

## اثر محلول پاشی اسید سالیسیلیک و گلاسیسین بتائین بر خصوصیات مورفولوژیکی کارلا (*Momordica charantia* L.) تحت تنش کم آبی

افسون رضایی علولو، عزیزاله خیری، محسن ثانی خانی، مسعود ارغوانی

تاریخ دریافت: ۹۷/۲/۲۶ تاریخ پذیرش: ۹۷/۹/۲۷

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان

۲- استادیار، گروه باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان

\*مسئول مکاتبه: Email: kheiry@znu.ac.ir

### چکیده

به منظور بررسی اثر محلول پاشی سطوح مختلف اسید سالیسیلیک و گلاسیسین بتائین بر خصوصیات مورفولوژیکی گیاه دارویی کارلا (*Momordica charantia* L.) تحت تنش کم آبی، آزمایشی به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال ۱۳۹۶ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه زنجان اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل سه سطح آبیاری (۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی) به عنوان فاکتور اصلی و دو سطح اسید سالیسیلیک (۲ و ۴ میلی مولار)، دو سطح گلاسیسین بتائین (۵۰ و ۱۰۰ میلی مولار) به همراه شاهد به عنوان فاکتور فرعی بودند. نتایج نشان داد که افزایش شدت تنش کم آبی به طور معنی داری میزان کلروفیل کل، ویتامین ث برگ، وزن هزار دانه، طول بوته و تعداد میوه در بوته را کاهش داد. ولی این افزایش شدت تنش موجب افزایش معنی دار میزان پرولین و نشت یونی شد. کاربرد برگی اسید سالیسیلیک و گلاسیسین بتائین موجب افزایش معنی دار میزان نشت یونی، کلروفیل کل، ویتامین ث، پرولین، طول بوته، تعداد میوه در بوته شد، اما تاثیر معنی داری بر وزن هزار دانه بذر نداشت. در کل با توجه به این که کاربرد برگی اسید سالیسیلیک و گلاسیسین بتائین توانست گیاهان تیمار شده را از لحاظ مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی بهبود بخشد به نظر می رسد کاربرد این تیمارها بتواند تحمل گیاه کارلا را نسبت به تنش کم آبی افزایش دهد.

واژه‌های کلیدی: پرولین، تنش کم آبی، کارلا، مورفولوژی، ویتامین ث

## Effect of Salicylic Acid and Glycine Betaine Foliar Application on Morpho-Physiological Characteristics of Carla (*Momordica charantia* L.) under Water Deficit Stress

Afsoon Rezaei Alulu<sup>1</sup>, Azizollah Kheiry<sup>2\*</sup>, Mohsen Sani Khani<sup>2</sup>, Masoud Arghavani<sup>2</sup>

Received: May 16, 2018 Accepted: December 18, 2018

1-MSc Student, Dept. of Horticulture, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Iran.

2-Assist. Prof., Dept. of Horticulture, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Iran.

\*Corresponding Author Email: kheiry@znu.ac.ir

### Abstract

The effect of salicylic acid and glycine betaine foliar application on morpho-physiological characteristics of Carla (*Momordica charantia* L.) under water deficit stress, were studied by an experiment as split plot based on randomized complete block design with three replications in 2017 at Zanjan University Research Farm. The treatments consisted of three levels of irrigation, 50, 75 and 100% of field capacity as the main factor and two levels of salicylic acid (2 and 4 m M), two levels of glycine betaine (50 and 100 m M) as Sub factors were used. The results showed that the increase in water deficit stress significantly reduced the total chlorophyll content, vitamin C content, seed weight, plant length and number of fruits per plant. But increasing in water deficit stress caused a significant increase in the amount of proline and Ion leakage. The application of salicylic acid and glycine betaine increased the Ion leakage and total chlorophyll content, vitamin C, proline, plant length, number of fruits per plant, but did not have a significant effect on seed weight. In general, due to the fact that the use of salicylic acid and glycine betaine have ability to improve the morphological and physiological traits of treated plants. It seems that application of these treatments can increase Carla tolerance to water deficit stress.

**Keywords:** Carla, Morphology, Prolin, Vitamin C, Water Deficit Stress

### مقدمه

به‌عنوان یکی از مهم‌ترین عوامل محدود کننده‌ی رشد و تولید گیاهان زراعی شناخته شده و موجب تغییر در برخی خصوصیات مرفوفیزیولوژی رشد گیاه می‌شود. تنش کم‌آبی می‌تواند از برخی فعالیت‌های فیزیولوژیکی مانند تعرق، فتوسنتز، طول شدن بافت‌ها و اندام‌ها مانعت نموده و یا حتی موجب توقف آن‌ها شود (دلفانی و همکاران ۱۳۹۴).

اسید سالیسیلیک یک ترکیب فنلی است که در ریشه‌ی گیاهان به‌مقدار کم تولید می‌شود و نقش محوری

گیاه دارویی کارلا با نام علمی (*Momordica charantia* L.) گیاهی علفی، یک‌ساله و متعلق به خانواده کدوئیان، بومی آسیا می‌باشد که از زمان‌های قدیم در طب سنتی استفاده می‌شود (کریسان و همکاران ۲۰۰۸). مهم‌ترین ویژگی دارویی کارلا کاهش قند خون از طریق مصرف گلوکز کبد است (ساکار و همکاران ۱۹۹۶). تنش‌های محیطی از مهم‌ترین عوامل کاهش دهنده‌ی عملکرد گیاهان زراعی در جهان است. خشکی

سلولی در برابر آثار زیان‌بار شوری بالا، سرما، گرما و یخ‌زدگی از جمله فعالیت‌های آن به‌شمار می‌رود (ساوری و همکاران ۲۰۰۹).

برخی مطالعات نشان دهنده‌ی این مطلب است که کاربرد برگی گلاسیسین بتائین می‌تواند منجر به افزایش مقاومت به تنش‌های غیرزنده در گیاهان گردد (اشرف و فولاد ۲۰۰۷). استعمال خارجی گلاسیسین بتائین در گیاه گندم تحت تنش خشکی موجب بهبود مراحل مختلف رشد (رویشی، گلدهی و دانه) شد (سماررضا و همکاران ۲۰۱۲). با توجه به کمبود اطلاعات در مورد پاسخ‌های مختلف گیاه کارلا به تنش کم‌آبی و تیمارهای گلاسیسین بتائین و اسید سالیسیلیک هدف این بررسی، مطالعه نوع پاسخ مرفوفیزیولوژیکی این گیاه تحت تنش کم‌آبی می‌باشد.

