



دانشگاه گیلان

نشریه پژوهش‌های تولید گیاهی

جلد بیست و چهارم، شماره چهارم، ۱۳۹۶

<http://jopp.gau.ac.ir>

ارزیابی اثر سایکوسل و اسید سالیسیلیک بر برخی خصوصیات فیزیولوژیک و اسانس گیاه دارویی بادرشبویه (*Dracocephalum moldavica* L.) تحت شرایط تنش خشکی و نرمال

علی جلالوند^۱، بابک عندلیبی^۲، افشین توکلی^۳ و پرویز مرادی^۴

^۱دانشجوی دکتری گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان،

^۲استادیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان،

^۳دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان،

^۴عضو هیات علمی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان زنجان

تاریخ دریافت: ۹۵/۱۲/۹؛ تاریخ پذیرش: ۹۶/۶/۱۴

چکیده

مقدمه: خشکی یکی از مهمترین تنش‌های محیطی است که ریخت‌شناسی، فیزیولوژی و بیوشیمی گیاه را تحت تأثیر قرار می‌دهد و اثرات عمده‌ای بر تولیدات کشاورزی می‌گذارد. کاربرد ترکیبات محرک رشد (اسید سالیسیلیک) و بازدارنده رشد (سایکوسل) در دامنه‌ای از فرایندهای مختلف رشدی و در افزایش تحمل به خشکی در گیاهان اثر گذارند. به منظور بررسی اثر تنظیم کننده‌های رشدی، سایکوسل و اسید سالیسیلیک بر خصوصیات فیزیولوژیکی و اسانس گیاه بادرشبویه تحت شرایط تنش کم آبی و نرمال، آزمایشی در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه زنجان انجام شد.

مواد و روش: این آزمایش به صورت کرت‌های خردشده با دو عامل آبیاری (آبیاری نرمال و تنش کم آبی) و تنظیم کننده‌های رشدی (شاهد، سایکوسل ۶۰۰، سایکوسل ۱۲۰۰، اسید سالیسیلیک ۸۰۰ و اسید سالیسیلیک ۱۶۰۰ میکرو مولار) با چهار تکرار در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی اجرا شد. تنش کم آبی به صورت پیوسته با قطع کامل آب در بازه زمانی قبل از گلدهی تا انتهای آزمایش اعمال گردید. اعمال سطوح مختلف اسید سالیسیلیک (۸۰۰ و ۱۶۰۰ میکرو مولار)، سایکوسل (۶۰۰ و ۱۲۰۰ میکرو مولار) و شاهد (بدون محلول پاشی) به صورت یک بار محلول پاشی دو روز قبل از اعمال تنش کم آبی انجام شد.

یافته‌ها: اثر متقابل رژیم آبیاری در تنظیم کننده کننده رشد در سال برای صفات تعرق، هدایت روزنه‌ای، فتوستتوز، هدایت مزوفیلی و کارایی مصرف آب فتوستتوزی معنی‌دار بود اما برای صفات محتوای نسبی آب، درصد اسانس، عملکرد اسانس و غلظت CO₂ زیر روزنه‌ای معنی‌دار نبود. مقایسه میانگین اثر متقابل تنظیم کننده کننده رشد در رژیم آبیاری برای صفت عملکرد اسانس نشان داد که در شرایط تنش کم آبی اختلافی بین سطوح تیمارها مشاهده نمی‌شود ولی در شرایط نرمال اختلاف وجود دارد، بطوری‌که سالیسیلیک (۱۶۰۰ میکرو مولار) با میزان ۲۷۳/۶ کیلوگرم در هکتار بیشترین مقدار عملکرد اسانس را در شرایط نرمال داشت اما در شرایط تنش کم آبی تیمار سایکوسل ۶۰۰ میکرومولار با میزان ۲۱۷/۶ کیلوگرم در هکتار نسبت به سایر تیمارها عملکرد اسانس بیشتری داشت. نتایج نشان داد که بین درصد اسانس با سرعت تعرق، هدایت روزنه‌ای و سرعت فتوستتوز همبستگی منفی و معنی‌داری وجود دارد اما بین کارایی مصرف آب فتوستتوزی و درصد اسانس همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود دارد.

*نویسنده مسئول: Galalvand.ali24@gmail.com

نتیجه‌گیری: نتایج حاصل از این آزمایش نشان داد که تنش کم آبی سبب کاهش صفات فیزیولوژیکی شامل: محتوای کلروفیل، سرعت فتوسنتز، هدایت روزنه‌ای و سرعت تعرق می‌شود. همچنین با اعمال تنش کم آبی وضعیت آب در گیاه دچار تغییرات معنی‌داری می‌گردد و محتوای نسبی آب برگ کاهش پیدا می‌کند. تنش کم آبی موجب کاهش درصد و عملکرد اسانس شد به طوری که حتی استفاده از تنظیم کننده‌های رشدی که در این آزمایش مورد استفاده قرار گرفتند، نتوانست این کاهش را جبران کنند. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که در شرایط تنش کم آبی به علت کاهش کلروفیل و سبزیگی گیاه و همچنین کاهش سطح برگ، میزان اسانس گیاه بادرشوبیه کاهش پیدا می‌کند.

واژه‌های کلیدی: هدایت مزوفیلی، عملکرد اسانس، هدایت روزنه‌ای، فتوسنتز

مقدمه

به‌عنوان ضُمامد در دردهای روماتیسمی بهره جست. این گیاه خاصیت ضدتوموری نیز دارد (۱۲).

تنش خشکی یکی از مهمترین عوامل محدودکننده تولید محصولات کشاورزی در سراسر دنیاست. قسمت عمده کشور ایران، دارای اقلیم خشک و نیمه خشک است که خشکی‌های دوره‌ای در آن اتفاق می‌افتد (۲). اثر تنش خشکی در کل سطح گیاه، معمولاً به صورت کاهش در فتوسنتز و رشد در نظر گرفته می‌شود (۳۸). به‌طور واضح بسته شدن روزنه‌ها یکی از پاسخ‌های اولیه به خشکی خاک است و کاهش موازی در فتوسنتز و هدایت روزنه ای تحت استرس خشکی به دفعات قبلاً گزارش شده است (۱۷). ولی مدارک قوی وجود دارد که تنش خشکی متابولیسم مزوفیل را متأثر و از طریق کاهش تولید و فعالیت روبیسکو و یا هر دو ظرفیت فتوسنتزی را کاهش می‌دهد (۱۹). جلوگیری از رشد همراه با بسته شدن روزنه‌ها جزء اولین پاسخ‌های گیاهان به خشکی است (۱۶). گزارش شده است که صفات رشدی در گیاهان دارویی نظیر ریحان (۱۳)، جعفری (۲۵) و ریحان بنفش (۲۱) در شرایط تنش کم آبی کاهش پیدا می‌کند. تنش خشکی و شوری موجب کاهش درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، قوه نامیه و طول ساقچه در گیاه بادرشوبو می‌شود (۳). همچنین تنش کم آبی تأثیرات معنی‌داری روی رنگدانه‌های فتوسنتزی، پرولین، قندهای محلول و فعالیت پراکسیدازی در گیاه بومادران *Achillea*

بادرشوبیه با نام علمی (*Dracocephalum moldavica* L.) و نام‌های فارسی بادرشبی، بادرشبو و شاطرآموزه، گیاهی علفی است که بومی آسیای مرکزی و اهلی شده در مرکز و شرق اروپاست و در شمال غربی ایران، تبریز، ارومیه، یزد، مازندران (در جنگل های مرطوب) و در رشته‌کوه‌های البرز یافت می‌شود (۶). دارای گل‌های شهدآور و اندام هوایی اسانس‌دار است، در این گیاه ۶۶ ترکیب به روش GC/MS و GC/MS شناسایی شده است، که اصلی‌ترین ترکیب‌های شناخته شده این گیاه شامل ژرانیل استات، ژرانیل، ژرانیل و نرال می‌باشند (۳۶، ۲۳). تمامی پیکر گیاه حاوی اسانس است و مقدار آن در قسمت‌های مختلف متفاوت می‌باشد گل و پیکر رویشی بادرشوبیه (برگ‌ها و ساقه‌های جوان) دارای بیشترین اسانس است. ترکیبات اصلی اسانس آن از مونوترپن‌های حلقوی اکسیژن‌دار می‌باشد که ۹۰ درصد اسانس را تشکیل می‌دهند. بیشترین مقدار آن در مرحله گلدهی کامل به‌دست می‌آید (۱۰، ۹، ۱۱). برخی از این ترکیب‌ها در گیاهان اسانس‌دار چند ساله مانند گل محمدی و بادرنجیویه وجود دارد (۳۶). از عصاره بادرشوبیه برای رفع سردرد، سرماخوردگی، ضعف عمومی بدن، به‌عنوان مسکن در دردهای عصبی و اسپاسم‌های معدی و کلیوی، برای شستشوی دهان و در دندان‌دردها استفاده می‌شود. همچنین می‌توان از آن

