

## اثر تنظیم‌کننده‌های رشدی بر برخی خصوصیات فیزیولوژیکی و اسانس بادرشبویه

### (*Dracocephalum moldavica* L.) تحت تنش خشکی

علی جلالوند<sup>۱\*</sup>، بابک عندلیبی<sup>۲</sup>، افشین توکلی<sup>۳</sup>، پرویز مرادی<sup>۴</sup>

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

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

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

۴. بخش تحقیقات منابع طبیعی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان زنجان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، زنجان، ایران

تاریخ دریافت: ۹۶/۰۴/۰۷؛ تاریخ پذیرش: ۹۶/۰۹/۰۴

#### چکیده

خشکی یکی از مهم‌ترین تنش‌های محیطی است که مورفولوژی، فیزیولوژی و بیوشیمی گیاه را تحت تأثیر قرار می‌دهد به همین دلیل پژوهشی به‌منظور ارزیابی اسانس و خصوصیات فیزیولوژیکی گیاه دارویی بادرشبویه در شرایط تنش خشکی در بهار سال‌های ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه زنجان به اجرا درآمد. آزمایش به‌صورت اسپلیت پلات با دو عامل سطوح رطوبتی و تنظیم‌کننده‌های رشد در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار اجرا شد. عامل اصلی سطوح رطوبتی در دو سطح بدون تنش (آبیاری کامل تا انتهای دوره رشد)، تنش خشکی (آبیاری کامل تا قبل از شروع گلدهی و قطع آبیاری قبل از شروع گلدهی تا انتهای دوره رشد) اجرا شد. عامل فرعی سطوح مختلف اسید سالیسیلیک (۸۰۰ و ۱۶۰۰ میکرو مولار)، سایکوسل (۶۰۰ و ۱۲۰۰ میکرو مولار) و شاهد (محلول پاشی با آب مقطر) که قبل از گلدهی به‌صورت یک‌بار محلول‌پاشی اعمال شد. نتایج نشان داد که تأثیر سال بر میزان کلروفیل‌های a، b، کاروتنوئید، شاخص محتوای کلروفیل، مجموع کلروفیل‌های a و b، عملکرد و درصد اسانس در سطح یک درصد معنی‌دار شد و تأثیر سال بر میزان پرولین معنی‌دار نبود. همچنین نتایج نشان داد که درصد و عملکرد اسانس در سال ۱۳۹۳ بیشتر از سال ۱۳۹۴ شد. اثر متقابل تنظیم‌کننده‌های رشدی در سطوح رطوبتی نشان داد که در شرایط تنش خشکی نشأت الکترولیت‌ها افزایش می‌یابد و در نتیجه پایداری غشاء نسبت به شرایط آبیاری نرمال کاهش پیدا می‌کند. پایداری غشاء با عملکرد اسانس و شاخص محتوای کلروفیل همبستگی منفی و با میزان پرولین همبستگی مثبت و معنی‌داری دارد. همچنین بین میزان کلروفیل‌های a و b و کاروتنوئید و مجموع کلروفیل‌های a و b همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود دارد. اثر متقابل تنظیم‌کننده‌های رشد در رطوبت برای همه ترکیبات اسانس به جزء ترکیب Nerylactate در سطح یک درصد کاملاً معنی‌دار شد. با توجه به نتایج آزمایش می‌توان بیان کرد که تنش خشکی سبب کاهش عملکرد و درصد اسانس در گیاه بادرشبویه شد.

واژه‌های کلیدی: پرولین، پایداری غشاء، کلروفیل، بادرشبویه

#### مقدمه

بادرشبویه و شاطرامرزه (Mozhaffrian, 2003)، گیاهی علفی است، بومی آسیای مرکزی و اهلی‌شده در مرکز و شرق اروپا است (Cutt and Klessig, 1992). در این گیاه ۶۶ ترکیب شناسایی‌شده که ژرانیل استات، ژرانیل، ژرانیل و نرال اصلی‌ترین ترکیب‌های شناخته‌شده هستند

گیاهان مدیترانه‌ای همواره در معرض ترکیبی از تنش‌های محیطی شامل کمبود آب قابل‌دسترس، بارندگی زیاد، تغییرات دما و کمبود ماده غذایی قرار دارند (Boush et al., 1999). گیاه بادرشبویه با نام علمی *Dracocephalum moldavica* L. و نام‌های فارسی بادرشبویه، بادرشبوی،

کود دامی بیشترین میزان اسانس را دارا بود (Rahbarian et al., 2014). در پژوهشی با اعمال تیمارهای ۴۰، ۶۰ و ۱۰۰ درصد ظرفیت مزرعه روی بادرشوبویه نتیجه گرفت که بیشترین عملکرد اسانس، قند محلول، کلروفیل a و کلروفیل کل به ترتیب مربوط به تیمارهای ۴۰، ۶۰ و ۱۰۰ درصد ظرفیت مزرعه بود. همچنین بیشترین میزان پرولین مربوط به تیمار ۴۰ درصد ظرفیت مزرعه بود و با افزایش تنش از مقدار کلروفیل a کم شده و بر مقدار کلروفیل b افزوده شد (Safikhani et al., 2007).

سالیسیلیک اسید یا اورتویدروکسی بنزوئیک اسید یک ترکیب فنلی گیاهی است که به‌عنوان یک تنظیم‌کننده هورمونی مورد توجه است و در مکانیسم‌های دفاعی علیه تنش‌های زیستی و محیطی نیز نقش دارد (Shakirova and Bezrukova, 1997). کاربرد سالیسیلات خارجی موجب افزایش مقاومت گیاهان نسبت به تنش خشکی و شوری گردید (Tari et al., 2002). سالیسیلیک اسید باعث افزایش پارامترهای رشد در گیاهان دارویی مرزنجوش و ریحان در تنش خشکی شد (El-Lateef Gharib, 2006). محلول پاشی سالیسیلیک اسید و جاسمونیک اسید موجب افزایش مقاومت به خشکی و افزایش کلروفیل a و کلروفیل b در گیاه بادرشوبویه شد (Abaspor and Rezaei, 2014). استفاده سالیسیلیک اسید در نعنا فلفلی (*Mentha piperita*)، در برخی از خصوصیات فیزیولوژی نشان داد که افزایش سالیسیلیک اسید موجب افزایش فتوسنتز خالص، تعرق، کلروفیل و محتوای نسبی آب برگ شد (Cutt and Klessig, 1992). استفاده از سایکوسل به میزان ۲۰۰۰ میلی‌گرم موجب افزایش معنی‌داری در محتوای کلروفیل در خانواده گل آهار (*Zinnia elegans* var. *Liliput*) شد که علت آن افزایش سنتز کلروفیل بود (Rossini-Pinto et al., 2005). استفاده از بازدارنده‌های رشد موجب کاهش سطح برگ به علت ممانعت از سنتز جیبرلین، افزایش آبسزیک اسید و ممانعت از طویل شدن سلول می‌شود (Gopi et al., 2005). استفاده از تنظیم‌کننده‌های رشد مانند سایکوسل باعث افزایش مقاومت گیاهان به تنش‌های زیستی و غیرزیستی می‌شود و به‌عنوان یک استراتژی برای جلوگیری از اثرات مخرب تنش‌های محیطی به حساب می‌آید (Singh and Usha, 2003). با توجه به نیمه حساس بودن گیاه بادرشوبویه به شرایط تنش خشکی و مصرف گسترده آن در صنایع مختلف، پژوهشی به‌منظور ارزیابی

(Mozhaffrian, 2003). این گیاه دارای گل‌های شهدآور و اندام هوایی اسانس‌دار است در این گیاه ۶۶ ترکیب به روش GC/MS شناسایی شده (Venskutionis, 1995). گل و پیکر رویشی بادرشوبویه (برگ‌ها و ساقه‌های جوان) دارای بیشترین اسانس است و دارای بیشترین مقدار اسانس در مرحله گلدهی می‌باشد (Halasz-zelnik et al., 1988). از عصاره بادرشوبویه برای رفع سردرد، سرماخوردگی، ضعف عمومی بدن، به‌عنوان مسکن در دردهای عصبی و اسپاسم‌های معدی و کلیوی، برای شستشوی دهان و در دندان و خاصیت ضد توموری استفاده می‌شود (Hussein et al., 2006).