#### مواد و روش‌ها

این پژوهش در فصل‌های بهار و تابستان سال ۱۳۹۶ به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه زنجان اجرا شد. قبل از اجرای تحقیق، از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری نقاط مختلف خاک مزرعه نمونه برداری و برای تعیین خواص فیزیکی و شیمیایی به آزمایشگاه منتقل شد که نتایج آزمایش خاک در جدول ۱ ارائه شده است.

در تنظیم تعدادی از فرایندهای فیزیولوژیکی از جمله فتوسنتز، سنتز کلروفیل و پروتئین دارد و به‌عنوان یک سیگنال مولکولی مهم در نوسانات گیاهی در پاسخ به تنش‌های محیطی شناخته شده است (سنارانتا و همکاران ۲۰۰۰). استفاده از اسید سالیسیلیک همراه با تنش خشکی موجب افزایش برخی از فرایندهای فیزیولوژیکی می‌شد که می‌تواند بر مقاومت گیاه در برابر تنش خشکی بیافزاید (یزدان پناه و همکاران ۲۰۱۰). در مطالعه‌ی کاربرد اسید سالیسیلیک باعث افزایش معنی‌دار ارتفاع و سطح برگ در مقایسه با عدم مصرف آن در شرایط تنش خشکی شد (آروین و همکاران ۲۰۱۱). در بررسی دیگری کاربرد اسید سالیسیلیک در گیاهچه‌های خیار موجب بهبود خصوصیات مرفولوژیکی و فیزیولوژیکی خیار شد. علاوه بر این اثرات مخرب خشکی بر روی گیاه با کاربرد اسید سالیسیلیک کاهش پیدا کرد (بیات و همکاران ۱۳۹۰).

گلاسیسین بتائین یک ترکیب آمفوتریک است که از نظر الکتریکی خنثی و در pH متفاوت فیزیولوژیکی فعالیت دارد. این ماده دارای قدرت حل‌شوندگی بالا بوده و دارای یک بخش هیدروکربن غیر قطبی است که شامل سه دسته متیل می‌باشد. خصوصیات مولکول گلاسیسین بتائین مانند ترکیب‌های پروتئینی و آنزیمی به آن اجازه می‌دهد که با ماکرو مولکول‌های آبدوست و چربی-دوست واکنش نشان دهد. بررسی‌ها نشان داده که گلاسیسین بتائین موجب پایداری و استحکام ساختارهای گیاهی و ترکیب‌های پروتئینی می‌شود. پایداری دیواره

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه

رس (%)	سیلت (%)	شن (%)	بافت خاک	ماده آلی (%)	پتاسیم (g.kg <sup>-1</sup> )	سدیم (g.kg <sup>-1</sup> )	کلسیم (g.kg <sup>-1</sup> )	نیتروژن (%)	EC (dS.m <sup>-1</sup> )	pH
۳۷	۳۸	۲۵	لوم رسی	۰/۹۴	۰/۲۰	۰/۱۳	۰/۱۲	۰/۰۷	۱/۴۹	۷/۴

گلاسیسین بتائین دو سطح (۵۰ و ۱۰۰ میلی‌مولار) به‌همراه شاهد (محلول‌پاشی با آب مقطر) به‌عنوان فاکتور فرعی به‌کار برده شدند. در بهار بعد از انجام عملیات تهیه زمین

تیمارهای آزمایش شامل سه سطح آبیاری (۱۰۰ (شاهد)، ۷۵ و ۵۰ درصد ظرفیت زراعی) به‌عنوان فاکتور اصلی و اسید سالیسیلیک دو سطح (۲ و ۴ میلی‌مولار)،

در ۱۰ خرداد بذرهای رقم PALEE F1 که از شرکت EAST-WEST SEED توسط جهاد کشاورزی زابل تهیه شده بودند ۲۴ ساعت قبل خیسانده و به صورت مستقیم در زمینی از قبل آبیاری شده، در ۴۵ واحد آزمایشی یک ردیفه با فاصله ۱/۵۰ متر بین ردیف‌ها، فاصله بوته‌ها روی ردیف ۷۵ سانتی‌متر در عمق ۲ سانتی‌متری کشت شدند. آبیاری به روش قطره‌ای صورت گرفت. مبارزه با علف‌های هرز در طول دوره رشد به صورت دستی انجام شد. پس از استقرار کامل گیاه در خاک اولین محلول‌پاشی در مرحله ۱۰-۱۲ برگی انجام شد و تنش کم‌آبی که به روش وزنی محاسبه شده بود یک هفته بعد از اولین محلول‌پاشی در سه سطح (۱۰۰، ۷۵ و ۵۰ درصد ظرفیت زراعی) اعمال شد. بوته‌ها دو نوبت در فاز زایشی با فاصله‌ی ۱۰ روز با غلظت‌های تعیین شده محلول‌پاشی شدند. ۱۰ روز بعد از آخرین محلول‌پاشی از هر واحد آزمایشی با حذف اثر حاشیه‌ی از ۴ بوته نمونه‌برداری انجام شد و برای اندازه‌گیری

صفات مورد نظر به آزمایشگاه دانشکده کشاورزی دانشگاه زنجان منتقل شد. به منظور تعیین تعداد میوه در بوته پس از انتخاب ۴ بوته از هر کرت در طول دوره باردهی میوه‌های آن‌ها برداشت و شمارش شدند. در نهایت جمع داده‌ها به صورت میانگین برای هر بوته محاسبه گردید. در اواخر فصل رشد طول بوته‌ها اندازه‌گیری شد. وزن هزار دانه از طریق شمارش نمونه صدتایی بذور و توزین آن‌ها، میانگین‌گیری و ضرب عدد به دست آمده در ده حاصل شد. برای اندازه‌گیری کلروفیل کل از روش آرنون (۱۹۶۷)، ویتامین ث از روش AOAC (۲۰۰۰) و نشت یونی از روش سایر ام و همکاران (۲۰۰۲) استفاده شد. اندازه‌گیری پرولین به روش باتس (۱۹۷۳) صورت گرفت. در نهایت داده‌های حاصل با استفاده از نرم افزار SAS تجزیه آماری و مقایسه میانگین داده‌ها بر اساس آزمون چند دامنه‌ی دانکن در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد انجام شد.

