نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۲، شماره ۲ ، تابستان ۱۳۹۳، ص. ۳۳۴-۳۲۸

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 12, No. 2, Summer. 2014, p. 328-334

تاثیر تنش شوری و محلول‌پاشی متیل‌جاسمونات بر سرعت فتوسنتز، هدایت روزنه‌ای، کارائی مصرف آب و عملکرد بابونه‌آلمانی

فاطمه سلیمی[۱*]- فرید شکاری[۲]- جواد حمزه‌ئی[۳]

تاریخ دریافت:۱۳۹۲/۳/۱۹
تاریخ پذیرش:۱۳۹۲/۱۰/۱۶

چکیده

جاسمونات‌ها از تنظیم کننده‌های رشد گیاهی جدید به شمار می‌روند که در افزایش مقاومت گیاهان به تنش‌های محیطی از جمله تنش شوری از نقش مهمی برخوردارند. به همین دلیل در این آزمایش تاثیر محلول پاشی متیل‌جاسمونات بر برخی خصوصیات فیزیولوژیک و عملکرد گل بابونه آلمانی در شرایط تنش شوری مطالعه شد. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در شرایط گلخانه اجرا شد. محلول پاشی متیل‌جاسمونات در پنج سطح (MJ_1: صفر، MJ_2: ۷۵، MJ_3: ۱۵۰، MJ_4: ۲۲۵ و MJ_5: ۳۰۰ میکرومولار) و شوری در چهار سطح (S_1: ۲، S_2: ۶، S_3: ۱۰، و S_4: ۱۴ دسی‌زیمنس برمتر) تیمارهای آزمایشی بودند. اثر متیل جاسمونات، تنش شوری و اثر متقابل آنها بر سرعت فتوسنتز، هدایت روزنه‌ای، سرعت تعرق، کارائی کربوکسیلاسیون، میزان دی اکسید کربن درون روزنه‌ای و عملکرد گل معنی‌دار شد. بیشترین میزان سرعت فتوسنتزی، هدایت - روزنه‌ای، سرعت تعرق، کارائی کربوکسیلاسیون، عملکرد گل (۳/۷۶ گرم در گلدان) و کمترین میزان دی اکسید کربن درون روزنه‌ای در تیمار $MJ_2 \times S_2$ مشاهده شد. بیشترین میزان کارایی مصرف آب فتوسنتزی نیز از تیمار $MJ_5 \times S_2$ به‌دست آمد. با کاهش میزان هدایت روزنه‌ای، کارایی مصرف آب فتوسنتزی و غلظت دی اکسید کربن درون روزنه‌ای افزایش پیدا کرد. در کل، به نظر می‌رسد مصرف مقدار پایین متیل‌جاسمونات (MJ_2) در شرایط شوری به ویژه تنش شوری ملایم (S_2)، می‌تواند شاخص‌های فیزیولوژیک و عملکرد بابونه آلمانی را بهبود بخشد.

واژه‌های کلیدی: تنش غیر زیستی، تنظیم کننده رشد، شاخص‌های فیزیولوژیک، گیاه دارویی

مقدمه

تنش‌های محیطی از عوامل محدود کننده تولیدات زراعی می‌باشند که با مختل ساختن متابولیسم طبیعی گیاه، رشد گیاه را محدود و در نهایت محصول را کاهش می‌دهند (۲۴ و ۳۰). یکی از شرایط دشوار محیطی که رشد گیاهان و تولید متابولسیم‌های ثانویه را تحت تاثیر قرار می‌دهد، تنش شوری است. شوری خاک یا آب مانع از گسترش سطح زیر کشت گیاهان در دنیا شده و به ویژه در مناطق خشک و نیمه خشک تولیدات گیاهی را به شدت محدود می‌کند (۱۶). شوری می‌تواند از طریق کاهش پتانسیل اسمزی محلول خاک، میزان آب قابل دسترس برای گیاهان را کاهش داده و در نتیجه گیاهان را با تنش خشکی نیز مواجه سازد. از طرفی، شوری از طریق افزایش غلظت یون‌های ویژه باعث مسمومیت گیاه و کاهش متابولیسم آن می‌شود (۳۱). رشد گیاهان نتیجه تلفیق و تنظیم فرآیندهای فیزیولوژیک می‌باشد. محدودیت رشد گیاهان نمی‌تواند به یک فرآیند فیزیولوژیک نسبت داده شود، فرآیند غالب فیزیولوژیکی، فتوسنتز است. اولین تاثیر تنش شوری و خشکی روی فتوسنتز است (۲۲). شواهدی وجود دارد که به دلیل کاهش سنتز و یا تخریب رنگدانه‌های موجود در گیاه (کلروفیل و کاروتنوییدها) در اثر شوری، فتوسنتز گیاه به شدت دچار افت می‌شود (۱۸ و ۳۲). رشد گیاه، که اغلب با تولید بیوماس بیان می‌شود در حقیقت، اندازه‌گیری فتوسنتز خالص می‌باشد. بنابراین، تنش‌های محیطی که بر روی رشد تاثیر می‌گذارند، در واقع فتوسنتز گیاه را تحت تاثیر قرار می‌دهند. اثرات تنش شوری در دراز مدت، کاهش در تثبیت کربن ناشی از تجمع نمک، در برگ‌های توسعه یافته می‌باشد (۲۵). کاهش فتوسنتز به وسیله شوری می‌تواند