گیاهان در تنش‌های محیطی از قبیل خشکی، شوری، گرما و غیره با ذخیره مواد تنظیم‌کننده اسمزی با این تنش‌ها مقابله می‌کنند. پرولین یکی از اسیدآمینها برای تنظیم فشار اسمزی گیاهان است. مواد تنظیم‌کننده فشار اسمزی بیشتر شامل اسیدهای آمینه، قندها و برخی یون‌های معدنی، هورمون‌ها و پروتئین‌ها هستند. پرولین یکی از اسیدآمین‌های فعال در پدیده تنظیم اسمزی است که در ایجاد و حفظ فشار اسمزی درون گیاه نقش به‌سزایی دارد (Ianncci et al., 2002). در برخی از گیاهان در مراحل اولیه تنش کم‌آبی چندین اسیدآمین افزایش می‌یابد که با ادامه کم‌آبی فقط اسیدآمین پرولین بیشتر تجمع و ذخیره می‌شود (Rajinder, 1987). این متابولیت‌ها که به‌صورت منفرد یا همراه با یکدیگر به‌منظور کمک به تنظیم و تعادل اسمزی در شرایط کاهش ظرفیت آب سلول ناشی از تنش کم‌آبی، سرما و غیره ذخیره می‌شوند، محلول‌های سازگار نامیده می‌شوند (Nanjo et al., 2003).

شواهدی در دست است مبنی بر آنکه، تنش آبی میزان کلروفیل برگ را در گیاه گندم کاهش می‌دهد (Ahmadi and Baker, 2001)، درحالی‌که در تحقیقات دیگر چنین کاهش در کلروفیل گیاه گندم، در شرایط تنش مشاهده نشده است (Hamada and Al-Hakimi, 2001). تنش خشکی تأثیر معنی‌داری بر روی رنگ‌دانه‌های فتوسنتزی، پرولین، قندهای محلول و فعالیت پراکسیدازی در گیاه بومادران *Achillea millefolium* L. داشت (Mohammadpour et al., 2015). تنش خشکی در گشنیز، عملکرد اسانس را کاهش داد (Aflatuni, 2005). در مطالعه‌ای که بر روی گیاه بادرشوبویه انجام گرفت مشاهده شد که تنش ملایم خشکی به همراه ۳ تن در هکتار

مقاومت گیاه دارویی بادرشوبیه به تنش خشکی و بررسی فیزیولوژیکی مقاومت به خشکی به اجرا درآمد.

### مواد و روش‌ها

آزمایش‌ها به مدت دو سال در بهار سال‌های ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه زنجان به صورت اسپلینت پلات با چهار تکرار و ده تیمار در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی اجرا شد، هر کرت ۵ خط کشت بافاصله خطوط کشت ۲۵ و فاصله روی خطوط ۲۰ سانتیمتر، طول هر کرت به میزان ۲ متر قرار گرفت. عامل اصلی سطوح رطوبتی در دو سطح بدون تنش (آبیاری کامل تا انتهای دوره رشد)، تنش خشکی (آبیاری کامل تا قبل از شروع گلدهی و قطع آبیاری قبل از شروع گلدهی تا انتهای دوره رشد) اجرا شد. عامل فرعی سطوح مختلف اسید سالیسیلیک (۸۰۰ و ۱۶۰۰ میکرو مولار)، سایکوسل (۶۰۰ و ۱۲۰۰ میکرو مولار) و شاهد (محلول پاشی با آب مقطر) که قبل از شروع گلدهی تا انتهای دوره رشد به صورت یک‌بار محلول پاشی اعمال شدند. قبل اجرای آزمایش سه نمونه مرکب خاک از عمق صفر تا

۳۰ سانتی‌متر با سه تکرار برداشت شد. نمونه‌ها در معرض هوا خشک گردیدند و برای اندازه‌گیری بعضی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک به آزمایشگاه خاکشناسی منتقل شدند (جدول ۱). درصد رطوبت وزنی خاک توسط دستگاه Pressure plate تعیین شد. نتایج تجزیه نشان داد که خاک مزرعه در حد ظرفیت زراعی ۲۲/۵۶ درصد رطوبت، در ۶۶ درصد ظرفیت زراعی ۱۵/۰۴ درصد و در ۳۳ درصد ظرفیت زراعی ۷/۵۲ درصد رطوبت دارد. برای محاسبه سطوح تخلیه رطوبت خاک در منطقه توسعه ریشه و تعیین زمان دقیق آبیاری مجدد تیمارهای شاهد در شرایط آبیاری نرمال، هر دو روز یک‌بار ۳ نمونه از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری هر کرت برداشت و پس از توزین، در آون تهویه دار در دمای ۱۱۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت خشک گردید. سپس با استفاده از فرمول زیر درصد رطوبت وزنی هر نمونه محاسبه شد (رابطه ۱).

$$100 \times (\text{وزن خاک خشک} / \text{وزن آب خاک}) = \text{درصد رطوبت وزنی خاک} \quad [1]$$

### جدول ۱. نتایج تجزیه خاک

Table 1. Analysis of the soil

ازت کل (%)	فسفر قابل جذب	پتاسیم قابل جذب	هدایت الکتریکی	اسیدیته	رطوبت وزنی در حد FC (%)	جرم مخصوص	عمق نمونه
Total nitrogen (%)	Absorbable phosphorus (ppm)	Absorbable potash (ppm)	Electrical conductivity (mlmos/cm)	pH	Moisture weight at FC (%)	Specific mass (g.cm <sup>-3</sup> )	Soil texture
0.12	13.4	267	13.86	7.54	22.56	1.564	0-30 لومی سنی Sandy loam

به منظور تعیین پایداری غشاء سلولی در برگ از اندازه‌گیری میزان نشت الکترولیتی آنها استفاده شد. بدین منظور بالاترین برگ کاملاً توسعه یافته مورد نمونه برداری قرار گرفت. بخش میانی برگ‌ها به قطعات یک سانتی‌متری بریده شدند؛ و سپس ۰/۵ گرم از آن تکه‌های برگ انتخاب و با آب مقطر شسته شدند. این قطعات برگ در ظروف کوچک درب دار حاوی ۲۵ میلی‌لیتر آب مقطر قرار داده شدند. نمونه‌ها به مدت ۲۴ ساعت در دمای یخچال قرار گرفتند و هدایت الکتریکی محلول (EC1) اندازه‌گیری شد، هدایت الکتریکی این محیط با قرائت مستقیم هدایت سنج Electrical conductive meter, Model: Inolab, )