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس اثر اسید سالیسیلیک، گلیسین بتائین، تنش کم‌آبی و اثر متقابل آن‌ها بر ویژگی‌های مرفوفیزیولوژیکی کارلا

منابع تغییر	درجه آزادی	طول بوته	پرولین	کلروفیل	ویتامین ث	نشت یونی	تعداد میوه در بوته	وزن هزار دانه	میانگین
									مربعات
تکرار	۲	۱۲۰۰/۴۵	۰/۰۹	۰/۰۰۱	۲/۰۸	۰/۰۲	۱/۳۵	۳۶/۳۹	
آبیاری	۲	۲۲۴۲۸/۳۲**	۲۲/۹۸**	**۰/۱۰	۳۱۹/۸۳**	۱۱۸۷۷/۱۵***	۱۴۹/۶۸**	۱۵۶۸۱/۷۲**	
خطای کرت اصلی	۴	۶۶۴/۴۳	۱/۳۵	۰/۰۰۵	۰/۹۵	۰/۰۰۴	۲/۶۲	۲۹۵/۴۰	
محلول‌پاشی	۴	۵۳۱۴/۰۹**	۳۱/۷۶**	۰/۳۷**	۴۲/۴۳**	۱۱۹/۸۱**	۵۶/۱۳**	۴۵۰۷/۵۶**	
آبیاری × محلول‌پاشی	۸	۱۶۲۳/۶۴*	۳/۵۶*	۰/۰۱**	۶/۵۴*	۱۴/۴۷**	۷/۴۶**	۱۱۶/۲۸ns	
خطای کرت فرعی	۲۴	۶۰۱/۵۲	۰/۶۴	۰/۰۰۲	۲/۹۹	۰/۰۶	۱/۰۸	۱۴۰/۶۷	
ضریب تغییرات (%)		۱۱/۸۶	۶/۸۸	۳/۴۵	۹/۱۲	۵/۵۱	۸/۰۴	۷/۳۰	

ns، \* و \*\*: به ترتیب غیرمعنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد می‌باشد.

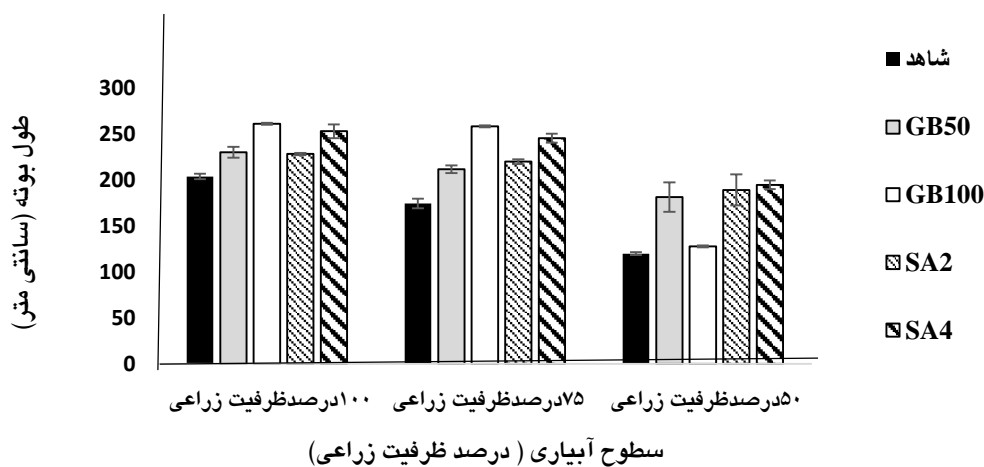
## طول بوته

بررسی اثر سطوح مختلف تنش کم‌آبی بر طول بوته نشان داد که با افزایش شدت تنش کم‌آبی طول بوته

کاهش یافت. به طوری که بیشترین طول بوته (۲۰۳/۷۸ سانتی‌متر) مربوط به سطح آبیاری ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی و کمترین آن (۱۲۰/۰۰ سانتی‌متر) مربوط به تنش

گیاه می‌شود (ما و همکاران ۲۰۰۷). طبق نظر آراکاو و تیماشف (۱۹۸۳) اثر مثبت گلاسیسین بتائین در شرایط خشکی به علت تماس آن با پروتئینی است که دارای یک لایه جذب آب می‌باشد که موجب تحریک رشد سلول‌ها و افزایش ارتفاع گیاه می‌شود. افزایش ارتفاع گیاه تحت تیمار با گلاسیسین بتائین را گییون و همکاران (۱۹۹۷) نیز گزارش کرده‌اند. کاربرد اسید سالیسیلیک نیز موجب افزایش طول بوته نسبت به تیمار شاهد شد. دلیل آن این است که، اسید سالیسیلیک از طریق سنتز پروتئین‌های خاصی به نام پروتئین کیناز (وظیفه تنظیم تقسیم، تمایز و ریخت‌زایی سلول را بر عهده دارد)، فرایندهای فیزیولوژیکی مختلف مثل رشد و تکامل گیاه را تنظیم می‌کند و نقش موثری در افزایش ارتفاع گیاه دارد. افزایش معنی‌دار ارتفاع گیاه گندم تحت تیمار اسید سالیسیلیک گزارش شده است (حیات و همکاران ۲۰۱۰).

کم‌آبی ۵۰ درصد ظرفیت زراعی بود. در بررسی اثر متقابل تنش کم‌آبی و محلول پاشی، بیشترین طول بوته (۲۶۱/۱۶ سانتی متر) در سطح آبیاری ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی با ۱۰۰ میلی‌مولار گلاسیسین بتائین مشاهده شد (شکل ۱). کمبود آب موجب کاهش تورژسانس سلولی می‌شود و در نهایت کاهش رشد و توسعه سلول به خصوص در ساقه و برگ‌ها را به دنبال خواهد داشت. با کاهش رشد سلول، اندازه اندام محدود می‌شود. به همین دلیل اولین اثر محسوس کم‌آبی بر گیاه را می‌توان از روی کاهش ارتفاع یا اندازه کوچک‌تر برگ‌ها تشخیص داد (شیبلی و همکاران ۲۰۰۷). حداکثر طول بوته مشاهده شده تحت تیمار گلاسیسین بتائین را این‌گونه می‌توان توضیح داد که گلاسیسین بتائین به دلیل افزایش هدایت روزنه‌ای، افزایش فتوسنتز، تورژسانس سلولی و به دنبال آن افزایش طویل شدن سلول باعث افزایش ارتفاع