۱ و ۲- دانشجوی کارشناسی ارشد و دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان
(*- نویسنده مسئول: Email: fatemesalimi18@yahoo.com)
۳- استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا همدان

ناشی از هدایت روزنه‌ای پایین، اختلال در فرآیندهای متابولیکی در جذب کربن یا جلوگیری از ظرفیت فتوشیمیایی یا ترکیب اینها باشد (۷). شوری به طور قابل توجهی تولید گیاهان را کاهش می‌دهد. گزارش شده است که شوری باعث کاهش تعداد گل و شاخه در بوته، وزن تر و وزن خشک گل و عملکرد در بابونه آلمانی (۴ و ۲۷)، پروانش (۱۵)، آویشن (۸) و رازیانه (۲) می‌شود. از این رو، تلاش‌های بسیاری برای اصلاح تحمل گیاهان به شوری انجام شده است، ولی موفقیت‌های بدست آمده در این زمینه کم بوده است (۱۲). گیاهان پس از درک شرایط تنش پیام‌هایی را به جریان‌های مختلف متابولیکی سلولی می‌فرستند تا مکانیزم‌های دفاعی فعال شوند. مولکول‌های زیادی از جمله جاسمونیک‌اسید، اتیلن و سالیسیلک‌اسید به عنوان انتقال‌دهنده پیام در شرایط تنش معرفی شده اند (۲۹). جاسمونیک‌اسید و متیل استر آن (متیل‌جاسمونات)، ژن‌های دخیل در عکس‌العمل گیاهان به تنش‌های زنده و غیرزنده را القا می‌کنند (۲۶). همچنین، گزارش شده است که جاسمونات‌ها خسارت ناشی از کم آبی، سرما و شوری را کاهش می‌دهند (۲۱).

بابونه، گیاهی از خانواده مرکبان[1]، گیاهی یکساله و علفی است. گل‌آذین آن به‌صورت کاپیتول است. گل‌های بابونه دارای خواص آرامبخش، التیام‌دهنده قوی زخم‌ها، ضد نفخ و افزایش‌دهنده گلبول‌های سفید خون (تقویت سیستم دفاعی بدن) و ضد حساسیت است (۲۷). رویش بابونه در مناطق شور گزارش شده است (۱۹). بابونه آلمانی یک گیاه مشخص خاک‌های شور است و به این دلیل از آن به عنوان یک گیاه نمک دوست یاد شده است (۲۰). در کل، بابونه به شرایط متنوع اقلیمی و خاکی سازگاری دارد و می‌تواند در تناوب با گیاهان زراعی در مناطقی که مشکل شوری آب و یا خاک را دارند، قرار گیرد. با این وجود، اطلاعات در خصوص اثرات تنش‌های محیطی نظیر شوری بر سرعت فتوسنتز، هدایت روزنه‌ای، کارائی مصرف آب و عملکرد بابونه در کشور نسبتا محدود است. از طرفی، با توجه به اینکه بخش وسیعی از کشور را مناطق شور و یا مناطق با محدودیت آبی تشکیل می‌دهد، لذا اتخاذ تکنیک‌های مناسب با هدف افزایش تحمل گیاهان به شرایط تنش‌زا، به‌نظر ضروری می‌رسد. به همین دلیل این آزمایش با هدف بررسی اثر محلول‌پاشی متیل‌جاسمونات بر برخی خصوصیات فیزیولوژیک و عملکرد گیاه دارویی بابونه‌آلمانی در شرایط شوری، اجرا شد.

مواد و روش ها

در این آزمایش تاثیر محلول پاشی متیل‌جاسمونات در پنج سطح (MJ_1: صفر، MJ_2: ۷۵، MJ_3: ۱۵۰، MJ_4: ۲۲۵ و MJ_5: ۳۰۰ میکرومولار متیل‌جاسمونات) و تنش شوری در چهار سطح (S_1: ۲، S_2: ۶، S_3: ۱۰، و S_4: ۱۴ دسی‌زیمنس بر متر) بر برخی خصوصیات فیزیولوژیک و عملکرد گل بابونه آلمانی، به‌صورت آزمایش فاکتوریل در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه زنجان مطالعه شد.

برای اعمال تنش شوری از نمک طعام استفاده شد. نحوه اعمال شوری به این صورت بود که بعد از تعیین هدایت الکتریکی خاک در آزمایشگاه، کمبود نمک برای دستیابی به تیمارهای مورد نظر با استفاده از رابطه $TDS = EC \times 640$ محاسبه شد و میزان نمک مورد نیاز به خاک گلدان‌ها اضافه گردید. در این فرمول TDS کل مواد جامد محلول در خاک بر حسب میلی گرم در لیتر و EC همان هدایت الکتریکی خاک بر حسب میلی موس بر سانتی متر می‌باشد. محلول پاشی متیل جاسمونات بر روی بوته‌های بابونه در سه مرحله ۴-۳ برگی، ساقه‌روی و آغاز گل‌دهی صورت گرفت. تعداد ۲۵ بذر در گلدان‌هایی به قطر ۲۵ و ارتفاع ۲۰ سانتی‌متر و به‌صورت سطحی کاشته شدند. سپس مقداری ماسه و کود دامی عبور داده شده از الک ۲ میلیمتری روی بذرها قرار گرفت. خاک درون هر گلدان مخلوطی از خاک، ماسه و کود دامی پوسیده به نسبت ۱:۳:۶ بود. بافت خاک از نوع لومی بود که با روش هیدرومتری تعیین گردید. این مخلوط خاکی در تمام گلدان‌ها بصورت وزنی به یک اندازه ریخته شد. در مرحله ۴-۳ برگی عمل تنک کردن صورت گرفت و تعداد بوته در هر گلدان به شش بوته کاهش یافت. اواسط گلدهی صفات سرعت فتوسنتز، هدایت روزنه‌ای، میزان تعرق، غلظت دی اکسید کربن درون روزنه‌ای، کارائی کربوکسیلاسیون و کارایی مصرف آب فتوسنتزی اندازه گیری شدند. لازم به ذکر است که اندازه گیری ها در حوالی ساعت ۱۱ صبح انجام شد.