و شوری می‌شود (۳۵). اسید سالیسیلیک باعث افزایش صفات رشدی در گیاهان دارویی مرزنجوش و ریحان در تنش خشکی شد (۷). سالیسیلات اثرات کلیدی در گیاهان متأثر از تنش از جمله اثر بر جذب عناصر معدنی، پایداری غشاء و روابط آبی، عملکرد روزنه‌ها و بازدارندگی سنتز اتیلن و بهبود رشد دارد (۲۶ و ۵). بسیاری از فرایندهای فیزیولوژیکی و رشد گیاهان را تنظیم و باعث سازگاری گیاهان به تنش‌های محیطی می‌شود. در مطالعه‌ای محلول پاشی اسید سالیسیلیک و اسید جاسمونیک موجب افزایش مقاومت به خشکی و افزایش کلروفیل‌های a و b در گیاه بادرشبو شد (۱). استفاده از سایکوسل به میزان ۲۰۰۰ میلی گرم در لیتر موجب افزایش معنی‌داری در محتوای کلروفیل گل آهار (*Zinnia elegans* var. Liliput) شد که علت آن افزایش سنتز کلروفیل بود (۲۹). استفاده از بازدارنده‌های رشد موجب کاهش سطح برگ به علت ممانعت از سنتز جیبرلین، افزایش اسید آسبزیک و ممانعت از طویل شدن سلول می‌شود (۸). اصولاً استفاده از تنظیم کننده‌های رشد مانند سایکوسل باعث افزایش مقاومت گیاهان به تنش‌های زیستی و غیرزیستی می‌شود و به‌عنوان یک راهبرد برای جلوگیری از اثرات مخرب تنش‌های محیطی به حساب می‌آید (۳۳). با توجه به مشکلات کم آبی در کشور و مصرف گسترده بادرشبو در صنایع دارویی و عطر سازی، پژوهشی به منظور بررسی اثرات اسید سالیسیلیک و سایکوسل بر برخی از صفات فیزیولوژیکی مرتبط با تحمل به خشکی به اجرا درآمد.

مواد و روش‌ها

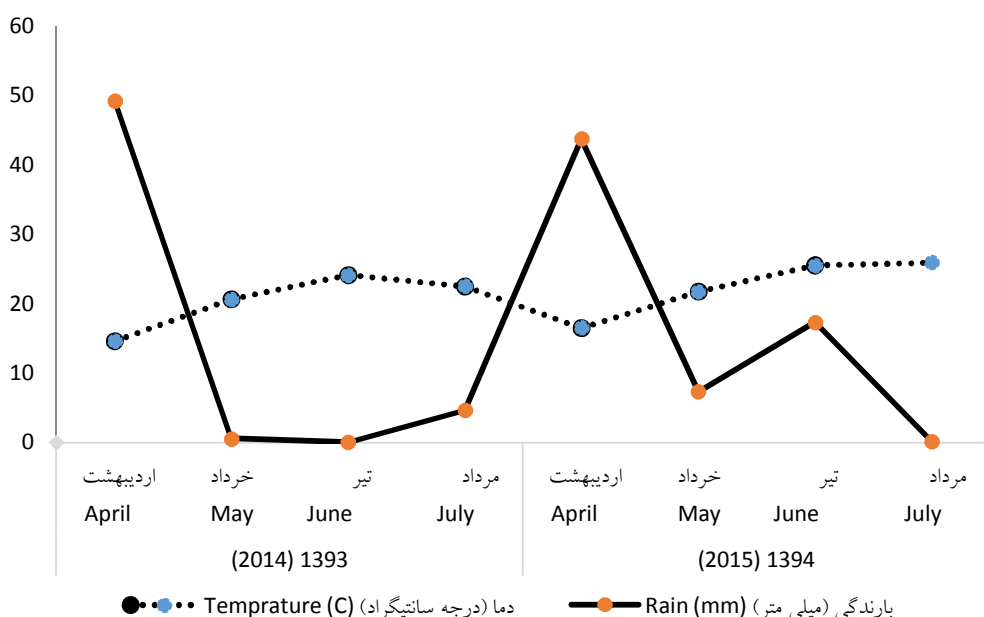
به‌منظور بررسی اثرات تنظیم کننده‌های رشدی، سایکوسل و اسید سالیسیلیک در دو شرایط تنش کم آبی و آبیاری نرمال آزمایشی به‌صورت کرت‌های خرد شده با چهار تکرار در قالب طرح بلوک‌های

(*millefolium* L.) داشته است (۲۲). محتوای نسبی آب یکی از چندین روش اندازه‌گیری وضعیت آبی بافت است، که رابطه نزدیکی با پتانسیل آبی برگ دارد و به‌عنوان شاخص مهم تحت تنش خشکی در برگ‌ها گزارش شده است (۱۹، ۲۰)، که می‌تواند توانایی گیاه را برای در امان بودن از شدت تنش تحت تأثیر قرار دهد و در نتیجه بر عملکرد و پایداری آن مؤثر باشد. تنش خشکی موجب کاهش سرعت فتوسنتز و کاهش محتوای نسبی آب در گیاه بادرشبو شد (۱). در مطالعه‌ای که توسط رهبریان و همکاران (۲۰۱۰)، روی گیاه بادرشبو انجام شد مشخص گردید که تنش خشکی موجب کاهش محتوای نسبی آب می‌شود (۲۷). در مطالعه دیگری که توسط رهبریان و همکاران (۲۰۱۴)، مشاهده کردند که تنش ملایم در خشکی به همراه ۳ تن در هکتار کود دامی بیشترین میزان اسانس را بادرشبویه دارا بود. همچنین مشخص شد که تنش ملایم موجب افزایش اسانس در گیاه بادرشبو شد و با افزایش شدت تنش میزان اسانس کاهش می‌یابد (۲۶). صفیخانی (۲۰۰۷)، در پژوهش‌های خود با اعمال تیمارهای ۴۰، ۶۰ و ۱۰۰ درصد ظرفیت مزرعه روی گیاه دارویی بادرشبو نتیجه گرفت که بیشترین عملکرد اسانس، قند محلول، کلروفیل a و کلروفیل کل به‌ترتیب مربوط به تیمارهای ۴۰، ۶۰ و ۱۰۰ درصد ظرفیت مزرعه به دست آمد. همچنین بیشترین میزان پرولین مربوط به تیمار ۴۰ درصد ظرفیت مزرعه بود و با افزایش تنش از مقدار کلروفیل a کاسته و بر مقدار کلروفیل b افزوده شد (۳۰).

اسید سالیسیلیک یا اسید اورتویدروکسی بنزوئیک یک ترکیب فنلی گیاهی است که به‌عنوان یک تنظیم کننده هورمونی مورد توجه است و در راهبردهای دفاعی بر علیه تنش‌های زیستی و محیطی نیز نقش دارد (۳۲). کاربرد سالیسیلات خارجی موجب افزایش مقاومت گیاهان نسبت به تنش خشکی

پراکنش آن معمولاً از اواخر آبان شروع و تا اواسط بهار ادامه می‌یابد. این شهرستان در ۴۸ درجه و ۴۹/۵ دقیقه طول شرقی و ۳۶ درجه و ۳۷ دقیقه عرض شمالی و در ارتفاع ۱۶۳۴ متر از سطح دریا واقع شده است (شکل ۱).

کامل تصادفی به مدت دو سال در تاریخ ۲۰ اردیبهشت سال‌های ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه شهرستان زنجان اجرا شد. زنجان دارای آب و هوای سرد و خشک کوهستانی با متوسط بارندگی سالیانه حدود ۲۹۳/۵ میلی‌متر است که



شکل ۱: میانگین دما (درجه سانی‌گراد) و بارش (میلی‌متر) ماهیانه در طول دوره رشد گیاه بادرشبویه در زنجان
Figure 1. Montly averages of temperature (°C) and rainfall (mm) during growth of D. moldavica in Zanjan

اعمال تنش کم‌آبی انجام شد و نمونه برداری‌ها در مرحله گلدهی کامل یعنی ۲۰ روز بعد از اعمال تنش کم‌آبی انجام شد. به منظور اندازه‌گیری سرعت فتوسنتز در واحد سطح برگ ($\mu\text{molCO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)، میزان تعرق ($\text{mmolCO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)، هدایت روزنه‌ای ($\text{mmolCO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) و غلظت دی‌اکسید کربن در اتاقک زیر روزنه‌ای ($\mu\text{mol}\cdot\text{mol}^{-1}$)، از دستگاه تحلیل‌گر گاز مادون قرمز^۲ (IRGA, Modle: LCA, ADC BiosentificLTD Hoddeston, UK) در مرحله گل‌دهی کامل استفاده شد. تمامی اندازه‌گیری‌ها در ساعت ۱۰-۱۲ صبح و در شدت نور ۱۲۰۰-۱۴۰۰

در هر کرت ۵ خط کشت با فاصله خطوط کشت ۲۵ سانتی‌متر، فاصله روی خطوط ۲۰ سانتی‌متر و طول هر کرت به میزان ۲ متر قرار گرفت و در هر نقطه کشت ۳ یا ۴ بذر قرار داده شد که بعد از جوانه‌زنی تنها یک بوته حفظ گردید. عامل اصلی سطوح رطوبتی در دو سطح (تنش کم‌آبی و آبیاری نرمال) که به صورت پیوسته با قطع کامل آب دو هفته قبل از گلدهی تا انتهای آزمایش اجرا شد. عامل فرعی شامل سطوح مختلف اسید سالیسیلیک (۸۰۰ و ۱۶۰۰ میکرو مولار)، سایکوسل (۶۰۰ و ۱۲۰۰ میکرو مولار) و شاهد (بدون محلول پاشی) بود. اعمال سطوح فرعی به صورت یک بار محلول پاشی دو روز قبل از