شکل ۱- مقایسه میانگین طول بوته در ترکیب تیماری تنش کم‌آبی و اسید سالیسیلیک (SA)، گلاسیسین بتائین (GB)

دلیل کاهش تعداد میوه در بوته با افزایش شدت تنش کم‌آبی این است که بروز تنش خشکی از طریق کاهش سطح برگ و ریزش آن‌ها منجر به کاهش منبع فتوسنتزی گیاه و افت فعالیت آنزیم‌های موثر بر این فرآیند شده و قابلیت تولید گل در واحد سطح را کاهش و در نتیجه تعداد میوه در بوته را کاهش می‌دهد (مارگاریتا و همکاران ۲۰۰۲). کاهش تعداد میوه در بوته تحت تنش خشکی در خربزه گزارش شده است (سات پال شارما و

#### تعداد میوه در بوته

با افزایش شدت تنش کم‌آبی تعداد میوه در بوته به شدت کاهش یافت. اثر متقابل رژیم آبیاری با سطوح مختلف محلول پاشی موجب افزایش تعداد میوه در بوته شد که بیشترین تعداد میوه در بوته (۱۸ عدد) مربوط به محلول پاشی ۱۰۰ میلی‌مولار گلاسیسین در آبیاری ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی بود (شکل ۲).

سالیسیلیک نقش محوری در تنظیم فرآیندهای فیزیولوژیکی مختلف مثل بسته شدن روزنه‌ها، افزایش محتوای کلروفیل و میزان فتوسنتز دارد و در نتیجه افزایش تولید میوه را موجب می‌شود (پوپووا و همکاران ۲۰۰۳).

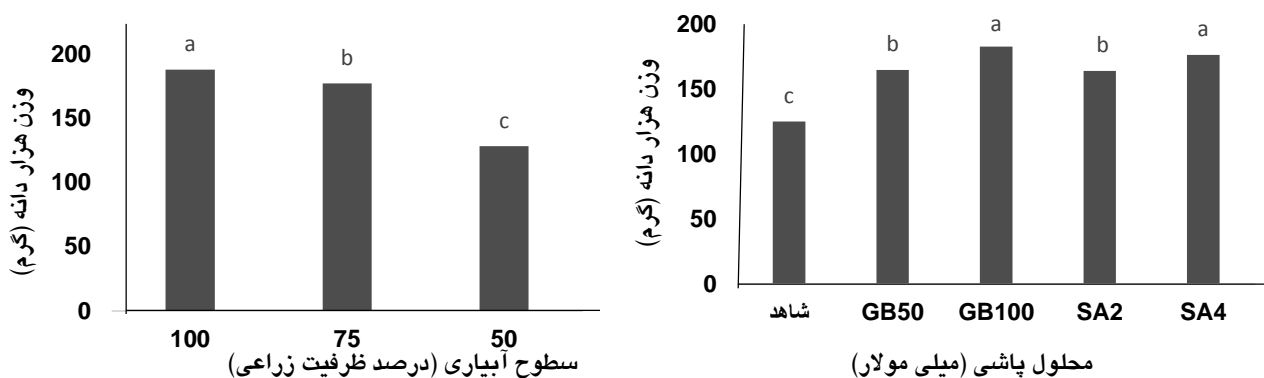
همکاران (۲۰۱۴). کمبود بیش از حد آب می‌تواند تعداد میوه در بوته را به دلیل افزایش سقط گل کاهش دهد (شایسید و همکاران ۱۹۹۲). افزایش مشاهده شده در تعداد میوه در بوته، با کاربرد برگی اسید سالیسیلیک در شرایط کم‌آبی را این‌گونه می‌توان توجیه کرد که اسید



شکل ۲- مقایسه میانگین ترکیبات تیماری کم‌آبی و اسید سالیسیلیک (SA) و گلیسین بتائین (GB) برای تعداد میوه در بوته

وزن هزار دانه طول دوره پر شدن دانه موجب کاهش وزن هزار دانه شود (محتشمی و همکاران ۱۳۹۳). در یک تحقیقی میرعبداللهی (۲۰۱۱) کاهش وزن هزار دانه رازیانه تحت شرایط تنش خشکی را گزارش کرده‌اند. افزایش وزن دانه عمدتاً ناشی از افزایش طول دوره یا سرعت پر شدن دانه می‌باشد، که در این مورد قدرت مخزن نقش کلیدی دارد و احتمالاً کاربرد اسید سالیسیلیک با افزایش عوامل مذکور موجب افزایش وزن هزار دانه شده است (محتشمی و همکاران ۱۳۹۳). افزایش وزن دانه در ذرت با تیمار گلیسین بتائین تحت تنش خشکی توسط میری و ضمانی مقدم (۱۳۹۳) گزارش شده است. دلیل افزایش وزن هزار دانه با تیمار گلیسین بتائین این است که، گلیسین با بهبود وضعیت آبی گیاه در شرایط تنش خشکی موجب تخصیص میزان بالاتری از مواد فتوسنتزی به دانه‌ها شده و سبب افزایش وزن هزار دانه می‌شود (اسماعیل و هال ۱۹۹۹).

وزن هزار دانه با افزایش شدت تنش کم‌آبی وزن هزار دانه به شدت کاهش یافت. کاربرد اسید سالیسیلیک و گلیسین بتائین باعث افزایش معنی‌دار این صفت شد (شکل ۳). در بررسی اثر متقابل آبیاری × اسید سالیسیلیک و گلیسین بتائین کاربرد برگی این مواد باعث افزایش صفت مذکور شد ولی این افزایش معنی‌دار نبود. حداکثر وزن هزار دانه بذر (۲۱۴/۳۳ گرم) با کاربرد ۱۰۰ میلی‌مولار گلیسین بتائین در رژیم آبیاری ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی مشاهده شد (شکل ۳). دلیل کاهش وزن هزار دانه با افزایش شدت تنش کم‌آبی این است که با کاهش میزان آبیاری، به دلیل پیری زود رس برگ‌ها، تولید مواد فتوسنتزی کاهش یافته و در نتیجه مقدار مواد پرورده‌ی که در اختیار هریک از دانه‌ها قرار می‌گیرد کمتر شده و به دنبال آن دانه‌های تشکیل شده کوچک‌تر و لاغرتر شده‌اند. همچنین کاهش آب آبیاری می‌تواند از طریق کاهش



شکل ۳- وزن هزار دانه در سطوح تنش کم آبی، اسید سالیسیلیک (SA) و گلیسین بتائین (GB)