(WTW) در انتهای انکوباسیون اندازه‌گیری شد. سپس مایع موجود در داخل ظروف خالی شد و نمونه‌ها مجدداً به مدت ۲۴ ساعت در دمای اتاق در آب مقطر (۲۵ میلی‌لیتر) قرار گرفتند. سپس ظروف حاوی نمونه و آب مقطر به مدت ۱۵ دقیقه در فشار ۱۵ PSI (۱/۰۳ بار) اتوکلاو شد (EC2) و با استفاده از جدول تصحیح درجه حرارت، میزان هدایت الکتریکی در دماهای مختلف تصحیح شدند؛ و با استفاده از فرمول زیر درصد نشت الکترولیت محاسبه شد (Shi et al., 2006).

$$(EL) = \frac{EC1}{EC2} \times 100 \quad [2]$$

از هر کرت آزمایشی چند بوته به صورت تصادفی برداشت شد و برای جلوگیری از آلودگی آن‌ها به فارچ‌ها و عوامل بیماری‌زا، اندام گیاهی در یک محیط سایه تحت جریان طبیعی هوا خشک گردیدند. برای استخراج اسانس از نمونه‌های خشک‌شده، از روش تقطیر با آب و از دستگاه کلونجر استفاده شد. برای این منظور ۵۰ گرم از اندام‌های خشک‌شده گیاه بادرشویه به همراه ۵۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر در داخل بالن دستگاه قرار گرفت. عمل اسانس‌گیری با حرارت دادن بالن شروع شد. از لحظه به جوش آمدن، عمل اسانس‌گیری به مدت ۲ ساعت برای اندام‌های رویشی و سرشاخه‌های گل‌دار ادامه یافت سپس دستگاه خاموش شد. اسانس استخراج‌شده و به صورت یک‌لایه روغن زرد روشن در سطح آب جمع شد. درصد اسانس بر اساس ۱۰۰ گرم ماده خشک گیاهی و عملکرد اسانس در واحد سطح برای تیمارها و تکرارهای مختلف تعیین گردید. برای شناسایی ترکیبات اسانس از کروماتوگرافی گازی Agilent 7890N (USA) مجهز به دتکتور FID (یونیزاسیون شعله-ی هیدروژن) ستون HP-5MS به طول ۳۰ متر و قطر داخلی ۰/۲۵ میلی‌متر بود، ضخامت لایه‌ی فاز ساکن ۰/۲۵ میکرومتر استفاده شد. درصد نسبی هرکدام از ترکیب‌های تشکیل‌دهنده اسانس با توجه به سطح زیر منحنی آن در طیف کروماتوگرام حاصل از روش طبیعی کردن سطح زیر منحنی و بدون محاسبه فاکتور تصحیح صورت گرفت. جهت تجزیه و تحلیل داده‌های از نرم‌افزار آماری SAS نسخه ۹/۲ استفاده شد و برای مقایسه میانگین داده‌ها از آزمون چند دامنه‌ای Duncan در سطح احتمال پنج درصد استفاده گردید.

### نتایج و بحث

تجزیه واریانس مشاهدات بر اساس تجزیه مرکب آزمایش کرت‌های خردشده بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی نشان داد که اثر متقابل رطوبت در تنظیم‌کننده‌های رشد در سال تنها برای صفت پایداری غشاء معنی‌دار بود که این موضوع نشان‌دهنده رفتار متفاوت اثرات متقابل تنظیم‌کننده‌های رشد در رطوبت در طی دو سال آزمایش است (جدول ۲)؛ بنابراین برای اطلاع دقیق از روند تغییرات در طی دو سال، لازم شد تجزیه و تحلیل‌ها برای این صفت به‌طور مجزا و به صورت آزمایش کرت‌های خردشده بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی صورت گیرد (جدول ۴). برای

برای استخراج پرولین ۰/۵ گرم از ماده تر گیاهی با استفاده از 10ml محلول ۳٪ اسید سولفوسالسیلیک سائیده شده و از مخلوط همگن حاصل پس از صاف کردن 2ml برداشته و پس از افزودن 2ml معرف اسید نین هیدرین و 2ml اسید استیک خالص در حمام بن ماری با دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد به مدت یک ساعت قرار داده شد. سپس آن‌ها را در حمام آب یخ گذاشته و پس از افزودن 4ml تولوئن مقدار جذب در طول موج ۵۲۰ نانومتر به کمک اسپکتوفتومتر شیمادزو UV-160A-Japan خوانده شد و مقدار پرولین با استفاده از منحنی استاندارد آن به دست آمد (Bates et al., 1973).

برای تعیین غلظت کلروفیل‌های برگ ابتدا کلروفیل‌ها استخراج‌شده و میزان جذب نور توسط عصاره استخراج‌شده با استفاده از اسپکتروفتومتر در طول موج ۶۶۳ و ۶۴۵ نانومتر تعیین شد. روش کار بدین صورت بود که میزان ۰/۵ گرم برگ تازه را با استفاده از ازت مایع و در هاون چینی به صورت پودر درآورده و آن را درون لوله‌های آزمایش ۱۵ سی‌سی ریخته و ۱۰ سی‌سی استون را به آن اضافه کرده و سپس به مدت ۲ ساعت در تاریکی نگهداری کرده و پس از آن با ۴۵۰۰ دور در دقیقه سانتریفوژ نموده و مایع شفاف بالایی جدا گردیده و با استفاده از آن میزان جذب آن‌ها برای تعیین غلظت کلروفیل‌های a، b و ab در طول موج‌های مربوطه و با استفاده از روابط (۲)، (۳) و (۴) تعیین گردید (Ardakani and Nador, 2009; Arnon, 1949).

[۳]

$$\text{chl - a (mg/ml)} = \frac{[12.7(\text{ABS}663) - 2.69(\text{ABS}645)] \times V}{1000 \times W}$$

[۴]

$$\text{chl - b (mg/ml)} = \frac{[22.9(\text{ABS}645) - 4.69(\text{ABS}663)] \times V}{1000 \times W}$$

[۵]

$$\text{Chl - ab (mg/ml)} = \frac{[20.2(\text{ABS}645) + 8.02(\text{ABS}663)] \times V}{1000 \times W}$$

که در آنها ABS: میزان جذب در طول موج‌های موردنظر؛ W: وزن نمونه‌ی اندازه‌گیری شده (گرم)؛ V: حجم نمونه استخراج‌شده.

سایر صفات اثر متقابل تنظیم کننده‌های رشد در رطوبت در میانگین برای این صفات بر اساس داده‌های دو سال آزمایش سال معنی‌دار نبود (جدول ۲) به همین خاطر مقایسات انجام شد.