به منظور اندازه‌گیری میزان فتوسنتز در واحد سطح برگ، هدایت روزنه‌ای، میزان تعرق و غلظت دی اکسید کربن درون روزنه‌ای از دستگاه پرتابل سنجش فتوسنتز (IRGA) مدل LCA4، استفاده شد. کارائی کربوکسیلاسیون که برخی از پژوهشگران آن را معادل هدایت مزوفیلی در نظر گرفته‌اند (۱۱) از رابطه $CE = \frac{An}{Ci}$ به دست آمد. در این فرمول CE: کارائی کربوکسیلاسیون، An: سرعت فتوسنتز و Ci: دی اکسید کربن درون روزنه‌ای می باشد (۳۴). کارایی مصرف آب فتوسنتزی نیز بر اساس فرمول $WUE = \frac{An}{T}$ اندازه گیری شد. در این رابطه WUE: کارایی مصرف آب فتوسنتزی و T: میزان تعرق است (۲۸). گل‌های شکفته شده در طی دوره گلدهی بصورت روزانه و به طور جداگانه برای هر واحد آزمایشی، جمع‌آوری و پس از خشک کردن در آخر دوره رشد، وزن خشک کل آن‌ها به عنوان عملکرد گل برای هر گلدان ثبت شد.

1- Asteraceae

جهت تجزیه واریانس داده ها از نرم افزار MSTAT-C استفاده شد. همچنین، مقایسه میانگین‌ها با بهره‌گیری از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد انجام گرفت. ضرایب همبستگی پیرسون نیز با استفاده از نرم افزار SPSS16 محاسبه گردید.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که سرعت فتوسنتز و پارامترهای مرتبط با آن، کارایی مصرف آب فتوسنتزی و عملکرد بابونه آلمانی به طور معنی‌داری تحت تاثیر اثرات اصلی متیل جاسمونات، شوری و اثر متقابل آن‌ها قرار گرفتند (جدول۱).

کمترین (۱/۶۴ میکرومول CO_2 در متر مربع در ثانیه) و بیشترین (۹/۹۹ میکرومول CO_2 در متر مربع در ثانیه) میزان سرعت فتوسنتز به ترتیب در تیمارهای $MJ_5 \times S_4$ (گیاهان تیمار شده با غلظت ۳۰۰ میکرومولار متیل جاسمونات و شوری ۱۴ دسی زیمنس بر متر) و $MJ_2 \times S_2$ (گیاهان تیمار شده با غلظت ۷۵ میکرومولار متیل جاسمونات و شوری ۶ دسی زیمنس بر متر) به‌دست آمد. به طوریکه، تیمار $MJ_2 \times S_2$ در مقایسه با تیمار $MJ_5 \times S_4$ سرعت فتوسنتز بابونه آلمانی را ۸۳/۵۸ درصد افزایش داد (جدول ۲). به عبارت دیگر با افزایش شوری و غلظت متیل‌جاسمونات فراتر از ۷۵ میکرومولار، سرعت فتوسنتز هم کاهش یافت. کمترین میزان هدایت روزنه‌ای در تیمارهایی مشاهده گردید که شوری آن‌ها ۱۴ دسی زیمنس بر متر بود (جدول ۲). در این تیمارها سطوح به کار رفته متیل‌جاسمونات اختلاف معنی‌داری را روی گیاهان نشان نداد. بیشترین هدایت روزنه‌ای نیز مربوط به گیاهانی بود که در سطح شوری ملایم (۶ دسی زیمنس بر متر) رشد کرده و کمترین مقدار متیل‌جاسمونات (۷۵ میکرومولار) (تیمار $MJ_2 \times S_2$) را دریافت کرده بودند (جدول ۲). با افزایش شدت تنش شوری هدایت‌روزنه‌ای به طور چشمگیری کاهش یافت. در سطوح مختلف تنش شوری، مقدار هدایت روزنه‌ای در غلظت ۷۵ میکرومولار متیل جاسمونات افزایش یافت، ولی در غلظت‌های فراتر از ۷۵ میکرومولار متیل‌جاسمونات، هدایت‌روزنه‌ای کاهش یافت. بیشترین میزان سرعت تعرق (۱۰/۴۸ میلی مول H_2O در متر مربع در ثانیه) نیز به تیمار $MJ_2 \times S_2$ تعلق گرفت و با افزایش سطح شوری و غلظت متیل جاسمونات مصرفی این پارامتر نیز کاهش یافت (جدول ۲). در واقع، کاربرد متیل‌جاسمونات در سطح شوری بالاتر (۱۴ دسی زیمنس بر متر) تاثیری بر روی این ویژگی نداشت.