2. Infrared Gas Analyzer (IRGA)

میکرومول فوتون بر متر مربع بر ثانیه انجام شد. برای اندازه‌گیری متغیرهای مربوط به تبادلات گازی، ۵ نمونه از هر کرت به صورت تصادفی مشخص و قسمت میانی آخرین برگ هر بوته از هر تیمار در اتاقک شیشه‌ای انبرک دستگاه قرار داده شد و پس از ۳۰ ثانیه که شرایط درون اتاقک به حالت ثابت رسید داده‌های مربوطه ثبت شد. پس از اعمال تنش کم‌آبی جهت اندازه‌گیری شاخص کلروفیل از دستگاه کلروفیل متر (Model: CCM200) استفاده شد. به این ترتیب که در هر کرت سه بوته به صورت تصادفی انتخاب شد و در هر بوته آخرین برگ توسعه یافته جهت اندازه‌گیری انتخاب شد. در برگ‌های هر بوته شاخص کلروفیل در سه نقطه اندازه‌گیری شد و میانگین داده‌ها به عنوان شاخص کلروفیل برای هر کرت در نظر گرفته شد. اندازه‌گیری محتوای نسبی آب برگ هم‌زمان با اندازه‌گیری تبادلات گازی و برداشت اندام‌های گیاه برای استخراج اسانس، انجام گرفت. برای اندازه‌گیری محتوای نسبی آب برگ، از روش ریتیچی و همکاران (۱۹۹۰)، استفاده شد (۲۴). به دلیل این که تهیه دیسک برگی از برگ‌های بادشویه عملی نبود، از برگ کامل استفاده گردید. به این ترتیب که در هر مرحله از هر واحد آزمایشی ۱۰ برگ کامل (بالاترین برگ هر بوته) انتخاب شد، برگ‌ها بلافاصله بعد از این که از قاعده پهنک بریده شدند، در فویل آلومینیومی پیچیده شده و داخل تانک ازت قرار گرفتند. نمونه‌ها در داخل ازت مایع نگهداری شده و به آزمایشگاه منتقل گردیدند. وزن تر برگ‌ها ۲ ساعت بعد از قطع برگ‌ها تعیین شد. برگ‌ها به مدت ۱۶ تا ۱۸ ساعت در دمای اتاق (تقریباً ۲۰ درجه سانتی‌گراد) در آب مقطر قرار داده شدند. پس از این مدت، برگ‌ها به سرعت و به دقت با استفاده از دستمال کاغذی خشک شدند و وزن آماس شده آن‌ها تعیین گردید. سپس برگ‌ها به مدت

۴۸ ساعت در دمای ۷۲ درجه سانتی‌گراد در آون قرار گرفتند و وزن خشک آن‌ها از طریق توزین به دست آمد. محتوای نسبی آب از رابطه زیر محاسبه شد (رابطه ۱):

رابطه (۱):

$$\left(\frac{\text{وزن خشک} - \text{وزن تر}}{\text{وزن خشک} - \text{وزن آماسیده}} \right) \times 100 = \text{محتوای نسبی آب برگ (\%)}$$

جهت محاسبه هدایت مزوفیلی یا کارایی کربوکسیلاسیون از حاصل تقسیم سرعت فتوسنتز بر میزان غلظت CO₂ موجود در اتاقک زیر روزنه‌ای استفاده شد (رابطه ۲):

رابطه (۲):

غلظت CO₂ زیر روزنه / سرعت فتوسنتز = هدایت مزوفیلی در محاسبه کارایی مصرف آب فتوسنتزی از حاصل تقسیم سرعت فتوسنتز بر هدایت روزنه‌ای استفاده می‌شود. کارایی مصرف آب فتوسنتزی شاخصی است که میزان فتوسنتز را به ازای هر واحد هدایت روزنه‌ای و تعرق نشان می‌دهد (رابطه ۳):

رابطه (۳):

هدایت روزنه‌ای / سرعت فتوسنتز = کارایی مصرف آب فتوسنتزی

برای اندازه‌گیری عملکرد و درصد اسانس در مرحله گل‌دهی کامل از هر کرت آزمایشی چند بوته به صورت تصادفی برداشت شد، اندام گیاهی در یک محیط سایه تحت جریان طبیعی هوا خشک گردیدند. برای استخراج اسانس از نمونه‌های خشک شده، از روش تقطیر با آب و از دستگاه کلونجر استفاده شد. عمل اسانس‌گیری به مدت ۲ ساعت برای اندام‌های رویشی و سرشاخه‌های گلدار ادامه یافت، سپس دستگاه خاموش شد. اسانس استخراج شده و به صورت یک لایه روغن زرد روشن در سطح آب جمع شد. پس از سرد شدن (حدود ۳۰ دقیقه)، اسانس از آب جدا گردیده و آبگیری آن با سولفات سدیم خشک انجام شد (۳۷). اسانس حاصل در داخل

آزمایش کرت‌های خرد شده بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی نشان داد که اثر متقابل رژیم آبیاری در تنظیم‌کننده رشد در سال برای صفات تعرق، هدایت روزنه‌ای، فتوسنتز، هدایت مزوفیلی و کارایی مصرف آب فتوسنتزی معنی‌دار بود که این موضوع نشان دهنده رفتار متفاوت اثرات متقابل تنظیم‌کننده رشد در تنش کم‌آبی در طی دو سال آزمایش می‌باشد (جدول ۱). بنابراین لازم شد تجزیه و تحلیل‌ها برای صفات دارای اثر متقابل معنی‌دار در هر سال به‌طور مجزا صورت گیرد، اما برای صفات محتوای نسبی آب، درصد اسانس، عملکرد اسانس و غلظت CO₂ زیر روزنه‌ای، اثر متقابل تنظیم‌کننده رشد در رطوبت در سال معنی‌دار نبود (جدول ۱) به همین خاطر مقایسات میانگین برای این صفات بر اساس داده‌های دو سال آزمایش انجام شد.

شیشه رنگی سربسته ریخته شد و با دقت ۰/۰۰۰۱ توزین گردید. درصد اسانس بر اساس ۱۰۰ گرم ماده خشک گیاهی و عملکرد اسانس بر اساس گرم در بوته برای تیمارها و تکرارهای مختلف تعیین گردید. رابطه (۴):

$$\text{درصد اسانس} = \frac{\text{وزن اسانس}}{\text{وزن خشک نمونه}} \times 100$$

رابطه (۵):

عملکرد اسانس (در هکتار) = درصد اسانس × وزن خشک در هکتار

جهت تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم افزار آماری SAS نسخه ۹/۴ استفاده شد و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون دانکن استفاده گردید.

نتایج و بحث

تجزیه واریانس مشاهدات بر اساس تجزیه مرکب

جدول ۱: تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه در مرحله گلدهی گیاه بادرشویه طی سال‌های ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴.

Table 1. Analysis of variance of studied traits in flowering stage of *D. moldavica* during the years 2014 and 2015.

Mean of squares		میانگین مربعات				
تعرق	غلظت CO ₂ زیر روزنه‌ای	عملکرد اسانس	درصد اسانس	محتوای نسبی آب	درجه آزادی	منابع تغییرات
Transpiration	Inter-cellular CO ₂ concentration	Essential oil Yield	Percentage of essential oil	Relative Water Content	Df	S.O.V.
1.23	2696.27	3.33**	7.72*10 ^{-2**}	81.97	1	سال Year
2.62	2745.78	0.22	4.14*10 ^{-3*}	22.08	6	خطای a Error a
76.95	20989.42*	1.70	8.60*10 ⁻²	2504.69*	7	تنش کم آبی Water stress
13.19*	29.10	0.23	1.61*10 ⁻⁴	30.33	1	سال × تنش کم آبی Water stress×year
3.05	3216.32	0.22	5.50*10 ⁻³	18.62	6	خطای b Error b
2.00	659.24	0.19	3.11*10 ^{-3*}	17.21	4	تنظیم‌کننده رشد Growth regulator
0.93	992.61	0.33**	5.37*10 ⁻³	9.14	4	تنظیم‌کننده رشد × تنش کم آبی Growth regulator×Water stress
2.55**	1682.71	0.30	6.11*10 ⁻³	5.04	4	سال × تنظیم‌کننده رشد Growth regulator×Year
2.02**	251.68	0.03	9.92*10 ⁻⁴	18.22	4	سال × تنش کم آبی × تنظیم‌کننده رشد Water stress×Growth regulator×Year
0.38	547.61	0.14	2.9*10 ⁻³	21.52	48	خطای c Error c
23.64	10.79	26.84	19.21	6.43		ضریب تغییرات (درصد) CV (%)

* و **: به ترتیب نشان دهنده معنی‌داری در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

* and **: Significant P<0.05 and P<0.01 level, respectively.

ادامه جدول ۱: تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه در مرحله گلدهی گیاه بادرشبوویه طی دو سال آزمایش.

Continued table 1. Analysis of variance of studied traits in flowering stage of *D. moldavica* during two years of experiment.