جدول ۲. تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه در مرحله گلدهی در طی دو سال آزمایش گیاه بادرشوبیه

Table 2. Analysis of variance of studied traits at the flowering stage of *Dracocephalum moldavica* during two years of experiment

S.O.V.	منابع تغییرات	درجه آزادی Df	میانگین مربعات				
			پایداری غشا Membrane stability	میزان پرولین Proline	شاخص محتوای کلروفیل Chlorophyll content index	کلروفیل a Chlorophyll a	کلروفیل b Chlorophyll B
Year	سال	1	104.01*	92.84	41.81**	196.51**	8.37**
Error a	خطای a	6	13.96	26.71	2.19	1.22	0.08
Moisture	رطوبت	1	1401.86	540.93	1665.46*	3.58	1.40
Moisture×year	سال × رطوبت	1	268.50**	50.75	22.17	15.48*	1.99**
Error b	خطای b	6	17.21	41.21	5.80	2.58	0.18
Growth regulators	تنظیم کننده‌های رشد	4	69.20	33.86	0.74	2.45	0.14
Growth regulators× Moisture	تنظیم کننده‌های رشد × رطوبت	4	149.43	19.90	3.47	0.70	0.09
Year × Growth regulators	سال × تنظیم کننده‌های رشد	4	56**	14.43*	3.70	2.54	0.09
Year× Growth regulators × Moisture	سال × رطوبت × تنظیم کننده‌های رشد	4	133.89**	10.94	9.77	2.48	0.05
Error c	خطای c	48	8.87	5.22	6.60	1.47	0.08
CV (%)	ضریب تغییرات (درصد)		16.68	32.83	19.65	28.52	25.87

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

\* and \*\*: Significant at the 5 and 1% probability levels, respectively.

کلروفیل a و درصد اسانس در سطح پنج درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). اثر متقابل تنظیم کننده‌های رشد در رطوبت برای صفت عملکرد اسانس در سطح یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۳). اثر متقابل تنظیم کننده‌های رشد در سال نشان داد که برای صفت پایداری غشاء در سطح یک درصد و برای صفت میزان پرولین در سطح پنج درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). همچنین اثر متقابل تنظیم کننده‌های رشد در سال در رطوبت نشان داد که مقدار پایداری غشاء در سطح

نتایج مقایسه میانگین نشان داد که تأثیر سال بر میزان کلروفیل‌های a، b، کاروتنوئید، شاخص محتوای کلروفیل، مجموع کلروفیل‌های a و b، عملکرد و درصد اسانس در سطح یک درصد معنی‌دار است همچنین تأثیر سال برای صفت پایداری غشاء در سطح پنج درصد معنی‌دار شد ولی تأثیر سال بر میزان پرولین معنی‌دار نبود (جدول ۲). مقایسه میانگین اثر متقابل سال در رطوبت برای پایداری غشاء، کلروفیل b در سطح یک درصد معنی‌دار شد و برای صفات

بر میزان صفت پایداری غشاء گذاشته‌اند به طوری که بیشترین میزان از لحاظ این صفت مربوط به سطح شاهد و کمترین مقدار به سطح اسید سالیسیلیک ۱۶۰۰ میکرو مولار اختصاص داشت. سطوح مختلف تنظیم‌کننده‌های رشد در سال ۱۳۹۴ هیچ اثری بر میزان این صفت نداشتند (جدول ۴). ارتباط صفت پایداری غشاء با صفات عملکرد اسانس و شاخص محتوای کلروفیل منفی و معنی‌دار و با صفت میزان پرولین مثبت و معنی‌دار بود (جدول ۹)؛

احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). مقایسه میانگین اثر متقابل تنظیم‌کننده رشد در رطوبت برای صفت پایداری غشاء در سال ۱۳۹۳ در سطح یک درصد معنی‌دار شد همچنین اثر تنظیم‌کننده‌های رشد و اثر رطوبت برای صفت پایداری غشاء در سال ۱۳۹۳ در سطح یک درصد معنی‌دار شد ولی اثر رطوبت برای سال ۱۳۹۴ در سطح پنج درصد معنی‌دار شد (جدول ۴). مقایسه میانگین اثر متقابل سال در تنظیم‌کننده‌های رشد نشان داد که تنظیم‌کننده‌های رشد مختلف در سال ۱۳۹۳ اثرات متفاوتی

جدول ۳. تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه در مرحله گلدهی گیاه بادرشبویه طی دو سال آزمایش

Table 3. Analysis of variance of studied traits at flowering stage of *Dracocephalum moldavica* within two years of the experiment

S.O.V.	منابع تغییرات	درجه آزادی Df	Mean of squares			
			کارتنوئید Carotenoid	مجموع کلروفیل a و b Total chlorophyll a and b	میانگین مربعات	
				درصد اسانس Essential oil Percent	عملکرد اسانس Essential oil Yield	
Year	سال	1	455269.06**	283.75**	7.7×10 <sup>-2</sup> **	3.33**
Error a	خطای a	6	1888.77	1.78	4.14×10 <sup>-3</sup>	0.22
Moisture	رطوبت	1	2728.50	9.05	8.60×10 <sup>-2</sup> *	1.70
Moisture×year	سال × رطوبت	1	6371.96	27.85*	1.61×10 <sup>-4</sup>	0.23
Error b	خطای b	6	4045.47	4.01	5.50×10 <sup>-3</sup>	0.22
Growth regulators	تنظیم‌کننده‌های رشد	4	1076.26	3.65	3.11×10 <sup>-3</sup> *	0.19
Growth regulators× Moisture	تنظیم‌کننده‌های رشد × رطوبت	4	1489.03	1.17	5.37×10 <sup>-3</sup>	0.33**
Growth regulators×Year	سال × تنظیم‌کننده‌های رشد	4	644.65	3.61	6.11×10 <sup>-3</sup>	0.30
Moisture× Growth regulators×Year	سال × رطوبت × تنظیم‌کننده‌های رشد	4	2216.59	3.31	9.92×10 <sup>-4</sup>	0.03
Error c	خطای c	48	1471.20	2.21	2.9×10 <sup>-3</sup>	0.14
CV (%)	ضریب تغییرات (درصد)		26.07	25.28	19.21	26.84

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

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

جدول ۴. تجزیه واریانس صفت پایداری غشاء گیاه بادرشوبیه طی دو سال آزمایش

Table 4. Analysis of variance during two years of experiment for membrane stability in *Deraccocephalum moldavica*

S.O.V.	منابع تغییرات	درجه آزادی Df	Mean of Squares	
			پایداری غشاء ۱۳۹۳ Membrane stability1393	پایداری غشاء ۱۳۹۴ Membrane stability1394
Block	بلوک	3	15.70	12.22
Moisture	رطوبت	1	1448.70**	221.67*
Error a	خطای a	3	11.26	23.16
Growth regulators	تنظیم کننده‌های رشد	4	123.13**	2.07
Moisture × Growth regulators	رطوبت × تنظیم کننده‌های رشد	4	279.07**	4.26
Error b	خطای b	24	5.43	12.31
CV (%)	ضریب تغییرات (درصد)		13.94	18.47

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

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

مصرف کردن سایکوسل ۶۰۰ میکرو مولار و اسید سالیسیلیک ۸۰۰ میکرو مولار باعث کاهش معنی دار عملکرد اسانس نسبت به شاهد شده است (جدول ۵).

