^{-2}$ $s^{-1}$) using shade net and sub-plot was weeky foliar spray of ascorbic acid with three concentrations (0, 1, 2 mM). Results showed that as light intensity decreased, plant height, leaf area and spatial leaf area and flower diameter were increased and root length and volume, fresh and dry weight of leaf, stem and root, stem diameter, leaf number, electrolyte leakage and malondialdehyde increased. Flower diameter and flower fresh and dry weight, were higher in plants grown under 1200 µmol $m^{-2}$ $s^{-1}$ light intensity compared with those in 600 and 1800 µmol $m^{-2}$ $s^{-1}$. Also, with decreasing light intensity, flowering delayed, while, flower longevity increased. Moreover application of AsA increased plant height, root length, leaf fresh and dry weight and electrolyte leakage and reduced leaf area, root volume, stem fresh and dry weight, root dry weight, time of full flower opening and flower diameter. Overall, the results of this study showed that *Z. elegans* could be grown under full sunlight conditions, however, its growth and flowering quality were higher under 1200 µmol $m^{-2}$ $s^{-1}$. Therefore, it is possible to grow it under semi-shading conditions.

**Key words:** Oxidative stress, shading, growth and flowering