Mean of squares میانگین مربعات					
کارایی مصرف آب فتوسنتزی Photosynthesis Water Use Efficiency	هدایت مزوفیلی Mesophyll Conductance	فتوسنتز Photosynthesis	هدایت روزنه‌ای Stomatal Conductance	درجه آزادی Df	منابع تغییرات S.O.V.
2122.30	0.0002	18.56*	6.1*10 ⁻³	1	سال Year
788.23	0.0001	3.83	1.4*10 ⁻³	6	خطای a Error a
57427.21**	0.0006	92.74	1.3*10 ⁻¹	1	تنش کم آبی Water stress
28.69	0.0011**	48.46**	3.4*10 ⁻³	1	سال × تنش کم آبی year × Water stress
1194.52	0.00005	2.38	1.9*10 ⁻³	6	خطای b Error b
5301.85**	0.0005	21.27	2.3*10 ⁻³	4	تنظیم کننده رشد Growth regulator
3894.31	0.0002	2.85	1.2*10 ⁻³	4	تنظیم کننده رشد × تنش کم آبی Water stress × Growth regulator
341.95	0.0001**	5.39*	5.2*10 ^{-3**}	4	سال × تنظیم کننده رشد Year × Growth regulator
1577.66**	0.0001*	6.33**	7.1*10 ^{-3**}	4	سال × تنش کم آبی × تنظیم کننده رشد Year × Growth regulator × Water stress
353.52	0.00003	1.87	3.2*10 ⁻⁴	48	خطای c Error c
22.55	23.15	26.94	22.68	CV (%)	ضریب تغییرات (درصد)

* و **: به ترتیب نشان دهنده معنی داری در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

* and **: Significant at P< 0.05 and P< 0.01 level, respectively.

جدول ۲: تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه در طی سال ۱۳۹۳ گیاه بادرشبوویه

Table 2. Analysis of variance of traits during 2014 in *D. moldavica*.

Mean of squares میانگین مربعات						
کارایی مصرف آب فتوسنتزی Photosynthesis Water Use Efficiency	هدایت مزوفیلی Mesophyll Conductance	فتوسنتز Photosynthesis	هدایت روزنه‌ای Stomatal Conductance	تعرق Transpiration	درجه آزادی Df	منابع تغییرات S.O.V.
1174.63	0.0002	7.31	1.37*	4.94	3	بلوک Block
30011.69**	0.0017*	137.64**	8.62**	76.92**	1	تنش کم آبی Water stress
1442.75	0.0001	2.17	8.12	1.38	3	خطای a Error a
3194.15**	1.00	9.21**	3.93**	2.58**	4	تنظیم کننده رشد Growth regulator
4098.15**	0.77	2.36	4.00**	2.17**	4	تنش کم آبی × تنظیم کننده رشد Growth regulator × Water stress
344.58	0.49	1.75	2.54	0.34	24	خطای b Error b
20.97	24	28.78	22.26	23.54	CV (%)	ضریب تغییرات (درصد)

* و **: به ترتیب نشان دهنده معنی داری در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

* and **: Significant at P< 0.05 and P< 0.01 level, respectively.

شده و در نتیجه موجب افزایش عملکرد اسانس شده است. اما در شرایط تنش کم‌آبی سایکوسل ۶۰۰ میکرومولار که یک بازدارنده رشد است موجب کاهش سطح برگ و کوچکتر شدن برگ‌ها شده و در نتیجه موجب افزایش دوام سطح برگ در شرایط تنش کم‌آبی شده و موجب افزایش مقاومت گیاه به تنش کم‌آبی شد و عملکرد اسانس بیشتری در شرایط تنش دارا بود سالیسیلات اثرات کلیدی در گیاهان متأثر از تنش از جمله اثر بر جذب عناصر معدنی، پایداری غشاء و روابط آبی (۵)، عملکرد روزنه‌ها و بازدارندگی سنتز اتیلن (۳۴) و بهبود رشد داشته است. بسیاری از فرایندهای فیزیولوژیکی و رشد گیاهان را تنظیم می‌کند. کاربرد خارجی اسید سالیسیلیک ممکن است در فرایندهایی مانند فتوسنتز و سرعت رشد اثر داشته باشد (۱۳). درصد اسانس (شکل ۲) و عملکرد اسانس در سال ۱۳۹۳ نسبت به سال ۱۳۹۴ بیشتر بود (شکل ۳) که با توجه به اینکه میانگین دما در سال ۱۳۹۳ نسبت به سال ۱۳۹۴ کمتر بوده این خنک‌تر بودن هوا می‌تواند عاملی در جهت کاهش شدت تنش کم‌آبی بوده و در نتیجه موجب افزایش عملکرد نسبت به سال ۱۳۹۴ شده است.

مقایسه میانگین اثر متقابل تنظیم کننده‌های رشدی در تنش کم‌آبی برای صفت عملکرد اسانس نشان داد که در شرایط تنش کم‌آبی اختلافی بین سطوح تنظیم کننده رشد مشاهده نمی‌شود ولی بین سطوح تنظیم کننده رشد در شرایط نرمال برای عملکرد اسانس اختلاف وجود دارد به طوری که اسید سالیسیلیک ۱۶۰۰ میکرومولار بیشترین مقدار عملکرد اسانس را دارا می‌باشد و سطوح سایکوسل ۱۲۰۰ میکرومولار و شاهد اختلاف معنی‌داری با آن ندارند یعنی مصرف سایکوسل ۶۰۰ میکرومولار و اسید سالیسیلیک ۸۰۰ میکرومولار باعث کاهش معنی‌دار عملکرد اسانس نسبت به شاهد شده است (شکل ۳). کاربرد تنظیم کننده‌های رشدی در طی دو سال آزمایش نشان داد که اسید سالیسیلیک ۱۶۰۰ میکرومولار کمترین مقدار درصد اسانس را به خود اختصاص داده است و سایر سطوح اختلاف معنی‌داری با شاهد نداشت. با توجه به نتایج کاربرد اسید سالیسیلیک ۱۶۰۰ نه تنها تأثیری در افزایش درصد اسانس نداشته است بلکه باعث کاهش درصد اسانس نیز شده است (شکل ۴). در شرایط نرمال (بدون تنش آبی)، چون اسید سالیسیلیک ۱۶۰۰ میکرومولار یک محرک رشد است موجب افزایش سطح برگ و افزایش اندام فتوسنتزی گیاه

جدول ۳: تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه در طی سال ۱۳۹۴ گیاه بادرشویه

Table 3. Analysis of variance of traits during 2015 in *D. moldavica*

Mean of squares						
کارآبی مصرف آب	هدایت مزوفیلی	فتوسنتز	هدایت روزنه‌ای	تعرق	درجه آزادی	منابع تغییرات
Photosynthesis Water Use Efficiency	Mesophyll Conductance	Photosynthesis	Stomatal Conductance	Transpiration	Df	S.O.V.
401.83	0.00005	0.34	1.4	0.31	3	Block بلوک
27444.25*	0.00004	3.56	4.4*	13.21**	1	Water stress تنش کم‌آبی
946.27	0.00001	2.59	3*	4.73	3	Error a a خطای
2449.66**	0.0005	17.44**	3.7**	1.98**	4	تنظیم کننده رشد Growth regulator
1373.80*	0.0002**	6.82*	4.3**	0.77	4	تنش کم‌آبی × تنظیم کننده رشد Growth regulator × Water stress
362.45	0.00003	1.99	4	0.42	24	(Error b) b خطای
24.34	21.49	25.39	22.73	23.69	CV (%)	ضریب تغییرات (درصد)

* و **: به ترتیب نشان‌دهنده معنی‌داری در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

* and **: Significant at the $P < 0.05$ and $P < 0.01$ level, respectively.

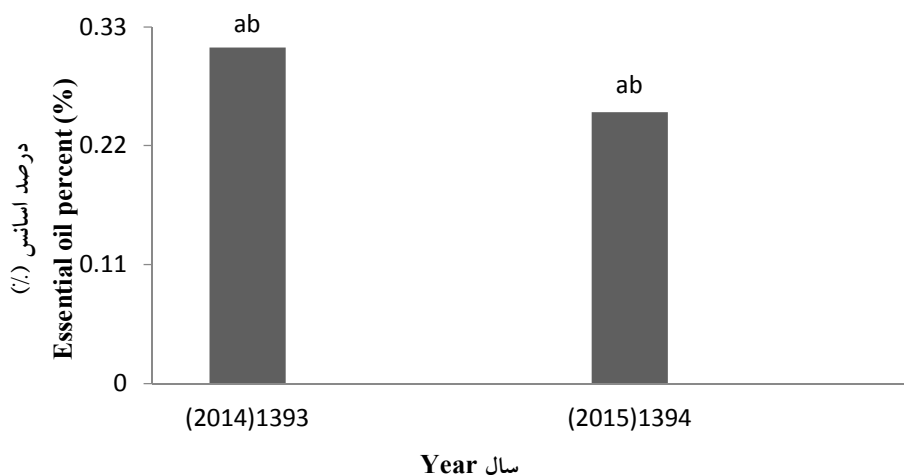
جدول ۴: مقایسه میانگین اثرات سال و رژیم آبیاری برای صفات مورد مطالعه در گیاه بادرشبویه

Table 4. Mean comparisons of effects of year and irrigation regime on studied traits in *D. moldavica*

CO ₂ زیر روزنه‌ای Intercellular CO ₂ ($\mu\text{mol} \cdot \text{mol}^{-1}$)	درصد اسانس Essential oil Percent	محتوای نسبی آب (%) Relative Water content (%)	رژیم آبیاری Irrigation regime
233.93a	0.313a	77.69a	نرمال Control
199.46b	0.248b	66.5b	تنش کم آبی Water Stress

حروف مشابه در هر ستون بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار بین سطوح عامل مورد بررسی براساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۰/۰۵ می‌باشد.