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 میکرومولار موجب افزایش عملکرد بیشتری نسبت به سایر تیمارها شد. 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 (Keshavarz et al., 2012). تحقیقات انجام شده بر روی یک گونه *Cymbopogon* نشان داد که کاهش آبیاری از ۲، ۳ و ۴ نوبت به یک نوبت در هفته موجب کاهش عملکرد اسانس شد (Chatterjee and Svoboda, 1995). کاربرد تنظیم کننده‌های رشد 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 معنی داری با شاهد ندارند با توجه به نتایج کاربرد اسید سالیسیلیک ۱۶۰۰ میکرو مولار نه تنها تأثیری در افزایش درصد اسانس نداشته است بلکه باعث کاهش درصد اسانس نیز شده است (جدول ۶). سالیسیلیک اسید سنتز کاروتنوئیدها، گزانتوفیل‌ها را در گیاهان افزایش می‌دهد

تنش خشکی سبب خسارت به غشای سلولی می‌شود و در نتیجه میزان نشت الکترولیت‌ها افزایش می‌یابد. در شرایط تنش خشکی قسمت‌های فسفولیپیدی دولایه غشاء حالت شش وجهی (هگزاگونال) می‌گیرد و ساختار غشاء به ساختار منفذدار تبدیل می‌شود و مواد به بیرون تراوش می‌کند. گیاه با افزایش پرولین می‌تواند پایداری غشاء را افزایش دهد و به عنوان یک سازگار مقاومت با تنش خشکی از طریق تنظیم اسمزی عمل نماید، ارتباط منفی بین شاخص محتوای کلروفیل و میزان پرولین نیز می‌تواند به این علت باشد که گیاه زمانی که در شرایط تنش قرار می‌گیرد انرژی خود را صرف تولید پرولین نموده و از طریق تنظیم اسمزی موجب مقاومت به تنش خشکی می‌شود و سبزینگی گیاه را تحت تأثیر قرار می‌دهد. تحقیقات زیادی نشان داده‌اند که تحت شرایط تنش، پایداری غشاء سلولی کاهش یافته (Chandrasekar et al., 2000; Sarima et al., 2002) و نشت الکترولیت‌ها افزایش می‌یابد (Elen et al., 2004).

مقایسه میانگین اثر متقابل تنظیم کننده‌های رشد در رطوبت برای صفت عملکرد اسانس نشان داد که در شرایط تنش اختلافی بین سطوح تنظیم کننده‌های رشد مشاهده نمی‌شود ولی بین سطوح تنظیم کننده‌های رشد در شرایط نرمال برای عملکرد اسانس اختلاف وجود دارد به طوری که اسید سالیسیلیک ۱۶۰۰ میکرو مولار بیشترین مقدار عملکرد اسانس را دارا است و سطوح سایکوسل ۱۲۰۰ میکرو مولار و شاهد اختلاف معنی داری با آن ندارند یعنی

تحت شرایط تنش خشکی موجب افزایش آنتی‌اکسیدان‌ها، بتاکاروتن،  $H_2O_2$  و گزانتوفیل در گیاه بادرشوبیه شد و موجب افزایش محافظت غشای سلولی، فتوسنتز و رنگ‌دانه‌های فتوسنتزی شد و از تجزیه ممانعت کرد (Abaspor and Rezaei, 2014).

(Mohammadpour et al., 2015). تحت تنش خشکی، کاربرد سالیسیلیک اسید در گیاه بامیه (Baghizadeh et al., 2009)، باعث افزایش محتوای گزانتوفیل شد. مطالعات مختلف نشان داد که نقش سالیسیلیک اسید در تعدیل واکنش‌های مختلف گیاه به تنش‌های مختلف غیرزنده است (Khan et al., 2012). محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید

جدول ۵. مقایسه میانگین اثر متقابل تنظیم‌کننده‌های رشد در سطوح رطوبتی برای صفات پایداری غشاء و عملکرد اسانس

Table 5. Mean comparisons for interactions of growth regulators x moisture levels on membrane stability and essential oil yield traits

رطوبت Moisture	تنظیم‌کننده‌های رشد Growth regulators	سال Year	
		۱۳۹۳ و ۱۳۹۴ 2014 and 2015	۱۳۹۳ 2014
		عملکرد اسانس Essential oil Yield (g.plant)	پایداری غشاء Membrane stability
شاهد Control	Control	1.48 <sup>ab</sup>	14.4 <sup>a</sup>
تنش Stress	CCC 600	1.25 <sup>b</sup>	9.17 <sup>b</sup>
	CCC 1200	1.57 <sup>ab</sup>	9.92 <sup>b</sup>
	Salicylic acid 800	1.22 <sup>b</sup>	11.3 <sup>b</sup>
	Salicylic acid 1600	1.71 <sup>a</sup>	8.69 <sup>b</sup>
تنش Stress	Control	1.24 <sup>a</sup>	7.95 <sup>d</sup>
	CCC 600	1.36 <sup>a</sup>	27.14 <sup>b</sup>
	CCC 1200	1.06 <sup>a</sup>	18.84 <sup>c</sup>
	Salicylic acid 800	1.01 <sup>a</sup>	26.23 <sup>b</sup>
	Salicylic acid 1600	1.09 <sup>a</sup>	33.5 <sup>a</sup>

حروف مشابه در هر ستون بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۰/۰۵ می‌باشد.

Similar letters in each column represent no significant differences between the levels of factors investigated by Duncan test at 5% level.

جدول ۶. مقایسه میانگین عامل تنظیم‌کننده‌های رشد برای صفات مورد مطالعه در گیاه بادرشوبیه

Table 6. Mean comparisons for growth regulators effect on *Dracocephalum moldavica* traits

تنظیم‌کننده‌های رشد Growth regulators	۱۳۹۳ و ۱۳۹۴ 2014 and 2015		۱۳۹۳ 2014	۱۳۹۴ 2015	
	درصد اسانس Essential oil Percentage	پایداری غشاء Membrane stability	میزان پرولین Proline	پایداری غشاء Membrane stability	میزان پرولین Proline
شاهد Control	0.3 <sup>a</sup>	21.1 <sup>a</sup>	7.28 <sup>a</sup>	19.86 <sup>a</sup>	10.87 <sup>a</sup>
CCC 600	0.29 <sup>a</sup>	18.76 <sup>ab</sup>	6.47 <sup>a</sup>	19.1 <sup>a</sup>	9.27 <sup>a</sup>
CCC 1200	0.28 <sup>ab</sup>	18.15 <sup>b</sup>	5.43 <sup>a</sup>	18.83 <sup>a</sup>	8.42 <sup>ab</sup>
Salicylic acid 800	0.27 <sup>ab</sup>	14.38 <sup>c</sup>	5.28 <sup>a</sup>	18.86 <sup>a</sup>	6.51 <sup>bc</sup>
Salicylic acid 1600	0.26 <sup>b</sup>	11.18 <sup>d</sup>	4.99 <sup>a</sup>	18.59 <sup>a</sup>	5.13 <sup>c</sup>

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

Similar letters in each column represent no significant differences between the levels of factors investigated by Duncan test at 5% level.