کمترین مقدار دی اکسید کربن اتاقک زیر روزنه (۱۵۵/۳۳ میلی مول CO_2 در متر مربع در ثانیه) در شوری ملایم (۶ دسی زیمنس بر متر) و محلول پاشی ۷۵ میکرو مولار متیل جاسمونات به‌دست آمد (جدول ۲). پایین بودن مقدار دی اکسید کربن اتاقک زیر روزنه در این تیمار نشان دهنده آسمیلاسیون سریع‌تر کربن و کارایی بالاتر دستگاه فتوسنتزی می‌باشد. با افزایش مقدار نمک خاک مقدار دی اکسید کربن اتاقک زیر روزنه ای افزایش یافت که بیانگر اثرات نامطوب نمک روی دستگاه فتوسنتزی می‌باشد. همچنین، غلظت‌های بالاتر متیل جاسمونات نیز باعث افزایش مقدار دی اکسید کربن اتاقک زیر روزنه ای و کاهش عملکرد دستگاه فتوسنتزی شد. گزارش شده است که عامل اصلی محدود کننده فتوسنتز کاهش هدایت مزوفیلی است (۱۱). مجموعه مکانیسم‌های درونی برگ که به فرآوری دی اکسید کربن می‌انجامد، هدایت مزوفیلی نامیده می‌شوند. میزان کمتر فتوسنتز و فرآوری دی اکسید کربن در حضور مقادیر بالای دی اکسید کربن اتاقک زیر روزنه‌ای به مفهوم پایین بودن میزان هدایت مزوفیلی و عدم توانایی سلول‌های مزوفیل در استفاده از دی اکسید کربن می‌باشد. تجمع دی اکسید کربن در برگ در شرایط تنش نشان دهنده عدم توانایی گیاه در فرآوری دی اکسید کربن علی‌رغم عبور آن از مقاومت روزنه‌ای است.

جدول ۱- میانگین مربعات صفات فتوسنتزی ارزیابی شده در گیاه بابونه در اواسط دوره گلدهی

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات						
		سرعت فتوسنتزی	هدایت روزنه ای	سرعت تعرق	دی اکسید کربن زیر روزنه ای	کارائی کربوکسیلاسیون	کارائی مصرف آب	عملکرد گل
تکرار	۲	۰/۵۱	۰/۰۰۱	۰/۲۰۸	۱۴۹/۴۵	۰/۱۳۱	۰/۰۷۳	۰/۰۳۱
متیل جاسمونات (MJ)	۴	۲۴/۴۱**	۰/۰۲۳**	۳۰/۹۳۳**	۵۶۹۹/۴۰**	۱۰/۴۸۹**	۰/۵۰۲**	۳/۴۶۵**
شوری (S)	۳	۶۹/۲۳**	۰/۱۱۲**	۳۰/۰۸۸**	۵۲۶۴/۴۷**	۲۱/۰۹۵**	۱/۴۲۶**	۲/۶۵۳**
MJ×S	۱۲	۰/۹۹*	۰/۰۰۵*	۴/۸۶۴**	۳۱۸/۲۶**	۰/۹۷۸**	۰/۷۲۵**	۰/۱۲۵*
اشتباه آزمایشی	۳۸	۰/۴۵	۰/۰۰۲	۰/۵۴۹	۶۶/۶۴	۰/۰۹۸	۰/۱۲۳	۰/۰۵۹

ns : عدم وجود تاثیر معنی دار و * و **- به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

جدول ۲- مقایسه میانگین اثرات متقابل اسپری متیل جاسمونات و شوری بر بین صفات فتوسنتزی در اواسط دوره گلدهی