The same letters in each column represent no significant differences between treatment by Duncan test is 0.05

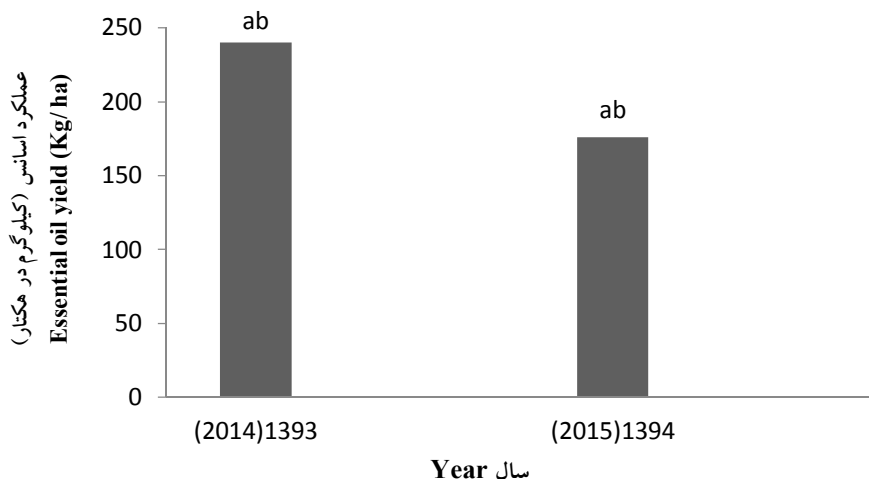


شکل ۲: مقایسه میانگین اثرات سال برای صفت درصد اسانس در گیاه بادرشبویه

Figure 2. Mean comparisons of effects of year for essential oil percent

حروف مشابه در هر ستون بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار بین سطوح عامل مورد بررسی براساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۰/۰۵ می‌باشد.

The same letters in each column represent no significant differences between treatment by Duncan test is 0.05 level.

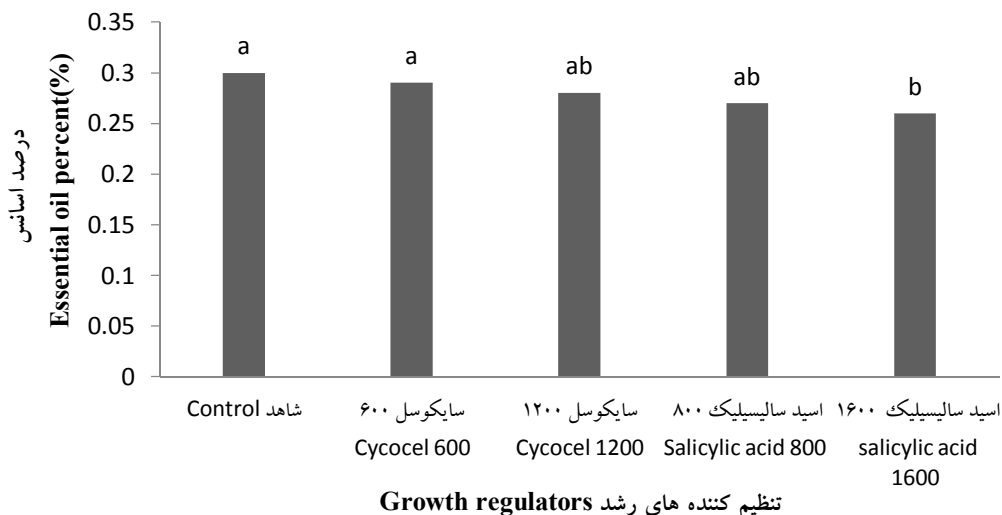


شکل ۳: مقایسه میانگین اثر سال برای صفت عملکرد اسانس در گیاه بادرشبویه

Figure 3. Mean comparisons of effects of year for essential oil yield

حروف مشابه در هر ستون بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار بین سطوح عامل مورد بررسی براساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۰/۰۵ می‌باشد.

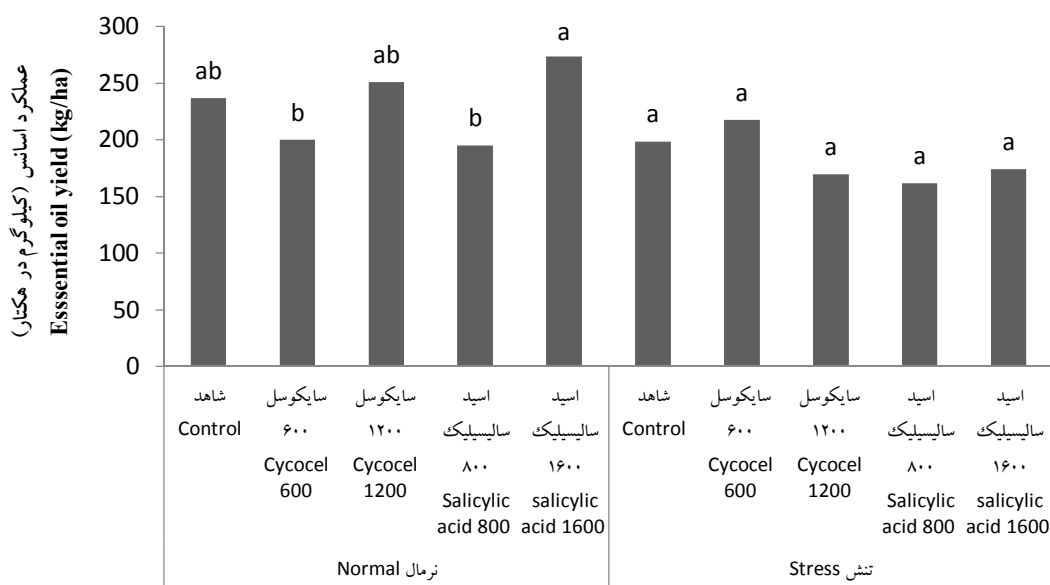
The same letters in each column represent no significant differences between treatment by Duncan test is 0.05 level.



شکل ۴: مقایسه میانگین اثر تنظیم کننده رشد برای صفت درصد اسانس در گیاه بادرشوبویه

Figure 4. Mean of comparisons the effect of growth regulator for essential oil present

حروف مشابه در هر ستون بیانگر عدم اختلاف معنی دار بین سطوح عامل مورد بررسی بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۰/۰۵ می باشد. The same letters in each column represent no significant differences between treatment by Duncan test is 0.05 level.



شکل ۵: مقایسه میانگین اثر متقابل تنظیم کننده رشد در تنش کم آبی برای صفت عملکرد اسانس در گیاه بادرشوبویه

Figure 5. Mean of comparisons of interaction effects water stress in growth regulator for essential oil yield

حروف مشابه در هر ستون بیانگر عدم اختلاف معنی دار بین سطوح عامل مورد بررسی بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۰/۰۵ می باشد.

The same letters in each column represent no significant differences between treatment by Duncan test is 0.05 level.

کارایی مصرف آب فتوسنتزی وجود دارد (جدول ۸). هر چه محدودیت‌های روزنه‌ای بیشتر گردد (کاهش سرعت تعرق، هدایت روزنه‌ای و فتوسنتز) درصد

نتایج نشان داد همبستگی منفی و معنی دار بین درصد اسانس با صفات سرعت تعرق، هدایت روزنه‌ای، سرعت فتوسنتز و رابطه مثبت و معنی دار با صفت

اسانس بیشتر خواهد شد. اعمال تنش کم‌آبی باعث کاهش محتوای نسبی آب، CO_2 زیر روزه‌ای و درصد اسانس شد (جدول ۴). کاهش محتوای نسبی آب به کاهش قابلیت دسترسی به آب در شرایط تنش کم‌آبی مربوط می‌باشد. رابطه مثبت و معنی‌دار این صفت با صفات سرعت تعرق، هدایت روزه‌ای و فتوستز تایید کننده این مطلب است (جدول ۸). کاهش مقدار CO_2 زیر روزه‌ای در شرایط تنش کم‌آبی در مرحله گلدهی می‌تواند به محدودیت‌های روزه‌ای مرتبط باشد که باعث کاهش تبادل گازی شده و گیاه هنوز فتوستز خود را به‌طور نرمال انجام می‌دهد. جلوگیری از رشد همراه با بسته شدن روزه‌ها جزء اولین پاسخ‌های گیاهان به خشکی است (۱۶). تنش خشکی و کاربرد اسید اسکوریک موجب کاهش CO_2 زیر روزه‌ای و کاهش فتوستز در گیاه دارویی ریحان شد (۱۳). تنش خشکی در گیاه جعفری موجب افزایش محدودیت‌های روزه‌ای و کاهش فتوستز گردید (۲۵). در شرایط تنش کم‌آبی رشد و عملکرد در ریحان بنفش کاهش یافت (۲۱).