### ویتامین ث

سالیسیلیک از طریق افزایش کربوهیدرات‌هایی مانند گلوکز و ساکارز باشد. این قندها فاکتورهای کلیدی مسیر آنزیمی هستند که در طی آن گلوکز به آسکورات تبدیل می‌شود (لینستر و کلارک ۲۰۰۸، جهانگیر و همکاران ۲۰۰۹). گزارشی مبنی بر تاثیر اسید سالیسیلیک بر افزایش میزان ویتامین ث در گوجه‌فرنگی وجود دارد (کالارانی و همکاران ۲۰۰۲). افزایش مشاهده شده در مقدار ویتامین ث با کاربرد گلیسین بتائین می‌تواند به این دلیل باشد که گلیسین بتائین فعالیت مونو دهیدرو آسکورات ردوکتاز ۱ و دهیدرو آسکورات ردوکتاز ۲ را افزایش می‌دهد که به دنبال آن مقدار آسکورات نیز افزایش می‌یابد (هوک و همکاران ۲۰۰۸).

طبق نتایج مقایسه میانگین داده‌ها با افزایش شدت تنش کم آبی مقدار ویتامین ث برگ از ۱۸/۵۵ میلی-گرم بر گرم وزن تر در سطح آبیاری ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی به ۱۱/۰۴ میلی‌گرم بر گرم در سطح آبیاری ۵۰ درصد ظرفیت زراعی کاهش پیدا کرد. در بررسی اثر متقابل رژیم آبیاری با اسید سالیسیلیک و گلیسین بتائین بیشترین مقدار ویتامین ث (۲۷ میلی‌گرم بر گرم) با محلول پاشی ۲ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک در سطح آبیاری ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی مشاهده شد (شکل ۴). که این افزایش می‌تواند به دلیل تاثیر غیر مستقیم اسید



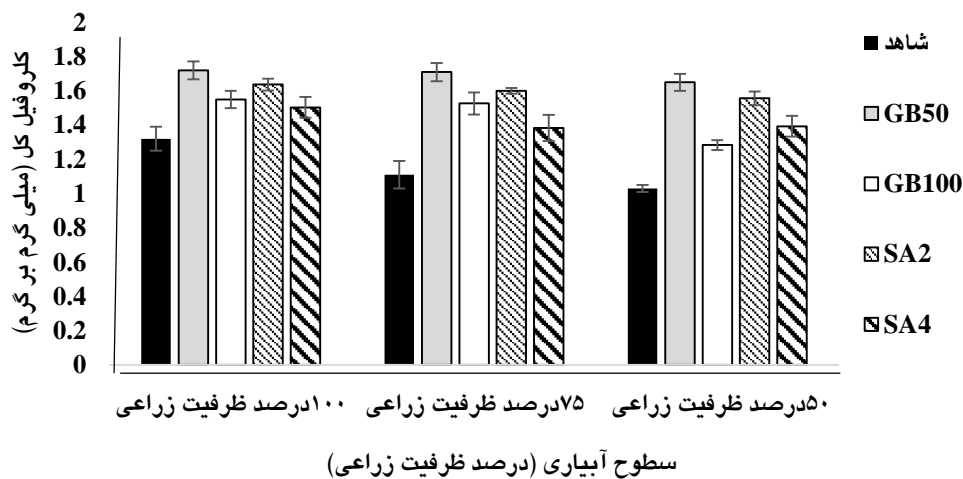
شکل ۴- مقایسه میانگین ترکیبات تیماری کم آبی و اسید سالیسیلیک (SA) و گلیسین بتائین (GB) برای میزان ویتامین ث

## کلروفیل کل

نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که مقدار کلروفیل کل با افزایش شدت تنش کم‌آبی به‌طور معنی-داری کاهش یافت. کاربرد توام اسید سالیسیلیک و گلایسین بتائین با رژیم آبیاری موجب افزایش میزان کلروفیل کل شد که حداکثر مقدار آن در تنش کم‌آبی ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی با ۵۰ میلی‌مولار گلایسین بتائین به‌دست آمد (شکل ۵). کاهش مقدار کلروفیل در گیاه پنبه (ماساچی و همکاران ۲۰۰۸) تحت تنش خشکی گزارش شده است. کاهش میزان کلروفیل می‌تواند به‌دلیل تغییر متابولیسم نیتروژن در رابطه با ساخت ترکیباتی مانند پرولین باشد. شرایط تنش موجب می‌شود تا گلوتامات که پیش ماده ساخت کلروفیل و پرولین است، کمتر در مسیر بیوسنتز کلروفیل قرار گیرد (حیدری ۱۳۸۰). در این بررسی کاربرد برگی گلایسین بتائین در سطح آبیاری ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی بیشترین میزان

کلروفیل کل را موجب شد که طبق تحقیقات رضا و همکاران (۲۰۰۶) مصرف برگی گلایسین بتائین موجب تجمع مقادیر بالای بتائین شد که به‌طور عمده مربوط به تعدیل اسمزی بود، که یک فاکتور مهم برای بهبود ظرفیت فتوسنتزی تحت تنش می‌باشد. افزایش میزان کلروفیل با مصرف گلایسین بتائین در گیاه فلفل تحت تنش شوری گزارش شده است. در شرایط تنش شوری گلایسین بتائین به‌مقدار زیادی در کلروپلاست تجمع می‌یابد که نقش مهمی در حفاظت از غشای تیلاکوئیدی ایفا می‌کند و از این طریق از سیستم فتوسنتزی محافظت می‌کند (کورکماز و همکاران ۲۰۱۲؛ اشرف ۲۰۰۹).

در بررسی حاضر اسید سالیسیلیک سبب افزایش مقدار کلروفیل کل گردید که می‌تواند به‌دلیل افزایش توان آنتی‌اکسیدان‌های سلولی، سنتز پروتئین‌های جدید باشد که از دستگاه‌های فتوسنتزی حمایت می‌کند (آفونسو و مارتین ۲۰۰۷).