متیل جاسمونات µ M	شوری dS m^{-1}	سرعت فتوسنتز (µ $molCO_2$ m^{-2} s^{-1})	هدایت روزنه ای ($molCO_2$ m^{-2} s^{-1})	سرعت تعرق ($mmolH_2O$ m^{-2} s^{-1})	دی اکسید کربن زیر روزنه ای ($mmolCO_2$ m^{-2} s^{-1})	کارائی کربوکسیلاسیون ($molCO_2$ m^{-2} s^{-1})	کارائی مصرف آب ($molCO_2$ $molH_2O^{-1}$)	عملکرد گل (g pot^{-1})
	۲	۴/۶۴ def	۰/۱۸۳۳ cde	۴/۵۷ cdef	۲۲۰ ghi	۱/۷۲۰ ef	۱/۲۵۲ b	۲/۲۶۵ cde
صفر	۶	۷/۷۷ b	۰/۲۹۷ b	۶/۴۴ b	۲۰۶ i	۳/۰۳۶ b	۱/۳۴۵ b	۲/۶۱۱ bcd
	۱۰	۳/۰۶ hij	۰/۱۵ cdefg	۵/۲۴ bcd	۲۳۲ efh	۱/۰۸۹ ghi	۰/۵۸۵ b	۱/۷۶۵ efghi
	۱۴	۲/۳۳ ijk	۰/۱۳۳ fg	۲/۷۲ gh	۲۶۰ abc	۰/۷۵۲ hi	۰/۹۲۵ b	۱/۷۱۹ efghi
	۲	۷/۰۰ b	۰/۲۲ bcd	۵/۶۲ bc	۲۰۴ i	۲/۷۶۱ bc	۱/۲۷۵ b	۳/۰۵۳ ab
۷۵	۶	۹/۹۹ a	۰/۴۴ a	۱۰/۴۸ a	۱۵۵ j	۴/۸۶۳ a	۰/۹۵۶ b	۳/۷۶۳ a
	۱۰	۵/۵۷ cd	۰/۱۷۳ cdef	۶/۶۵ b	۲۱۴ hi	۲/۱۰۵ de	۰/۸۴۳ b	۲/۶۶۹ bc
	۱۴	۳/۶۵ fgh	۰/۰۸۲۳ efg	۳/۲۶ efgh	۲۳۶ defg	۱/۲۷۶ fg	۱/۲۲۶ b	۲/۰۲۷ cdefgh
	۲	۴/۲۶ efg	۰/۱۷۳ cdef	۳/۷۲ defg	۲۴۰ cdefg	۱/۴۷ fg	۰/۹۷۲ b	۱/۷۲۸ ef
۱۵۰	۶	۶/۶۰ bc	۰/۲۴۳ bc	۵/۹۴ bc	۲۲۸ fgh	۲/۳۷ cd	۱/۰۴۹ b	۲/۰۵۸ cdefg
	۱۰	۳/۲۵ ghi	۰/۱۳۳ cdefg	۲/۸۲ fgh	۲۴۹ abcde	۱/۰۸۷ ghi	۱/۱۶۸ b	۱/۷۹۷ efgh
	۱۴	۱/۸۸ jk	۰/۰۶۳ fg	۲/۲۹ gh	۲۶۲ ab	۰/۵۹۸ i	۰/۸۸۴ b	۱/۲۸۶ hi
	۲	۲/۷۳ hijk	۰/۱۵۰ cdefg	۳/۷۳ defg	۲۵۰ abcde	۰/۹۲۰ ghi	۰/۷۴۷ b	۱/۹۰۱ defgh
۲۲۵	۶	۶/۶۶ bc	۰/۲۲۳ bcd	۴/۸۲ cde	۲۳۴ efg	۲/۳۵۶ cd	۱/۴۴۵ b	۲/۱۱۶ cdef
	۱۰	۲/۳۷ ijk	۰/۱۱۷ defg	۲/۵۶ gh	۲۵۴ abcd	۰/۷۸۱ hi	۱/۰۲۵ b	۱/۷۸ efghi
	۱۴	۱/۶۴ k	۰/۰۶۳ fg	۱/۹۵ h	۲۶۶ a	۰/۵۲۰ i	۰/۸۴۴ b	۱/۳۲۹ ghi
	۲	۲/۳۳ ijk	۰/۱۴۰ cdefg	۲/۶۲۷ gh	۲۵۵ abcd	۰/۷۶۱ hi	۰/۹۶۰ b	۱/۷۰۴ efghi
۳۰۰	۶	۵/۱۴ de	۰/۱۵۷ cdefg	۱/۶۸ h	۲۴۳ bcdef	۱/۷۵۳ ef	۳/۱۱۰ a	۱/۸۴۱ efgh
	۱۰	۲/۳۲ ijk	۰/۱۰۰ efg	۲/۴۳ gh	۲۶۲ ab	۰/۷۴۶ hi	۰/۹۷۸ b	۱/۴۳۶ fghi
	۱۴	۱/۶۴ k	۰/۰۵۰ g	۱/۸۲ h	۲۶۸ a	۰/۵۱۵ i	۰/۹۰۵ b	۱/۰۲۵ i

میانگین های صفات که در هر ستون دارای حروف مشابه می باشند فاقد اختلاف معنی دار در سطح ۵٪ هستند

جدول۳- ضرایب همبستگی بین صفات فتوسنتزی در گیاه بابونه در اواسط دوره گلدهی

	سرعت فتوسنتز	هدایت روزنه‌ای	سرعت تعرق	CO_2 زیر روزنه‌ای	کارائی کربوکسیلاسیون	کارائی مصرف آب
هدایت روزنه‌ای	۰/۸۳**	۱				
سرعت تعرق	۰/۷۹۲**	۰/۸۳۹**	۱			
CO_2 زیر روزنه‌ای	-۰/۸۶۶**	-۰/۸۳۱**	-۰/۸۵۶**	۱		
کارائی کربوکسیلاسیون	۰/۹۸**	۰/۸۵۷*	۰/۸۳۷**	-۰/۹۲**	۱	
کارائی مصرف آب	۰/۳۱۰*	۰/۰۵^{ns}	-۰/۲۵۸*	-۰/۰۵۸^{ns}	۰/۲۲۲^{ns}	۱
عملکرد گل	۰/۸۱۲**	۰/۷۵۹**	۰/۷۸۴**	-۰/۸۹۳**	۰/۸۵۴**	۰/۰۶۱^{ns}

ns: عدم وجود تاثیر معنی دار و * و **- به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

بنابراین، در صورتیکه کاهش فتوسنتز با افزایش یا ثبات غلظت دی اکسید کربن زیر اتاقک روزنه‌ای همراه باشد، می‌توان گفت که عوامل غیر روزنه‌ای محدود کننده فتوسنتز هستند (۱۴). همبستگی مثبت و معنی‌دار ($p < ۰/۰۱$) بین فتوسنتز و هدایت مزوفیلی می‌تواند به دلیل مطالب ذکر شده در بالا باشد (جدول۳).