درصد اسانس و عملکرد اسانس در سال ۱۳۹۳ نسبت به سال ۱۳۹۴ بیشتر بود (جدول ۷). با توجه به اینکه در گیاه بادرشبویه بیشترین میزان اسانس در برگ‌ها قرار دارد در نتیجه تنش خشکی به علت کاهش سطح برگ و کوچک شدن برگ‌ها موجب کاهش درصد اسانس نسبت به شرایط نرمال شد. بررسی تأثیر تنش خشکی در گشنیز، نشان داد که کاهش آبیاری عملکرد اسانس را کاهش داد (Boush et al., 1999). تنش ملایم موجب افزایش اسانس در گیاه بادرشبویه شد و با افزایش شدت تنش میزان اسانس کاهش یافت (Rahbarian and Salehi, 2014).

بین درصد اسانس با شاخص محتوای کلروفیل و میزان پرولین به ترتیب همبستگی منفی و مثبت معنی‌داری وجود دارد، این موضوع نشان می‌دهد با افزایش میزان پرولین که واکنش مثبت در برابر تنش خشکی است درصد اسانس نیز افزایش می‌یابد (جدول ۹). نتایج همبستگی آشکار کرد که عملکرد اسانس با شاخص محتوای کلروفیل رابطه مثبت و معنی‌دار و با صفت پایداری غشاء رابطه منفی و معنی‌دار دارد (جدول ۹). این موضوع نشان می‌دهد عملکرد اسانس رابطه مثبتی با میزان سبزیگی گیاه داشته یعنی هرچه گیاه برگ بیشتری داشته باشد و شرایط محدودکننده کمتر گیاه را تحت تأثیر قرار داده باشند گیاه عملکرد اسانس بالاتری خواهد داشت. مقایسه میانگین عامل سال نشان داد که میزان کلروفیل b در سال ۱۳۹۳ نسبت به سال ۱۳۹۴ بیشتر بود ولی میزان کارتنوئید در سال ۱۳۹۳ نسبت به ۱۳۹۴ کمتر بود (جدول ۷) شواهد نشان‌دهنده شرایط مناسب آب و هوایی در سال ۱۳۹۳ است. مقایسه میانگین سطوح رطوبتی آشکار کرد که میزان کلروفیل a و b و مجموع کلروفیل a و b در سال ۱۳۹۴ در هر دو شرایط تنش و شاهد اختلافی با یکدیگر نداشتند ولی این صفات در سال ۱۳۹۳ در شرایط شاهد از میزان بالاتری نسبت به شرایط تنش برخوردار بودند به طوری که بیشترین میزان کلروفیل a ۶/۹۱ میلی‌گرم بر لیتر مربوط به تیمار شاهد در سال ۱۳۹۳ و کمترین میزان کلروفیل a ۲/۹۰ میلی‌گرم بر لیتر مربوط به تیمار تنش خشکی در سال ۱۳۹۴ بود (جدول ۸). بیشترین میزان کلروفیل b ۱/۸۰ میلی‌گرم بر لیتر مربوط به تیمار شاهد در سال ۱۳۹۳ و کمترین میزان کلروفیل b ۰/۸۴ میلی‌گرم بر لیتر مربوط به تیمار تنش

خشکی در سال ۱۳۹۴ بود. همچنین مقایسه میانگین‌ها نشان داد که میزان کلروفیل a، کلروفیل b، مجموع کلروفیل a و b، محتوای کلروفیل و درصد اسانس در شرایط شاهد بیشتر از شرایط تنش بود (جدول ۸). در شرایط تنش خشکی به واسطه افزایش فعالیت آنزیم‌های کلروفیل‌از، پراکسیداز، افزایش ترکیبات فنولی و کاهش جذب نیتروژن از غلظت کلروفیل‌های برگ و شاخص محتوای کلروفیل برگ کاسته می‌شود (Thambussi et al., 2000). در پژوهشی با اعمال تیمارهای ۴۰، ۶۰ و ۱۰۰ درصد ظرفیت مزرعه روی گیاه دارویی بادرشبویه نتایج نشان داد که بیشترین عملکرد اسانس، قند محلول، کلروفیل a و کلروفیل کل به ترتیب مربوط به تیمارهای ۴۰، ۶۰ و ۱۰۰ درصد ظرفیت مزرعه بود. همچنین بیشترین میزان پرولین مربوط به تیمار ۴۰ درصد ظرفیت مزرعه بود و با افزایش تنش از مقدار کلروفیل a کم شده و بر مقدار کلروفیل b افزوده شد (Safikhani et al., 2007).

ضرایب همبستگی نشان داد که بین صفات میزان کلروفیل a و b، کارتنوئید و مجموع کلروفیل a و b رابطه مثبت و معنی‌دار وجود دارد، این موضوع بیانگر ارتباط درونی این صفات و تغییرات همسوی آن‌هاست. این صفات با سایر صفات ارتباط معنی‌داری نشان ندادند، تنها صفت میزان کلروفیل b با شاخص محتوای کلروفیل ارتباط منفی و معنی‌داری نشان داد. (جدول ۹).

نتایج جدول تجزیه واریانس ترکیبات اسانس نشان داد که اثر متقابل تنظیم‌کننده رشد در رطوبت برای همه ترکیبات اسانس بادرشبویه به جز ترکیب Nerylactate در سطح یک درصد کاملاً معنی‌دار بود (جدول ۱۰).

مقایسه میانگین اثرات متقابل سطوح رطوبتی در هورمون نشان داد که در شرایط تنش خشکی ترکیبات Z-Citral و E-Citral کاهش پیدا می‌کنند در حالی که بقیه ترکیبات اسانس افزایش می‌یابند. به طوری که بیشترین ترکیب مربوط به Geranylacetate با ۴۹/۳۱ درصد بود که از تیمار سایکوسل ۱۲۰۰ میکرومولار در شرایط تنش خشکی به دست آمد و کمترین ترکیب مربوط به ترکیب Linalool با ۰/۳۵ درصد که از تیمار سایکوسل ۱۲۰۰ میکرومولار در شرایط آبیاری نرمال به دست آمد (جدول ۱۱).

جدول ۷. مقایسه میانگین اثرات سال برای صفات مورد مطالعه در گیاه بادرشوبیه

Table 7. Mean comparisons for the year effect on *Dracocephalum moldavica* traits

Year	سال	درصد اسانس Essential oil Percentage	عملکرد اسانس Essential oil Yield (g/plant)	کلروفیل b Chlorophyll b	کاروتنوئید Carotenoid
2014	۱۳۹۳	0.31 <sup>a</sup>	1.5 <sup>a</sup>	1.51 <sup>a</sup>	71.68 <sup>b</sup>
2015	۱۳۹۴	0.25 <sup>b</sup>	1.1 <sup>b</sup>	0.87 <sup>b</sup>	222.56 <sup>a</sup>

حروف مشابه در هر ستون بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار بین سطوح عامل مورد بررسی بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۰/۰۵ است.  
Similar letters in each column represent no significant differences between the levels of factors investigated by Duncan test at 5% level

جدول ۸. مقایسه میانگین سطوح رطوبتی برای صفات مورد مطالعه در گیاه بادرشوبیه

Table 8. Mean comparisons for moisture levels on *Dracocephalum moldavica* traits