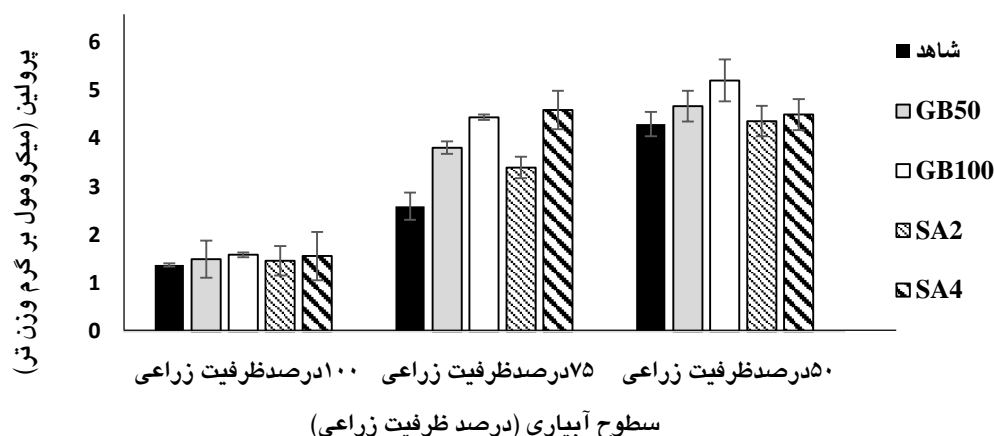
شکل ۵- مقایسه میانگین ترکیبات تیماری تنش کم‌آبی و اسید سالیسیلیک (SA) و گلایسین بتائین (GB) برای میزان کلروفیل کل

تنش کم‌آبی بر میزان پرولین افزایش معنی‌داری نشان داد به‌طوری که بیشترین مقدار آن (۵/۲۰ میکرومول بر گرم وزن تر) تحت تنش کم‌آبی ۵۰ درصد ظرفیت زراعی با ۱۰۰ میلی‌مولار گلایسین بتائین به‌دست آمد (شکل ۶).

## پرولین

بر اساس نتایج مقایسه میانگین داده‌ها مقدار پرولین برگ با افزایش شدت تنش کم‌آبی افزایش معنی-داری نشان داد. کاربرد برگی تیمارهای آزمایشی تحت





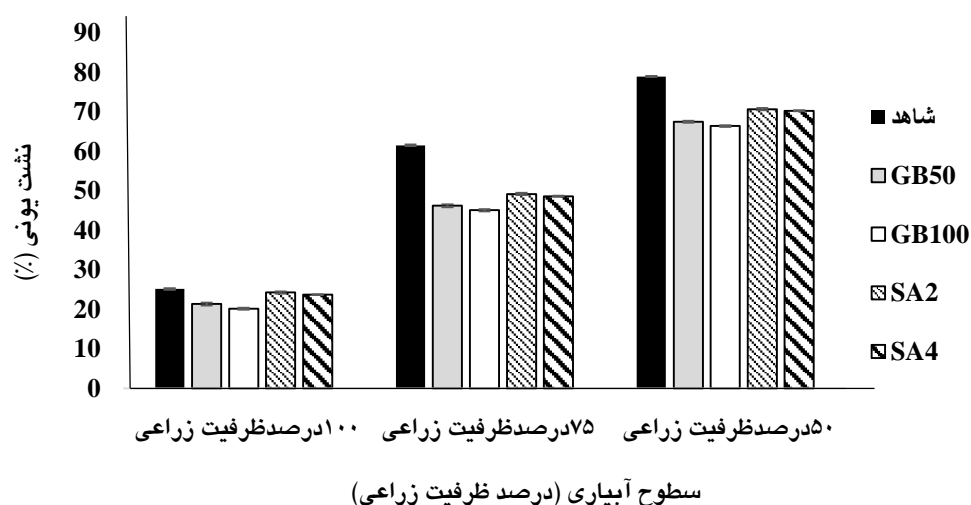
شکل ۶- مقایسه میانگین ترکیبات تیماری تنش کم آبی و اسید سالیسیلیک (SA) و گلاسیسین بتائین (GB) برای میزان پرولین

بررسی‌های مختلف نشان دهنده این مطلب است که تمامی گیاهان توانایی تجمع اسمولیت‌های آلی برای کاهش آثار زیان‌بار استرس‌های غیرزنده محیطی را ندارند. البته امکان القای اسمولیت‌های آلی مختلف از جمله گلاسیسین بتائین به این گیاهان وجود داشته و از این طریق می‌توان اثرات زیان‌بار استرس‌های محیطی را بر گیاهان مذکور کاهش داد (اشرف و فولاد ۲۰۰۷). در یک بررسی کاربرد خارجی اسید سالیسیلیک در گیاه تنباکو با افزایش مقدار پرولین در گیاه سبب تحمل گیاه به خشکی گردیده است (پوسپیس یلوا ۲۰۱۱). که مطابق با نتایج این بررسی می‌باشد.

#### نشت یونی (EC)

طبق نتایج مقایسه میانگین داده‌ها افزایش شدت تنش کم آبی باعث افزایش معنی‌دار میزان نشت یونی شد در حالی‌که محلول‌پاشی با تیمارها موجب کاهش این صفت گردید. بیشترین میزان نشت یونی (۷۸/۹۵ درصد) در تیمار شاهد ۵۰ درصد ظرفیت زراعی و کمترین مقدار آن (۲۰/۲۳ درصد) با کاربرد برگی ۱۰۰ میلی‌مولار گلاسیسین بتائین در سطح آبیاری ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی به‌دست آمد (شکل ۷).

میزان اسید آمینه پرولین که در شرایط تنش خشکی در سلول‌های گیاهی تجمع می‌یابد به‌عنوان آنتی‌اکسیدان غیرآنزیمی مطرح می‌شود و به دلیل نقش حفاظتی که در سلول ایفا می‌کند، در شرایط تنش می‌تواند گیاه را از آسیب‌های احتمالی حفظ کند. در سلول‌های تحت تنش، پرولین سبب محافظت سلول و ممانعت از سمیت در سلول می‌شود (بایومی و همکاران ۲۰۰۸). در گزارش حسنی و همکاران (۲۰۰۴) بر روی گیاه ریحان با کاهش رطوبت خاک میزان پرولین افزایش یافت که آن‌ها علت این افزایش را رابطه نزدیک بین میزان تجمع پرولین و مقدار محتوای رطوبت نسبی برگ در اثر تنش خشکی بیان کرده‌اند درباره افزایش تولید پرولین در گیاه، در اثر مصرف گلاسیسین بتائین می‌توان به این نکته اشاره کرد که سنتز آمینو اسیدهای نظیر پرولین در داخل سلول‌های گیاهی از طریق گلوکز شروع می‌شود که گلاسیسین در اولین مسیر چرخه از طریق 3-p-glycerate و سرین به- وجود آمده، در حالی‌که سنتز پرولین در مراحل پایانی چرخه سنتز آمینو اسیدها قرار دارد. کاربرد برگی گلاسیسین بتائین و جذب سلولی آن موجب می‌شود که مسیر سنتز آمینو اسیدها به‌جای سنتز گلاسیسین بتائین به سمت تولید پرولین و دیگر آمینو اسیدها حرکت کند.