نتیجه تجزیه واریانس در سال ۱۳۹۳ نشان داد اثر متقابل تنش کم‌آبی در تنظیم کننده رشد برای صفات تعرق، هدایت روزه‌ای و کارایی مصرف آب فتوستزی معنی‌دار و برای صفات فتوستز و هدایت مزوفیلی اختلاف معنی‌دار نبود (جدول ۲). نتایج نشان داد که تنظیم کننده رشدی کار برده شده در هر سطح از آبیاری برای صفات تعرق، هدایت روزه‌ای و کارایی مصرف آب فتوستزی رفتار یکسانی نداشته‌اند. مقایسه میانگین اثر متقابل آبیاری در تنظیم کننده رشد برای صفت هدایت روزه‌ای در سال ۱۳۹۳ نشان داد که کاربرد تنظیم کننده رشد در سطح رطوبتی نرمال باعث اثرات کاملاً متفاوت روی این صفت شده است بطوریکه کاربرد اسید سالیسیلیک ۸۰۰ میکرو مولار باعث افزایش این صفت شده و بیشترین مقدار از لحاظ این صفت را به خود اختصاص داده است و کمترین مقدار مربوط به تیمار

شاهد و کاربرد سالیسیل ۱۲۰۰ میکرو مولار بود (جدول ۷). همان‌گونه که از نتایج مشخص است کاربرد تنظیم کننده رشد تا غلظت مشخصی می‌تواند باعث بهبود هدایت روزه‌ای شده و بیشتر از آن غلظت، کاهش این صفت را در پی دارد. کاربرد سطوح مختلف تنظیم کننده‌های رشد در شرایط نرمال اثر متفاوتی بر سرعت تعرق گذاشت که بیشترین میزان سرعت تعرق به کاربرد اسید سالیسیلیک ۸۰۰ میکرو مولار و سالیسیل ۶۰۰ میکرو مولار اختصاص دارد و کمترین مقدار مربوط به تیمار شاهد و کاربرد سالیسیل ۱۲۰۰ میکرو مولار بود (جدول ۷)؛ اما کاربرد تنظیم کننده‌های رشد در هر دو شرایط آبیاری نرمال و تنش کم‌آبی، کارایی مصرف آب فتوستزی را نسبت به شاهد را کاهش داد (جدول ۷)، که این موضوع به دلیل افزایش هدایت روزه‌ای نسبت به فتوستز انجام شده صورت گرفته است. با توجه به جدول ۵ مشخص شد که تنش کم‌آبی، فتوستز و هدایت مزوفیلی را نسبت به شرایط نرمال کاهش داده که این کاهش بخاطر محدودیت روزه‌ای صورت گرفته است. در مرحله گلدهی کاربرد تنظیم کننده‌های رشد به جزء سالیسیل ۶۰۰ میکرو مولار نه تنها افزایش فتوستز را در پی نداشته بلکه کاهش آن را نیز موجب شده است (جدول ۶). نتایج مقایسه میانگین نشان داد کاربرد اسید سالیسیلیک ۱۲۰۰ میکرو مولار باعث کاهش هدایت مزوفیلی نسبت به شاهد شده است و سایر سطوح تنظیم کننده‌های رشد اختلاف معنی‌داری با شاهد نداشتند. محلول پاشی اسید سالیسیلیک و اسید جاسمونیک موجب افزایش مقاومت به خشکی و افزایش کلروفیل a و b در گیاه بادرشبو شد (۱). استفاده از سالیسیل به میزان ۲۰۰۰ میلی‌گرم موجب افزایش معنی‌داری در محتوای کلروفیل در خانواده گل آهار (*var. Liliput*) *Zinnia elegans* شد که علت آن افزایش تولید کلروفیل بود (۲۹).

جدول ۵: مقایسه میانگین سطوح تنش کم آبی برای صفات مورد مطالعه در سال‌های ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴

Table 5. Mean of comparisons of water stress on studied traits in the 2014 and 2015 years.

2015	2014		سال Year
تعرق Transpiration (mmol CO ₂ .m ⁻² .s ⁻¹)	هدایت مزوفیلی Mesophyll Conductance (mmol.m ⁻² .s ⁻¹)	فتوستتز Photosynthesis (molCO ₂ .m ⁻² .s ⁻¹ .μ)	رژیم آبیاری Irrigation regime
3.30a	0.03 a	6.45 a	آبیاری نرمال Control
2.20 b	0.02 b	2.74 b	تنش کم آبی Water Stress

حروف مشابه در هر ستون بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار بین سطوح عامل مورد بررسی براساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۰/۰۵ می باشد.
The same letters in each column represent no significant differences between treatments by Duncan test in 5% level.

جدول ۶: مقایسه میانگین عامل تنظیم کننده‌های رشد برای صفات مورد مطالعه

Table 6. Mean of comparisons growth regulator factor on studied traits

2015	2014		سال Year
تعرق Transpiration (mmol CO ₂ .m ⁻² .s ⁻¹)	هدایت مزوفیلی Mesophyll Conductance (mmol.m ⁻² .s ⁻¹)	فتوستتز Photosynthesis (molCO ₂ .m ⁻² .s ⁻¹ .μ)	تنظیم کننده رشد Growth regulator μm
3.51a	0.021 a	5.98a	شاهد Control
3.00a	0.027 a	5.31ab	سایکوسل 600 CCC600
2.94a	0.021 a	4.35bc	سایکوسل 1200 CCC1200
2.64a	0.024 a	4.7bc	اسیدسالیسیلیک 800 Salicylic acid 800
1.91b	0.015 b	3.25c	اسیدسالیسیلیک 1600 Salicylic acid 1600

حروف مشابه در هر ستون بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار بین سطوح عامل مورد بررسی براساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۰/۰۵ می باشد.
The same letters in each column represent no significant differences between treatments by Duncan test in 0.05 level.

جدول ۷: مقایسه میانگین اثرات متقابل تنظیم کننده رشد در تنش کم آبی برای صفات مورد مطالعه در سال ۱۳۹۳

Table 7. Mean of comparisons of growth regulator intraction effect in water stress on studied traits in the 2014

2015 Year				2014 Year				
کارایی مصرف آب فتوستتزی Photosynthesis Water Use Efficiency (μmol CO ₂ .mol ⁻¹)	هدایت مزوفیلی Mesophyll Conductanc e (mmol.m ⁻² .s ⁻¹)	فتوستتسز Photosynthe sis (molCO ₂ .m ⁻² .s ⁻¹ .μ)	هدایت روزنه‌ای Stomatal Conductance mmol) (CO ₂ .m ⁻² .s ⁻¹)	کارایی مصرف آب فتوستتزی Photosynthesi s Water Use Efficiency	تعرق Transpirati on mmol) (CO ₂ .m ⁻² .s ⁻¹)	هدایت روزنه‌ای Stomatal Conducta nce mmol) (CO ₂ .m ⁻² .s ⁻¹)	تنظیم کننده رشد Growth regulator μm	رژیم آبیاری Irrigatio n regime
66.53a	0.03a	7ab	0.11c	98.85a	2.77c	0.06c	شاهد Control	
52.86a	0.04a	8.39a	0.17a	52.85b	4.53ab	0.14b	سایکوسل 600 CCC60	
39.16a	0.02bc	4.85c	0.13bc	63.30b	2.90c	0.09c	سایکوسل 1200 CCC1200	نرمال Control
40.53a	0.02b	6.22bc	0.15ab	50.13b	5.21a	0.17a	اسیدسالیسیلیک 800 Salicylic acid 800	

علی جالوند و همکاران

61.01a	0.01c	2.81d	0.05d	40.48b	3.92b	0.13b	اسیدسالیسیلیک ۱۶۰۰ Salicylic acid 1600	
107.15b	0.02c	4.61bc	0.40a	94.33c	1.42a	0.03a	شاهد Control	
146.17a	0.03a	6.95a	0.60a	174.25a	1.30a	0.03a	سایکوسل ۶۰۰ CCC600	تنش کم
112.61b	0.03ab	6.30ab	0.60a	127.88b	0.77a	0.02a	سایکوسل ۱۲۰۰ CCC1200	آبی Water Stress
81.62b	0.02bc	4.88bc	0.60a	96.44c	1.18a	0.03a	اسیدسالیسیلیک ۸۰۰ Salicylic acid 800	
74.48c	0.02c	3.83c	0.50a	86.63c	0.79a	0.02a	اسیدسالیسیلیک ۱۶۰۰ Salicylic acid 1600	

حروف مشابه در هر ستون بیانگر عدم اختلاف معنی دار بین سطوح عامل مورد بررسی براساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۰/۰۵ می باشد.
The same letters in each column represent no significant differences between treatments by Duncan test in 5% level.

جدول ۸: همبستگی فنوتیپی بین صفات مورد مطالعه برای گیاه بادرشبویه در طی دو سال

Table 8- phenotypic correlation between studied traits during two years in *D. moldavica*

9	8	7	6	5	4	3	2	1	صفت Trait
								1	1
							1	-0.92**	2
						1	-0.24	0.63	3
					1	0.64*	-0.73*	0.86**	4
				1	0.88**	0.46	-0.85**	0.94**	5
			1	0.98**	0.87**	0.47	-0.87**	0.95**	6
		1	0.8**	0.82**	0.51	0.35	-0.62*	0.72*	7
	1	0.91**	0.52	0.54	0.14	0.17	-0.41	0.47	8
1	0.09	-0.23	-0.74**	-0.71*	-0.8**	-0.33	0.82**	-0.78**	9

۱-محتوای نسبی آب (Relative water content) ۲- درصد اسانس (Essential oil present) ۳- عملکرد اسانس (Essential oil yield) ۴- غلظت CO₂ زیر روزنه ای (Intercellular CO₂ concentration) ۵- تعرق (Transpiration) ۶- هدایت روزنه ای (Stomatal conductance) ۷- سرعت فتوسنتز (Photosynthesis) ۸- هدایت مزوفیلی (Mesophyll conductance) ۹- کارایی مصرف آب فتوسنتزی (Photosynthesis) (water use efficiency).