کمترین هدایت مزوفیلی و کارایی کربوکسیلاسیون، مربوط به تیمارهایی بود که شوری آن‌ها ۱۴ دسی زیمنس بر متر و سطح متیل-جاسمونات در همه آن‌ها ۱۵۰، ۲۲۵ و ۳۰۰ میکرومولار بود. بیشترین میزان هدایت مزوفیلی و کارایی کربوکسیلاسیون (۴/۸۶ مول CO_2 در متر مربع در ثانیه) نیز از تیمار $MJ_2 \times S_2$ (سطح شوری ۶ دسی زیمنس بر متر و محلول پاشی ۷۵ میکرومولار متیل‌جاسمونات) مشاهده گردید (جدول ۲). کارایی مصرف آب لحظه‌ای درتمام تیمارهای متیل‌جاسمونات و سطوح شوری به استثنای غلظت ۳۰۰ میکرومولار متیل‌جاسمونات در سطح شوری ۶ دسی زیمنس بر متر که افزایش چشمگیری داشت، اختلاف معنی‌داری را نشان نداد (جدول۲). به عبارت دیگر بیشترین میزان کارایی مصرف آب لحظه‌ای از تیمار $MJ_5 \times S_2$ حاصل شد. بیشترین میزان عملکرد گل بابونه (۳/۷۶ گرم در گلدان) نیز در سطح شوری ۶ دسی زیمنس بر متر و غلظت ۷۵ میکرومولار متیل‌جاسمونات ($MJ_2 \times S_2$) مشاهده گردید (جدول۲).

آسمیلاسیون خالص دی اکسید کربن از طریق فرآیند فتوسنتز، اولین مرحله تولید بیوماس است (۵). گزارش شده است که کاربرد متیل‌جاسمونات تحت تنش شوری در نخود فرنگی، سرعت فتوسنتز را افزایش داد (۱۰). از سوی دیگر گزارش شده است که شوری باعث کاهش سرعت فتوسنتز خالص گیاهان می‌شود. اما در برخی گونه‌ها یا ارقام مقاوم به شوری گیاهان گلیکوفیت، ممکن است در شرایط شوری‌های ملایم افزایشی در میزان رشد مشاهده شود (۳). بطور معمول میزان بالایی از تنظیم هماهنگ هدایت روزنه‌ای و فتوسنتز دیده می‌شود (۹). کاهش هدایت روزنه‌ای در اثر تنش شوری از مهمترین عواملی است که موجب کاهش فتوسنتز می‌شود (۱۳). با توجه به نتایج جدول ۳، رابطه مثبت فتوسنتز و هدایت روزنه‌ای می‌تواند به این دلیل باشد که با افزایش هدایت روزنه‌ای میزان دی-اکسید کربن ورودی برای استفاده در فتوسنتز، بیشتر می‌شود که در نتیجه ورود ماده خام اولیه مورد نیاز برای فتوسنتز، میزان این فرآیند نیز افزایش می‌یابد. همچنین، همبستگی منفی و معنی‌دار میان هدایت روزنه‌ای و غلظت دی اکسید کربن درون روزنه‌ای می‌تواند به این علت باشد که میان هدایت روزنه‌ای و میزان انتشار دی اکسید کربن به برگ، همبستگی مثبتی وجود دارد. محسوسترین پاسخ گیاهان به شوری کاهش اندازه روزنه‌ها می‌باشد. پاسخ‌های روزنه‌ای توسط اثر اسمزی نمک خارج از ریشه القا می‌گردد. شوری سریعاً بر هدایت روزنه‌ای اثر می‌گذارد (۲۳). با کاهش هدایت‌روزنه‌ای غلظت دی اکسید کربن درون روزنه‌ای افزایش یافته و از فرآیندهای بیوشیمیایی و سنتز ساکاروز جلوگیری می‌شود. با تشدید تنش، غلظت دی‌اکسید کربن در برگ افزایش می‌یابد (۱۷). به نظر می‌رسد با شدت یافتن تنش، متیل‌جاسمونات برای تخفیف دادن به اثرات مضر شوری، باعث القای بسته شدن روزنه‌ها می‌گردد. همچنین، انسداد روزنه‌ها توسط جاسمونات‌ها نیز گزارش شده است (۳۵).

طبق فرمول (تعرق/میزان فتوسنتز = کارایی مصرف آب فتوسنتزی)، رابطه سرعت تعرق با کارایی مصرف آب عکس است (۲۸) و در جدول ۳ نیز همبستگی منفی و معنی‌دار ($p<۰/۰۵$) این دو پارامتر مشاهده می‌شود. به نظر می‌رسد در سطح شوری ۶ دسی زیمنس بر متر، بابونه بعنوان یک گیاه شور پسند در تمامی سطوح متیل‌جاسمونات، سرعت فتوسنتزی بیشتری داشت و از سوی دیگر به نظر می‌رسد تنزل قابل توجه میزان تعرق در این تیمار، تحت اثرات تنظیم‌کننده متیل‌جاسمونات در گشودگی روزنه‌ها به وقوع پیوسته باشد. از طرفی، سرعت تعرق در این تیمار در کمترین مقدار مشاهده شد، این در حالی است که میزان فتوسنتز به همین نسبت کاهش پیدا نکرده است (جدول۲). در مطالعه حاضر، افزایش کارایی مصرف آب در تیمار ۳۰۰ میکرومولار متیل‌جاسمونات و شوری ۶ دسی زیمنس بر متر و افزایش غلظت دی اکسید کربن درون روزنه‌ای با افزایش

شوری، نمود یافت. این نتایج با نتـایج آزمایشـی، مبنـی بـر اینکـه در شرایط تنش و با شدت یافتن آن از میـزان هـدایت روزنـه‌ای کاسـته می‌شود، ولی کارایی مصرف آب فتوسنتزی و غلظت دی اکسید کربن درون روزنه‌ای افزایش نشان می‌دهد (۶)، هماهنگ است.