شکل ۷- مقایسه میانگین ترکیبات تیماری تنش کم‌آبی و اسید سالیسیلیک (SA) و گلاسیسین بتائین (GB) برای میزان نشت یونی

دلیل افزایش میزان نشت یونی با افزایش شدت تنش کم‌آبی این است که در شرایط تنش، رونویسی ژن-های دخیل در بیوسنتز آنزیم‌های مرتبط با پراکسیداسیون لیپیدی و نیز تولید انواع اکسیژن فعال افزایش و میزان آسیب به غشاهای سلولی افزایش می‌یابد که در نتیجه آن پایداری غشا کاهش یافته و باعث افزایش نشت الکترولیت می‌شود (بلترانو و رونکو ۲۰۰۸). افزایش نشت الکترولیت تحت تنش در گیاه ماریتیغال توسط دلیری و همکاران (۱۳۸۹) گزارش شده است. اسید سالیسیلیک با مهار گونه‌های فعال اکسیژن باعث کاهش آسیب به غشای سلولی و کاهش نشت یونی می‌گردد (اشرف و همکاران ۲۰۱۰). کاهش نشت یونی در گیاه گوجه‌فرنگی تحت تیمار با اسید سالیسیلیک گزارش شده است (استونس و همکاران ۲۰۰۶). بررسی‌ها نشان می‌دهند که گلاسیسین بتائین منجر به افزایش پایداری دیواره سلولی در مقابل آثار سوء تنش شوری، سرما و گرما می‌گردد (گورهام و همکاران ۲۰۰۰).

#### نتیجه‌گیری کلی

به‌طور کلی نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که تنش کم‌آبی موجب تغییرات مرفولوژیکی و فیزیولوژیکی شدیدی در گیاه کارلا می‌شود. به‌طوری‌که تمام صفات مورد اندازه‌گیری در این پژوهش به‌جز پرولین و نشت یونی با افزایش شدت تنش کم‌آبی کاهش یافتند. در حالی‌که کاربرد برگی اسید سالیسیلیک و گلاسیسین بتائین بر تمام صفات فوق‌الذکر بهبود بخشی داشت. با توجه به این‌که حداکثر طول بوته، تعداد میوه در بوته، کلروفیل کل، پرولین، نشت یونی و وزن هزار دانه با کاربرد سطوح مختلف گلاسیسین بتائین در رژیم-های مختلف آبیاری به‌دست آمد. به‌نظر می‌رسد می‌توان از محلول‌پاشی گلاسیسین بتائین جهت بهبود خصوصیات مرفوفیزیولوژیکی گیاه کارلا استفاده کرد.

## منابع مورد استفاده

- A. O. A. C, 2000. Association of official analytical chemists. Washington D. C, 12: 377-378.
- Alfonso LV and Martin Mex R, 2007. Effect of Salicylic Acid on the Bio productivity of Plant. Salicylic Acid- a Plant Hormone. Pp 15-23.
- Arakawa T and Timasheff SN, 1983. Preferential interactions of proteins with solvent components in aqueous amino acid solutions. Archives of Biochemistry and Biophysics, 224: 169-177.
- Arnon AN, 1967. Method of extraction of chlorophyll in the plants. Agronomy Journal, 23:112-121
- Arvin MJ, Beidshki A, Kramt B and Maghsodi K, 2011. The study salicylic acid (SA) role in contrast with drought stress by affecting on morphological and physiological parameters in garlic plant. In: Proceeding of 7th Iranian Horticultural Science Congress, Isfahan Industrial University, Iranian 4-7 September 2011. (In Persian).
- Ashraf M and Foolad M.R, 2007. Roles of glycine betaine and proline in improving plant abiotic stress resistance. Environmental and Experimental Botany, 59: 206-216.
- Ashraf M, 2009. Biotechnological approach of improving plant salt tolerance using antioxidants as markers. Biotechnology Advance, 27, 84-93.
- Ashraf M, Akram NA, Arteca RN and Foolad MR, 2010. The physiological, biochemical and molecular roles of brassino steroids and salicylic acid in plant processes and salt tolerance. Plant Science, 29: 162-190.
- Bates LS, Waklren RP and Trare ID, 1973. Rapid determination of free proline water stress studies. Plant Soil, 39: 205-207
- Bayat H, Men H, Aryan H and weaponization J, 2012. Effect of salicylic acid on morphological and physiological characteristics of cucumber seedlings (*Cucumis sativus* cv. Super Dominus) under drought stress. Plant Production Research, 3: 14-1. (In Persian).
- Bayoumi TY, Eid M and Metwali EM, 2008. Application of physiological and biochemical indices as a screening technique for drought tolerance in wheat genotypes. African Journal of Biotechnology, 7: 2341-2352.
- Beltrano J and Ronco MG, 2008. Improved tolerance of wheat plants (*Triticum aestivum* L.) to drought stress and re watering by the arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus claroideum*: Effect on growth and cell membrane stability. Brazilian Journal of Plant Physiology, 20:29-37.
- Crisan S, Campeanu G and Halmagean L, 2008. Study of *Momordica charantia* L. species grown on the specific conditions of Romania's western part. Vegetable Growing, 425-428.
- Dalire R, Sharpor C, esfandiari A and Seyed Sharifi R, 2010. Evaluation of different ecotypes of marigold in terms of drought tolerance in hydroponic culture media. Science and technology of greenhouse cultivation, 1: 9-17. (In Persian).
- Dolphani M, Barry M, Maleki Maleki Fr, Safari Karazar M, Qazi-zadeh M, Masoumi A and Junjani S, 2016. The role of glycine betaine in the improvement of tolerance to drought stress in plants. 13 th National Conference on Irrigation and Evaporation, Shahid Bahonar University, Kerman. (In Persian).
- Gibon YA, Bessieres M and Larher F, 1997. Is glycine betaine a non compatible solute in higher plants do not accumulate it? Plants Cell and Environment, 20: 329-340
- Gorham J, Jokinen K, Malik MNA, Khan IA, 2000. Glycine betaine treatment improves cotton yields in field trials in Pakistan. Proceedings of the World Cotton Research Conference II, Athens, Greece.
- Hassani A, Omidbaigi R and Heidari Sharif Abad H, 2004. Study of some drought resistance indices in basil (*Ocimum basilicum*). Agricultural Science Natural Resources, 10: 65-74. (In Persian).
- Hayat Q, Hayata SH, Irfan M and Ahmad A, 2010. Effect of exogenous salicylic acid under changing environment. A review. Environmental and Experimental Botany, 68: 14-25.