* و **: به ترتیب نشان دهنده معنی داری در سطح احتمال ۰/۰۵ و ۰/۰۱

* and **: Significant at the 0.05 and 0.01 probability levels, respectively

هدایت روزنه‌ای اثر گذار بوده و در غلظت‌های بالاتر، کاربرد تنظیم کننده‌های رشد خود به عنوان عامل محدود کننده عمل می‌نمایند (جدول ۷). کاربرد تنظیم کننده‌های رشدی هم در شرایط آبیاری نرمال و تنش کم آبی اثر متفاوتی بر سرعت فتوسنتز داشته است به طوری که کاربرد سایکوسل ۶۰۰ میکرو مولار در شرایط نرمال باعث افزایش در میزان فتوسنتز شده است و کاربرد سایر سطوح تنظیم کننده‌های رشد

تجزیه واریانس صفات در سال ۱۳۹۴ نشان داد که اثر متقابل رژیم آبیاری در تنظیم کننده رشد برای صفات هدایت روزنه‌ای، فتوسنتز، هدایت مزوفیلی و کارایی مصرف آب فتوسنتزی معنی دار و این اثر متقابل برای صفت تعرق معنی دار نبود (جدول ۳). مقایسه میانگین اثر متقابل رژیم آبیاری در تنظیم کننده‌های رشد در سال ۱۳۹۴ نشان داد که کاربرد تنظیم کننده‌های رشد فقط در شرایط نرمال رطوبتی روی

نسبت به دیگر تنظیم کننده‌های رشد بهترین نتایج را نشان داد به طوری که تیمار بوته‌های پنبه با سایکوسل موجب افزایش درصد روغن استحصالی از پنبه‌دانه گردید (۳۱). با توجه به اینکه اولین واکنش گیاه در برابر تنش کم‌آبی بستن روزنه‌هاست کاهش سرعت تعرق قابل انتظار بود (جدول ۵). رابطه مثبت سرعت تعرق با صفات هدایت روزنه‌ای و سرعت فتوسنتز این موضوع را تأیید می‌کند که تنش کم‌آبی موجب افزایش محدودیت‌های روزنه‌ای گردیده و موجب کاهش محتوای نسبی آب برگ، CO_2 زیر روزنه‌ای، سرعت تعرق، سرعت فتوسنتز، و هدایت مزوفیلی می‌گردد (جدول ۸). کاربرد سطوح مختلف تنظیم کننده‌های رشد به جزء اسید سالیسیلیک ۱۶۰۰ میکرو مولار که باعث کاهش در میزان سرعت تعرق نسبت به شاهد شد تغییر معنی‌داری در میزان این صفت نسبت به شاهد ایجاد نکردند. با توجه به نتایج می‌توان اظهار داشت اسید سالیسیلیک ۱۶۰۰ میکرو مولار خود نیز به احتمال زیاد به بسته شدن روزنه‌ها کمک کرده و سرعت تعرق را کاهش داده است. با توجه به اینکه اسید سالیسیلیک در تنظیم تعدادی از فرایندهای فیزیولوژیک از جمله فتوسنتز، بسته شدن روزنه‌ها، تعرق، سنتز کلروفیل و پروتئین، ممانعت از بیوسنتز اتیلن، جذب و انتقال مواد عناصر نقش دارد تیمار گیاه با اسید سالیسیلیک ۱۶۰۰ میکرو مولار در شرایط نرمال دارای بیشترین عملکرد ۲۷۳/۶ کیلوگرم در هکتار نسبت به سایر تیمارها بود (شکل ۵). اسید سالیسیلیک در غلظت‌های کم در رفع آسیب‌های اکسایشی نقش دارد و موجب کاهش شدت تنش می‌شود ولی غلظت‌های بالای موجب بروز تنش در گیاه می‌گردد (۱۸). اسید سالیسیلیک سنتز کاروتنوئیدها، گزانتوفیل‌ها را در گیاهان افزایش می‌دهد (۲۲). تحت تنش خشکی، کاربرد اسید سالیسیلیک در گیاه بامیه باعث افزایش محتوای گزانتوفیل شد (۴). مطالعات مختلف نشان داد

تأثیری در میزان سرعت فتوسنتز نداشته و یا کاهش این صفت را بدنبال داشته است. این روند در شرایط تنش کم‌آبی نیز صادق است (جدول ۷). مقایسه میانگین اثر متقابل رژیم آبیاری در تنظیم کننده‌های رشد برای صفت هدایت مزوفیلی نشان داد که کاربرد تنظیم کننده‌های رشد در شرایط تنش کم‌آبی باعث بهبود هدایت مزوفیلی شده و سطوح سایکوسل ۶۰۰ و ۱۲۰۰ میکرو مولار بیشترین مقدار را از لحاظ این صفت دارا بودند (جدول ۷). این موضوع نشان می‌دهد که سایکوسل در شرایط تنش کم‌آبی در هر دو غلظت توانسته به رفع محدودیت‌های فتوسنتزی کمک نماید. استفاده از بازدارنده‌های رشد موجب کاهش سطح برگ به علت ممانعت از سنتز جیبرلین، افزایش آبسزیک اسید و ممانعت از طویل شدن سلول می‌شود (۷). ضرایب همبستگی نشان داد افزایش هدایت مزوفیلی باعث افزایش فتوسنتز می‌گردد (جدول ۸). کاربرد سطوح مختلف تنظیم کننده‌های رشد در شرایط نرمال رطوبتی هیچ تأثیری بر کارایی مصرف آب فتوسنتزی نداشته است اما در شرایط تنش کم‌آبی تیمار سایکوسل ۶۰۰ میکرو مولار با عملکرد ۲۱۷/۶ کیلوگرم در هکتار بیشترین عملکرد را نسبت به سایر تیمارها داشت و باعث افزایش معنی‌دار این صفت نسبت به عدم کاربرد تنظیم کننده‌های رشد گردیده است (شکل ۵) بر اساس تحقیقات نژاد صاحبی و همکاران (۲۰۱۰) روی سه کلتیوار درخت زیتون (*Olea europaea L.*) کاربرد ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر سایکوسل در شرایط تنش خشکی، موجب افزایش میزان محتوای نسبی آب برگ و مقاومت روزنه‌ای شده و از این طریق توانسته اثر منفی تنش خشکی را خنثی و تعدیل کند (۲۴). همچنین ساوان (۲۰۰۸) گزارش کرد در مقایسه اثر هورمون‌های تنظیم کننده رشد (آلار، پیکس و سایکوسل) بر عملکرد پنبه‌دانه، هورمون سایکوسل

که اسید سالیسیلیک در تعدیل واکنش‌های مختلف گیاه به تنش‌های مختلف غیرزنده نقش دارد (۱۵). محلول پاشی اسید سالیسیلیک تحت شرایط تنش خشکی موجب افزایش آنتی‌اکسیدان‌ها، بتاکاروتن و زانتوفیل در گیاه بادرشبویه شد و موجب افزایش محافظت غشای سلولی، فتوستتوز و رنگدانه‌های فتوستتوزی شد و از تجزیه ممانعت کرد (۱).

نتیجه‌گیری کلی

نتایج حاصل از این آزمایش نشان داد که تنش کم‌آبی سبب کاهش میزان صفات فیزیولوژیک شامل، محتوای کلروفیل، سرعت فتوستتوز، هدایت روزنه‌ای و سرعت تعرق در مرحله گلدهی گیاه دارویی بادرشبویه می‌شود. همچنین با اعمال تنش کم‌آبی وضعیت آب در گیاه دچار تغییرات معنی‌دار شد به طوری که محتوای نسبی آب برگ، درصد اسانس و عملکرد اسانس کاهش یافت. در شرایط تنش کم‌آبی عملکرد اسانس اختلافی بین سطوح تنظیم‌کننده‌های رشدی مشاهده نمی‌شود ولی در شرایط نرمال اعمال سالیسیلیک ۱۶۰۰ میکرومولار موجب افزایش عملکرد اسانس نسبت به سایر سطوح تنظیم‌کننده‌های رشدی به کار برده شده می‌شود. با توجه به اینکه اسید سالیسیلیک در تنظیم تعدادی از فرایندهای فیزیولوژیک از جمله فتوستتوز، بسته شدن روزنه‌ها، تعرق، سنتز کلروفیل و پروتئین، ممانعت از بیوستتوز اتیلن، جذب و انتقال مواد عناصر نقش دارد، تیمار

گیاه با اسید سالیسیلیک ۱۶۰۰ میکرومولار عملکرد بیشتری (۲۷۳/۷ کیلوگرم در هکتار) نسبت به سایر تیمارها در شرایط نرمال داشت در شرایط تنش کم‌آبی تیمار سایکوسل ۶۰۰ میکرومولار نسبت به سایر تیمارها از عملکرد اسانس بالاتری برخوردار بود. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که باتوجه به اینکه اسید سالیسیلیک که یک محرک رشد است، در شرایط نرمال از طریق کاهش سنتز اتیلن و کاهش محدودیت‌های روزنه‌ای موجب افزایش عملکرد اسانس گردیده اما در شرایط تنش کم‌آبی تیمار سایکوسل ۶۰۰ میکرومولار که یک بازدارنده رشد است، از طریق تنظیم فرایندهای فیزیولوژیکی بسته شدن روزنه‌ها، تنظیم اسمزی و افزایش محتوای نسبی آب موجب تعدیل شدت تنش کم‌آبی شده و نسبت به بقیه تیمارها در شرایط تنش کم‌آبی با عملکرد ۲۱۷/۶ کیلوگرم در هکتار بیشترین میزان عملکرد را دارد. تنش کم‌آبی موجب کاهش درصد و عملکرد اسانس شد بطوری‌که حتی استفاده از تنظیم‌کننده‌های رشدی که در این آزمایش مورد استفاده قرار گرفتند نتوانست این کاهش را جبران کنند. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که تنش کم‌آبی به علت کاهش کلروفیل و سبزیگی گیاه، کاهش محتوای نسبی آب برگ، افزایش محدودیت‌های روزنه‌ای، کاهش فتوستتوز و همچنین کاهش سطح برگ موجب کاهش میزان اسانس گیاه بادرشبویه می‌شود.