Year	سال		Year						
	۱۳۹۴ و ۱۳۹۳ 2014 and 2015	۱۳۹۳ 2014	مجموع کلروفیل a و b Total chlorophyll a and b		پایداری غشاء Membrane stability	کلروفیل a Chlorophyll a	کلروفیل b Chlorophyll b	مجموع کلروفیل a و b Total chlorophyll a and b	
سطوح رطوبتی Moisture levels	درصد اسانس Essential oil Percentage	شاخص محتوای کلروفیل Chlorophyll content index	کلروفیل a Chlorophyll a	کلروفیل b Chlorophyll B	کلروفیل a و b Total chlorophyll a and b	پایداری غشاء Membrane stability	کلروفیل a Chlorophyll a	کلروفیل b Chlorophyll b	مجموع کلروفیل a و b Total chlorophyll a and b
شاهد Control	0.31 <sup>a</sup>	17.64 <sup>a</sup>	6.91 <sup>a</sup>	1.80 <sup>a</sup>	8.69 <sup>a</sup>	16.64 <sup>b</sup>	3.35 <sup>a</sup>	0.89 <sup>a</sup>	4.24 <sup>a</sup>
تنش Stress	0.25 <sup>b</sup>	8.51 <sup>b</sup>	5.61 <sup>b</sup>	1.22 <sup>b</sup>	6.83 <sup>b</sup>	21.35 <sup>a</sup>	2.90 <sup>a</sup>	0.84 <sup>a</sup>	3.74 <sup>a</sup>

حروف مشابه در هر ستون بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار بین سطوح عامل مورد بررسی بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۰/۰۵ است.  
Similar letters in each column represent no significant differences between the levels of factors investigated by Duncan test at 5% level.

جدول ۹. همبستگی فنوتیپی بین صفات مورد مطالعه در طی دو سال آزمایش برای گیاه بادرشوبیه

Table 9. Phenotypic correlation between studied traits during the two years of experiment for *Dracocephalum moldavica*

	1	2	3	4	5	6	7	8
1	1							
2	-0.21	1						
3	0.6	-0.66*	1					
4	0.86**	-0.53	0.78**	1				
5	-0.77**	0.75**	-0.81**	-0.83**	1			
6	0.14	-0.29	0.34	0.04	-0.35	1		
7	0.41	-0.54	0.52	0.36	-0.68*	0.87**	1	
8	0.32	-0.28	0.34	0.35	-0.36	0.74**	0.62*	1
9	0.22	-0.36	0.39	0.12	-0.44	0.99**	0.93**	0.72**

۱. درصد اسانس؛ ۲. عملکرد اسانس؛ ۳. پایداری غشاء؛ ۴. میزان پرولین؛ ۵. شاخص محتوای کلروفیل؛ ۶. کلروفیل a؛ ۷. کلروفیل b؛ ۸. کاروتنوئید؛ ۹. مجموع کلروفیل a و b.

1. Essential oil Percentage; 2. Essential oil Yield; 3. Membrane stability; 4. Proline; 5. Chlorophyll content index; 6. Chlorophyll a; 7. Chlorophyll b; 8. Carotenoid; 9. Total chlorophyll a and b.

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

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

جدول ۱۰. تجزیه واریانس ترکیبات اسانس در گیاه بادرشوبی

Table 10. Analysis of the variance of essential oil compounds of *Dracocephalum moldavica*

S.O.V.	منابع تغییرات	درجه آزادی Df	Mean of Squares				میانگین مربعات		
			Linalool	Nerol	Z-Citral	Geraniol	E-Citral	Nerylactate	Geranylacetate
Block	بلوک	2	0.005	0.001	2.26	0.20	1.85	0.11	2.44
Moisture	رطوبت	1	0.029	0.007	34.82	9.63	68.80*	2.21	174.68*
Error a	خطای a	2	0.005	0.001	2.42	0.55	1.21	0.14	4.10
Growth regulators	تنظیم کننده‌های رشد	4	0.157**	0.061**	6.28**	4.04	5.09**	0.22*	6.03**
Moisture x Growth regulators	رطوبت × تنظیم کننده‌های رشد	8	0.074**	0.048**	14.16**	26.27**	22.45**	0.17	29.71**
Error b	خطای b	16	0.004	0.003	0.57	0.21**	0.32	0.06	2.52
CV (%)	ضریب تغییرات (درصد)		9.13	8.92	4.72	6.54	2.92	6.54	3.70

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

\* and \*\*: Significant at the 5 and 1% probability levels, respectively

موجب مقاومت به خشکی در گیاه می‌شود و با افزایش میزان پرولین که واکنش مثبت در برابر تنش خشکی است درصد اسانس نیز افزایش می‌یابد. نتایج بیانگر آن است که در شرایط تنش خشکی عملکرد و درصد اسانس گیاه بادرشوبیه نسبت به شاهد کاهش می‌یابد. تیمار سالیسیلیک اسید ۱۶۰۰ میکرومولار عملکرد اسانس را نسبت به سایر تیمارها افزایش می‌دهد که این نشان‌دهنده نقش کلیدی سالیسیلیک اسید در تنظیم تعدادی از فرایندهای فیزیولوژیک از جمله فتوسنتز، بسته شدن روزنه‌ها، تهرق، سنتز کلروفیل و پروتئین و ممانعت از بیوسنتز اتیلن است. نتایج نشان داد که عملکرد اسانس با شاخص محتوای کلروفیل رابطه مثبت و معنی‌دار و با صفت پایداری غشاء رابطه منفی و معنی‌داری دارد؛ بنابراین تنش خشکی با کاهش محتوای کلروفیل و افزایش رادیکال‌های آزاد و تخریب غشاء و کاهش پایداری غشاء موجب کاهش عملکرد اسانس در گیاه بادرشوبیه می‌گردد. در شرایط تنش خشکی همه ترکیبات اسانس گیاه بادرشوبی افزایش پیدا کرد اما ترکیبات E-Citral و Z-Citral در شرایط تنش خشکی کاهش پیدا کردند. با توجه به نتایج آزمایش می‌توان بیان کرد که استفاده از سالیسیلیک اسید در شرایط تنش

پژوهش‌ها روی گیاه دارویی گل‌راعی<sup>۱</sup> نشان داد که میزان اسانس و ترکیبات تشکیل‌دهنده آن در شرایط تنش خشکی افزایش چشم‌گیری دارد (Abreu et al., 2004; Abreu and Mazzafera, 2005). درصد اسانس و ترکیبات تشکیل‌دهنده آن در مرزنگوش (Rhizopoulous and Diamantoglo, 1991) و لینالول و کویکول در ریحان (Simon et al., 1992) در شرایط تنش خشکی افزایش پیدا کرد.

### نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد تنش خشکی سبب کاهش صفات فیزیولوژیکی شامل شاخص محتوای کلروفیل، کلروفیل a، کلروفیل b، کاروتنوئید و پایداری غشاء می‌شود. در شرایط تنش خشکی موازنه بین تولید رادیکال‌های آزاد و سیستم‌های دفاعی مختل می‌گردد و در نتیجه میزان رادیکال‌های آزاد افزایش می‌یابد که باعث کاهش فعالیت آنتی‌اکسیدانت‌ها شده و موجب کاهش کلروفیل در گیاه می‌شود. همچنین در شرایط تنش خشکی میزان پرولین در گیاه افزایش می‌یابد که پرولین از طریق تنظیم اسمزی

<sup>۱</sup> *Hypericum brasiliense* L.