- Heydari Sharifabad H, 2002. Plant and salinity. Forestry and Rangeland Research Institute publications. 34-36. (In Persian).
- Hoque M A, Banu M N A, Nakamura Y, Shimoishi Y and Murata Y, 2008. Proline and glycine betaine enhance antioxidant defense and methylglyoxal detoxification systems and reduce NaCl-induced damage in cultured tobacco cells. *Plant Physiology*, 165: 813–824.
- Ismail AM and Hall AE. 1999. Reproductive-stage heat tolerance, leaf membrane thermo-stability and plant morphology in cowpea. *Crop Science*, 39: 1762-1768.
- Jahangir M, Bayoumi Abdel-Farid I, Kim H, Chio Y and Verpoorte R, 2009. Healthy and unhealthy plants. The effect of stress on the metabolism of Brassicaceae. *Environmental and Experimental Botany*, 67: 23-33.
- Kalarani MK, Thangaraj M, Sivakumar R and Mallika R, 2002. Effects of salicylic acid on tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill) productivity. *Crop Research*, 23 (3): 486-492.
- Korkmaz A, Sirikci R, Kocacinar F, Deger O and Demirkıran AR, 2012. Alleviation of salt-induced adverse effects in pepper seedlings by seed application of glycine betaine. *Scientia Horticulturae*, 148: 197- 205.
- Linster CL and Clarke SG, 2008. L-Ascorbate biosynthesis in higher plants: the role of VTC2. *Trends in Plant Science* 13 (11): 567- 573.
- Ma XL, Wang YJ, Xie SL, Wang C and Wang W, 2007. Glycine betaine application ameliorates negative effects of drought stress in tobacco. *Plant Physiology*, 54: 472–479.
- Margarita M, Crosby KM and Eliezer S, 2002. Differential gene expression analysis in melon roots under drought stress conditions. *Subtropical Plant Science*, 54: 6-10.
- Massacci A, Nabiev SM, Pietrosanti L, Nematov S K, Chernikova T N, Thorand K and Leipner J, 2008. Response of the photosynthetic apparatus of cotton (*Gossypium hirsutum*) to the onset of drought stress under field condition studied by gas-exchange analysis and chlorophyll fluorescence imaging. *Plant Physiology and Biochemistry*, 46 (2): 189–195.
- Mirabdollahi SM. 2011. The Changes of Essential Oil Yield and Composition of Fennel under Limited Irrigation Condition. MSc. thesis University of Zanjan.
- Mirie H.R and Zamani Moghaddam A 2015. External application of glycine betaine to reduce the effects of drought stress in corn (*Zea mays*) . *Iranian Journal of Field Crops Research*, 12(4), 704-717. (In Persian).
- Mohtashmi F, Puriusf M, Andalibi B and Hatching Feb, 2015. Effect of soluble and pre-treatment pretreatment with salicylic acid on the yield and essential oils of Fennel under drought stress conditions. *Iranian Journal of Medicinal Plants and Herbs Research Journal of Dermatology*, 3(5):841-852. (In Persian).
- Popova L, Ananieva V, Hristova V, Christov K, Georgieva K, Alexieva V and Stoinova Zh, 2003. Salicylic acid-and Methyljasmonate induced protection on photosynthesis to paraquat oxidative stress. *Bulgarian Journal of Plant Physiology, special issue*, 133-152.
- Pospisilova J, 2011. Responses of Transgenic Tobacco Plants with Increased Proline Content to Drought and/or Heat Stress. *Plant Sciences*, 2: 318–324
- Reza SH, Athar HUR and Ashraf M, 2006. Influence of exogenously applied glycine betaine on the photosynthetic capacity of two differently adopted wheat cultivars under salt stress. *Botany*, 38: 241-251.
- Sairam RK, Rao KV, Srivastava GC, 2002. Differential response of wheat genotypes to long-term salinity stress in relation to oxidative stress, antioxidant activity and osmolyte concentration. *Plant Science*, 163:1037-1046.
- Sarkar S, Pranava M and Marita R, 1996. Demonstration of the hypoglycemic action of *Momordica charantia* in a validated animal model of diabetes. *Pharmacological Research*, 33 (1):1-4.

- Sat Pal Sharma I, Leskovara D, Kevin AM, Crosbyb AMH, and Astrid Volderb I, 2014. Root growth, yield and fruit quality responses of reticulatus and inodorus melons (*Cucumis melo* L.) to deficit subsurface drip irrigation. *Agricultural Water Management*, 136 (C): 75–85.
- Savari A, Fotokian M and Barzali M, 2009. Evaluation of glycine betaine effects on some agronomic traits of cotton (*Gossypium hirsutum* L.) cultivars under water-drought stress. *Journal of Daneshvar Agronomy Sciences*.1 (1):67-76. (In Persian).
- Senaranta T, Ouchell D, Bunn E, and Dixon K, 2000. Acetyl salicylic acid (aspirin) and salicylic acid induce multiple stress tolerance in bean and tomato plants. *Plant Growth Regulation*, 30: 157-161.
- Shibli RA, Kushad M, Yousef GG and Lila MA, 2007. Physiological and biochemical responses of tomato micro shoots to induced salinity stress with associated ethylene accumulation. *Plant Growth Regulation*, 51 (2): 159-169.
- Shishido Y, Yahashi T, Seyama N and Imada S, 1992. Effects of leaf position and water management on translocation and distribution of <sup>14</sup>C assimilates in fruiting muskmelons. *Japanese Society Horticultural Sciences*, 60 (4): 897-903
- Stevens J, Senaratna T and Sivasithamparam K, 2006. Salicylic acid induces salinity tolerance in Tomato (*Lycopersicon esculentum* cv. Roma): associated changes in gas exchange, water relations and membrane stabilization. *Plant Growth Regulation*, 49(6), 77-83
- Yazdanpanah S, Abasi F and Baghzadeh A, 2010. Effect of salicylic acid and ascorbic acid on proline, sugar and protein content in *Satureja hortensis* L. under aridity stress. *Proceeding of the First National Conference of Environmental Stress in Agricultural Science*, 28-29.