منابع

1. Abaspor, H. and Rezaei, H. 2014. Effects of salicylic acid and jasmonic acid on hill reaction and photosynthetic pigmen (*Dracocephalum moldavica* L.) in different levels of drought stress. Int J. Adv. Biol. Biom. Res. 2:2850-2859.
2. Ahmadi, A. and Baker, D.A. 2001. The effect of stress on the activities of key regulatory enzymes of the sucrose to starch pathway in wheat. Plant Growth Regul. 35: 81-91.
3. Alaci, S., Moradi Khibary Z. and Ahmadi Rad A. 2015. Effect of different concentration of salt and PEG solution on *Dracocephalum moldavica* seed germination and seedling early growth. Biol. Forum Int. J. 7:1755-1759.

4. Baghizadeh, A., Ghorbanli, M., Haj Mohammad Rezaei, M. and Mozafari, H. 2009. Evaluation of interaction effect on drought stress with acrobat and salicylic acid on some of physiological and biochemical parameters in okra (*Hibiscus esculentus* L). Res. J. Biol. Sci. 4(4): 380-387.
5. Barkosky, R.R. and Einhellig, F.A. 1993. Effects of salicylic acid on plant-water relationships. J. Chem. Ecoll. 19: 237-247.
6. Dastmalchi, K., Dorman, H.G., Kosar, M. and Hiltunen, R. 2007. Chemical composition and in vitro antioxidant evaluation of a water soluble Moldavian balm (*Dracocephalum moldavica* L.) extract. Food Sci. Technol. 40: 239-248.
7. El-Lateef Gharib, F. 2006. Effect of salicylic acid on the growth, metabolic activities and oil content of basil and marjoram. Int. J. Agri. Biol. 8(4): 485-492.
8. Gopi, R., Sridharan, R., Somasundaram, R., Alagulakshmanan, G.M. and Panneerselvam, R. 2005. Growth and photosynthetic characteristics as affected by triazols in *Amorphophallus campanulatus*. Gen Appl Plant Physiol. 31: 171-180.
9. Halasz-zelnik, K., Hornok, L. and Domokos, J. 1988. Data on the cultivation of *Dracocephalum moldavica* L. in Hungary. Herba Hungarica. 28(1): 49-8.
10. Holm, Y. and Hiltunen, R. 1988. Capillary gas chromatographic mass spectrometric determination of the flavor composition of Dragonhead (*Dracocephalum moldavica* L). Flavour Fragr. J. 3: 109-112.
11. Holm, Y., Galambosi, B. and Hiltunen, R. 1988. Variation of the main terpenes in Dragonhead (*Dracocephalum moldavica* L.) during growth. Flavour Fragr. J. 3: 113-115.
12. Hussein, M. S., El-Sherbeny, S. E., Khalil, M.Y., Naguib, N.Y. and Aly, S.M. 2006. Growth characters and chemical constituents of *Dracocephalum moldavica* L. plants in relation to compost fertilizer and planting distance. J. Sci. Hort. 108: 322-331.
13. Khalil, S.E., Nahed, G., Aziz, A.E. and Abou Leil, B.H. 2010. Effect of water stress and ascorbic acid on some morphological and biochemical composition of *Ocimum basilicum* plant. J. Am. Sci. 6: 33.
14. Khan, W., Prithiviraj, B. and Smith, D. 2003. Photosynthesis response of corn and soybean to foliar application of salicylates. J. Plant Physiol. 160: 458-492.
15. Khan, M.I.R., Syeed, S., Nazar, R. and Anjum, N.A. 2012. An insight in to the role of salicylic acid and jasmonic acid in salt stress tolerance. Phytohormones and abiotic stress tolerance in plant. Springer. New York. Pp. 277-300.
16. Klamkowski, K. and Treder, W. 2006. Morphological and physiological responses of strawberry plants to water stress. Agri. Conspect. Sci. 7 (4): 159-165.
17. Koc, M., Barutcular, C. and Genc, I. 2003. Photosynthesis and productivity of old and modern durum wheats in Mediterranean environment. Crop Sci. 43: 2089-2098.
18. Keshvarz, H., Modares Sanavi, S.A.M., Zarinkamar, F., Dolatabadian, M., and Sadaj Aslani, K. 2012. Evolution effect salicylic acid foliar on same traits biochemical two *Berastica napus* L. under cool stress. Iran. J. Agric. Sci. 42: 723-734.
19. Lawler, D.W. 1995. The effect of water deficit on photosynthesis. In: N. Smirnoff, (Ed), Environment and Plant Metabolism, BIOS Sci Pub, pp. 129-160.
20. Merah, O. 2001. Potential importance of water status traits for durum wheat improvement under Mediterranean conditions. J. Agri. Sci. Camb. 137: 139-145.
21. Moeini Ali-Shah, H., Heidari, R., Hassani, A. and Asadi Dizaji, A. 2006. Effect of water stress on some morphological and biochemical characteristics of purple basil (*Ocimum basilicum*). J. Bio. Sci. 6(4): 763-767.
22. Mohammadpour, M., Negahban, M., Saeedfar, S. Salehi Shanjan, P. and Javadi H. 2015. Effect of drought stress on some of the biochemical characteristics of three Achillea population (*Achillea ver micularis*). Russ. J. Biol Res. Pp.68-80.
23. Mozhafrian, V. 2003. Culture of the Iranian plant names. Contemporary Culture Publications. Theran. 362 Pp.
24. Nejadsahebi, M., Moallemi, N. and Landi. A. 2010. Effect of cycocel and irrigation regimes on some physiological parameter of three Olive cultivar. Am. J. Appl. Sci. 7(4): 459-465.

25. Petropoulos, S.A., Daferera, D., Polissiou, M.G. and Passam, H.C. 2008. The effect of water deficit stress on the growth, yield and composition of essential oils of parsley. *Sci Hort.* 115: 393-397.
26. Rahbarian, P. and Salehi Sardoei A. 2014. Effects of drought stress and manure on herb yield and essential oil of dragonhead (*Dracocephalum moldavica*). 2th congress of Organic Agriculture, Ardabi, 212-217.
27. Rahbarian, P., afsharmanesh, G. and Shizadi, MH. 2010. Effect of drought stress and manure on relative water content and cell membrane stability in dragonhead (*Dracocephallum moldavica*). *Plant Ecophysiol.* 2: 13-19.
28. Ritchie, S.W. and Nguyen, H.T. 1990. Leaf water content and gas exchange parameters of two wheat genotypes differing in drought resistance. *Crop Sci.* 30: 105-111.
29. Rossini-Pinto, A.C., Deleo-Rodrigues, T.D., Lient L.C. and Barbosa, I.C. 2005. Growth retardants on development and ornamental quality of potted 'Liliput' *Zinnia elegans* Jaco. *Sci Agric.* 62: 337-345.
30. Safikhani, F., Heydarye sharifabadi, H., Syadat, A., Sharifi ashorabadi, A., Syednedjad, M. and Abbazadeh, B. 2007. The effect of drought on yield and morphologic characteristics of *Deracoceohalum moldavic*. *Iranian J. Med. Aroma. Plant.* 23(2): 183-194. (In Persian).
31. Sawan, M.Z. 2008. Effect of nitrogen fertilization and foliar application of plant growth retardant and zinc on cottonseed, protein and oil yield and oil properties of Cotton. *J. Agri. Sci.* 186: 183-191.
32. Shakirova, F.M. and Bezrukova M.V. 1997. Induction of wheat resistance against environmental salinization by salicylic acid. *Biol Bull.* 24: 109-112.
33. Singh, B. and Usha, K. 2003. Salicylic acid induced physiological and biochemical changes in wheat seedling under water stress. *Plant Growth Regul.* 39:137-14.
34. Srivastava, M.K. and Dwivedi, U.N. 2000. Delayed ripening of banana fruit by salicylic acid. *Plant Sci.* 158: 87-96.
35. Tari, I., Csiszar, J., Szalai, G., Horvath, F., Pecsvaradi, A., Kiss, G., Szepesi, A., Szabo, M. and Redei, L. 2002. Acclimation of tomato plants to salinity stress after a salicylic acid pre-treatment. *Acta Bio.* 46: 55-56.
36. Venskutionis, P. R., Dapkevicius, A. and Baranuauskiene, M. 1995. Flavour composition of some lemon-like aroma herbs from Lithuania. *Develop.t Food Sci.* 37(1): 833-847.
37. Yazdani, D. Jamshidi, A., Zadeh, N., Persuade, P. and Shahnaz, S. 2004. Study the changes of volatile oil components in various stages of growth in (*Anethum graveolens* L). *J. Med. Plant.* 3(11): 41-38. (In Persian).
38. Yordanov, I., Tsonko, T., Velikova, V., Georgieva, K., Ivanov, P., Tsenov, N. and Petrova, T. 2001. Change in CO₂ assimilation, transpiration and stomatal resistance to different wheat cultivars expressing drought under field conditions. *Bulg. J. Plant Physiol.* 27: 20-33.