براساس جدول ۳، عملکرد گـل همبسـتگی مثبتـی و معنـی‌داری ($P<0.01$) با سرعت فتوسنتز، سرعت تعرق و کارایی کربوکسیلاسیون دارد. گیاهان اسپری شده با غلظت ۷۵ میکرومولار متیل‌جاسـمونات و در سطح شوری ۶ دسی زیمنس بر متر بیشترین سرعت فتوسـنتزی و تولید گل را داشتند. بنابراین، می‌توان بیان کرد گیاه بابونه بـه عنـوان یک گیاه گلیکوفیت در شرایط شوری ملایم رشد بیشتری داشت کـه این نتایج با یافته سایر پژوهشگران در خصـوص افـزایش تولیـد گـل بابونه تحت تنش شوری ملایم (۱ و ۲۷) مطابقت دارد. از سوی دیگـر تولید ماده خشک در گیاه وابستگی زیادی به سـطح بـرگ و سـرعت فتوسنتزی برگ دارد و برای رسـیدن بـه سـرعت بـالاتر تولیـد مـاده خشک، لازم است که سرعت فتوسنتز با حفظ سطح برگ در سرتاسـر فصل رشد بالا نگهداشته شود (۳۳).

نتیجه گیری

در آزمایش حاضر، مشاهده شد که اثر متقابل متیـل‌جاسـمونات و شوری ملایم (۶ دسی ریمنس بر متر) با افزایش سـرعت فتوسـنتزی منجر به افزایش تولید گل گردید. بیشترین سرعت فتوسنتزی، هدایت روزنه‌ای، سرعت تعرق، کارائی کربوکسیلاسیون و وزن خشـک گـل و کمترین دی اکسید کربن درون روزنه‌ای مربـوط بـه گیاهـان اسـپری شده با غلظـت ۷۵ میکرومـولار متیـل‌جاسـمونات و شـوری ۶ دسـی زیمنس بر متر بود. با کاهش میزان هدایت روزنه‌ای، کـارایی مصـرف آب فتوسنتزی و غلظت دی اکسید کربن درون‌روزنه‌ای افـزایش پیـدا کرد. به نظر می‌رسد متیل‌جاسمونات در غلظت‌های پـایین‌تـر و تـنش شوری در سطوح ملایم اثرات مثبتی روی شاخص‌هـای فتوسـنتزی و تولیدگل در بابونه آلمانی دارد. علاوه بر این، اثرات مستقیم و تحریـک کننده این هورمون در فرایند گلدهی چشم‌گیر بود. بنابراین، با توجه به اهمیت تولید بابونه آلمانی بعنوان یک گیاه دارویـی و کـاربرد خـارجی این تنظیم کننده در غلظت‌های کم، خـواه در شـرایط نرمـال و خـواه تنش منجر به افزایش قابلیت تولید در بابونه آلمانی می‌گردد.

منابع

۱- افضلی، ف.، ح. شریعتمداری، م. حاج عباسی و ف. معطر. ۱۳۸۶. تاثیر تنش های شوری و خشکی بـر عملکـرد گـل و میـزان فلاونـول –o– گلیکوزیدها درگیاه بابونه.فصلنامه علمی–پژوهشی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران. ۲۳ (۳): ۳۹۰ –۳۸۲.

2- Abd El-Wahab, M. A. 2006. The efficiency of using saline and fresh water irrigation as alternating methods of irrigation on the productivity of *Foeniculum vulgare* Mill subsp. vulgare var. vulgare under North Sinai conditions. Research Journal of Agriculture and Biological Sciences. 2: 571-7.

3- Ashraf, M. 2004. Some important physiological selection criteria for salt tolerance in plants. Flora. 199:361-376.

4- Baghalian, K., A. Haghiry, M. R. Naghavi, and A. Mohammadi. 2008. Effect of saline irrigation water on agronomical and phytochemical characters of chamomile (*Matricaria recutita* L.). Scientia Horticulture. 116: 437-41.

5- Blanco, I., A. Rajaram, W. Kronstad, and M. Reynolds. 2000. Physiological performance of synthetic hexaploid wheat-derived populations. Crop Science. 40:1257-1263.

6- DaCosta, M., Z. Wang, and B. Huang. 2004. Physiological adaptation of Kentucky bluegrass localized soil drying. Crop Science. 44: 1307-1314.

7- Dubey, R. 1997. Photosynthesis in plants under stressful conditions. Pp. 859-875. In: Pessarakly, M., (ED) Handbook of photosynthesis. Marcel Dekker, Inc. New York.

8- Ezz El-Din, A. A.., E. E. Aziz, S. F. Hendawy, and E. A.. Omer. 2009. Response of *Thymus vulgaris* L. to salt stress and alar (B9) in newly reclaimed soil. Journal of Applied Sciences Research. 5: 2165-70.

9- Farquhar, G., S. Caemmerer, and J. Berry. 2001. Models of photosynthesis. Plant Physiology. 125: 42-45.

10- Fedina, I. S., and L. M. Dimova. 2000. Methyl jasmonate –induced polypeptides in *Pisum sativum* roots soluble proteins. Desert Plants Physiology. 53:59-65.

11- Fisher, R., D. Rees, K. Sayre, Z. Lu, A. Candon, and A. Saavedra. 1998. Wheat yield progress associated with higher stomata conductance and photosynthetic rate, and cooler canopies. Crop Science. 38:1467-1475.

12- Flowers, T. 2003. Genetics of plant mineral nutrition improving crop salt tolerance. Experimental Biology. 55: 307-312.

13- Greenway, H., and R. Munns. 1980. Mechanisms of salt tolerance in non halophytes. Annual Review of Plant Physiology. 31: 149-190.

14- Halder, K., and S. Burrage. 2004. Effect of drought stress on photosynthesis and leaf gas exchange of Rice Growth in Nutrient Film Technique (NFT). Pakistan Journal of Biological Sciences. 7: 563-565.

15- Jaleel, C. A., B. Sankar, R. Sridharan, and R. Panneerselvam. 2008. Soil salinity alters growth, chlorophyll content, and secondary metabolite accumulation in *Catharanthus roseus*. Turkish Journal of Biology. 32: 79-83.

16- Jamil, M., D. B. Lee, K. Y. Jung, S. C. Lee, and E. S. Rha. 2006. Effect of salt (NaCl) stress on germination and early seedling growth of four vegetables species. Journal of Central European Agriculture. 7: 273-282.
17- Jones, H. 1987. Breeding for stomatal characters. Pp: 431-443. In: Farquhar, G. D., and Cowan I. R. (Eds.) Stomatal Function. Stanford University Press, Stanford.
18- Koocheki, A., M. Nassiri-Mahallati, and G. Azizi. 2008. Effect of drought, salinity, and defoliation on growth characteristics of some medicinal plants of Iran. Journal of Herbs Spices and Medicinal Plants. 14:37-53.
19- Lal, P., B. Chipa, and A. Kramer. 1993. Salt affected soil and crop production: a modern synthesis. Agro Botanical Publishers, India, 375p.
20- Mann, C., and E. Staba. 1992. The chemistry, pharmacology and commercial formulations of chamomile. Pp. 235-280. In: Craker, L. E., and J. E. Simon (Eds.), Herbs, Spices and Medicinal plants, Recent Advances in Botany, Horticulture and Pharmacology, Food Product Press, New York ,U.S.A.,
21- Mansour, N., M. Ziad, and J. Harb. 2007. Alleviation of salinity stress imposed on broad bean (*Vicia faba*) plants irrigated with reclaimed wastewater mixed with brackish water through exogenous application of Jasmonic acid. In: I.Baz, R. Otterpohl, C. Wendland (Eds.). Efficient Management of Waste water Chap. 8: 91-102.
22- Munns, R. 2002. Comparative physiology of salt and water stress. Plant, Cell and Environment. 25: 239-250.
23- Munns, R., and M. Tester. 2008. Mechanisms of salinity tolerance. Plant Biology. 59:651–81.
24- Omami, E. N., P. S. Hammes, and P. J. Robbertse. 2006. Differences in salinity tolerance for growth and water-use efficiency in some amaranth (*Amaranthus* spp.) genotypes. New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science. 34: 11-22.
25- Parida, A., and A. Dasa. 2005. Salt tolerance and salinity effects on plants. A review ecotoxicology and environmental safety. 60: 324-349.
26- Rao, M., H. Lee, R. Creelman, J. Mullet, and K. Davis. 2000. Jasmonic acid signaling modulates ozone-induced hypersensitive cell death. Plant Cell. 12: 1633-46.
27- Razmjoo, K., P. Heydarizadeh, and M. R. Sabzalian. 2008. Effect of salinity and drought stresses on growth parameters and essential oil content of *Matricaria chamomilla*. International Journal of Agriculture and Biology. 10: 451-4.
28- Ritchie, S., H. Nguyen, and A. Holaday. 1990. Leaf water content and gas exchange parameters of two wheat genotypes differing in drought resistance. Crop Science. 30: 105-111.
29- Senaratna, T., D. Touchell, E. Bunn, and K. Dixon. 2000 Acetyl salicylic acid (aspirin and salicylic acid induce multiple stress tolerance in bean and tomato plant. Plant Growth Regulation. 30:157-161.
30- Shao, H. B., L. Y. Chu, and C. A. Jaleel. 2008. Water-deficit stress-induced anatomical changes in higher plants. Comptes Rendus Biologies. 331: 215-25.
31- Sreenivasulu, N., S. K. Sopory, and P. B. Kavi Kishor. 2007. Deciphering the regulatory mechanisms of abiotic stress tolerance in plants by genomic approaches. Gene. 388:1-13.
32- Stepien, P., and G. Klobus. 2006. Water relations and photosynthesis in *Cucumis sativus* L. leaves under salt stress. Biologia Plantarum. 50: 610-16.
33- Tadashi, H., and C. Theodore. 1999. Some characteristics of reduced leaf photosynthesis at midday in maize growing in the field. Field Crops Research. 62: 53-62.
34- Tiwari, H., R. Agarwal, and P. Bhatt. 1998. Photosynthesis, stomata resistance and related characteristics as influenced by potassium under normal water supply and water stress condition in rice. Indian Journal of Plant Physiology. 3: 314-316
35- Yeh, C., H. Tsay, J. Yeh, F. Tsai, C. Shih, and C. Kao. 1995. A comparative study of the effects of methyl jasmonate and abscisic acid on some rice physiological processes. Plant Growth Regulation. 14: 23-28.