خشکی نسبت به سایکوسل موجب افزایش عملکرد و درصد اسانس در گیاه بادرشوبویه می‌شود. جدول ۱۱. مقایسه میانگین اثر متقابل سطوح رطوبتی در هورمون برای ترکیبات اسانس در گیاه بادرشوبی

**Table 11. Mean comparisons for the interaction of moisture levels and hormone on essential oil composition in *Dracocephalum moldavica***

رطوبت Moisture	تنظیم‌کننده‌های رشد		Linalool	Nerol	Z-Citral	Geraniol	E-Citral	Nerylactate	Geranylacetate
	رشد	Growth regulators							
شاهد Control	شاهد		0.52 <sup>b</sup>	0.38 <sup>e</sup>	14.15 <sup>d</sup>	7.95 <sup>b</sup>	16.80 <sup>e</sup>	3.54 <sup>cd</sup>	43.85 <sup>b</sup>
	سایکوسل ۶۰۰	CCC 600	0.76 <sup>a</sup>	0.52 <sup>bcd</sup>	17.16 <sup>b</sup>	4.21 <sup>d</sup>	20.38 <sup>c</sup>	3.40 <sup>cd</sup>	43.26 <sup>b</sup>
	سایکوسل ۱۲۰۰	CCC 1200	0.35 <sup>c</sup>	0.50 <sup>bcd</sup>	16.42 <sup>bc</sup>	7.47 <sup>b</sup>	22.16 <sup>b</sup>	3.45 <sup>cd</sup>	39.49 <sup>c</sup>
	اسید سالیسیلیک ۸۰۰	Salicylic acid 800	0.76 <sup>a</sup>	0.58 <sup>b</sup>	20.32 <sup>a</sup>	3.74 <sup>d</sup>	24.29 <sup>a</sup>	3.34 <sup>cd</sup>	36.37 <sup>d</sup>
	اسید سالیسیلیک ۱۶۰۰	Salicylic acid 1600	0.78 <sup>a</sup>	0.76 <sup>a</sup>	16.98 <sup>b</sup>	9.05 <sup>a</sup>	20.49 <sup>c</sup>	3.24 <sup>d</sup>	39.39 <sup>c</sup>
	شاهد		0.86 <sup>a</sup>	0.73 <sup>a</sup>	17.11 <sup>b</sup>	4.54 <sup>d</sup>	19.58 <sup>c</sup>	4.15 <sup>ab</sup>	44.03 <sup>b</sup>
	سایکوسل ۶۰۰	CCC 600	0.48 <sup>b</sup>	0.47 <sup>cde</sup>	15.50 <sup>cd</sup>	9.28 <sup>a</sup>	18.56 <sup>d</sup>	3.65 <sup>cd</sup>	43.39 <sup>b</sup>
	سایکوسل ۱۲۰۰	CCC 1200	0.47 <sup>b</sup>	0.43 <sup>de</sup>	12.71 <sup>e</sup>	6.65 <sup>c</sup>	16.38 <sup>e</sup>	3.80 <sup>bc</sup>	49.31 <sup>a</sup>
	اسید سالیسیلیک ۸۰۰	Salicylic acid 800	0.85 <sup>a</sup>	0.56 <sup>bc</sup>	14.39 <sup>d</sup>	9.82 <sup>a</sup>	17.13 <sup>e</sup>	4.43 <sup>a</sup>	44.12 <sup>b</sup>
	اسید سالیسیلیک ۱۶۰۰	Salicylic acid 1600	0.82 <sup>a</sup>	0.70 <sup>a</sup>	14.56 <sup>d</sup>	7.79 <sup>b</sup>	17.33 <sup>e</sup>	3.65 <sup>cd</sup>	45.64 <sup>b</sup>

حروف مشابه در هر ستون بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار بین سطوح عامل موردبررسی بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۰/۰۵ است.

Similar letters in each column represent no significant differences between the levels of factors investigated by Duncan test at 5% level.

## منابع

- Abbaspor, H., Rezaei, H., 2014. Effects of salicylic acid and jamic acid on hill reaction and photosynthetic pigment (*Dracocephalum moldavica* L.) in different levels of drought stress. International Journal of Advanced Biological and Biomedical Research. 2, 2850-2859.
- Abreu, I.N., Porto, A.L.M., Marsaioli, A.J., Mazzafera, P., 2004. Distribution of bioactive substance from *Hypericum brasiliense* during plant growth. Plant Science. 167, 949-954.
- Abreu, I.N., Mazzafera, P., 2005. Effect of water and temperature stress on content of active constituents of *Hypericum brasiliense* choosy. Plant Physiology and Biochemistry. 43, 241-248.
- Aflatuni, A., 2005. Water stress effect on growth and yield of (*Coriandrum sativum* L.) and its alleviation by n-triacontanol. Acta Horticulture. 79, 19-24.
- Ahmadi, A., Baker, D.A., 2001. The effect of water stress on activities of key regulatory

- enzymes of the sucrose to starch pathway in wheat. *Plant Growth Regulator*. 35, 81-91.
- Ardakani, M., Nadur, A., 2009. Principles and techniques for plant scientists. Tehran University Press. 270p. [In Persian].
- Arnon, D.I., 1949. Copper enzymes in isolated chloroplast: Polyphenol oxidase in *Beta vulgaris*. *Plant Physiology*. 24, 1-24.
- Baghizadeh, A., Ghorbanli, M., Haj Mohammad Rezaei, M., 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). *Research Journal of Biological Sciences*. 4(4), 380-387.
- Bates, L.S., Walden, R.P., Teare, D., 1973. Rapid determination of free proline for water stress studies. *Plant Physioilogy*. 39, 205-207.
- Boush, S.M., Schwrz, K., Alegre, L., 1999. Enhanced formation of  $\alpha$ -tocopherol and highly Oxidize diterpenes in water-stressed Rosemary plants. *Plant Physiology*. 121(3), 1047-1052.
- Chandrasekar, V., Sairam, R.K., Srivastava, G.C., 2000. Physiological and biochemical responses of hexaploid and tetraploid wheat to drought stress. *Journal of Agronomy and Crop Science*. 185, 219-227.
- Charles, D. J., Joly, R.J., Simon, J.E., 1990. Effect of osmotic stress on the essential oil content and composition of peppermint. *Photochemistry*. 29(9), 2837-2840.
- Chatterjee, S.K., Svoboda, K.P., 1995. Water stress effect on growth and yield of *Cymbopogon* sp. and its alleviation by n-triacontanol. *Acta Horticulture*. 390, 19-24.
- Cutt, J. R., Klessig, D.F., 1992. Salicylic acid in plants. A changing perspective *Pharmaceu Technology*. 16, 25-34.
- Dastmalchi, K., Dorman, H.G., Kosar, M., Hiltunen, R., 2007. Chemical composition and in vitro antioxidant evaluation of a water soluble Moldavian balm (*Dracocephalum moldavica* L.) extract. *Food Science and Technology*. 40, 239-248.
- Eleni, M.A., Huang, B., Bonos, S.A., Meyer, W.A., 2004. Evaluation of drought stress resistance for Texas bluegrass, Kentucky bluegrass, and their hybrids. *Crop Science*. 44, 1746-1793.
- El-Lateef Gharib, F., 2006. Effect of salicylic acid on the growth, metabolic activities and oil content of basil and marjoram. *International Journal of Agriculture & Biology*. 8(4), 485-492.
- Gopi, R., Sridharan, R., Somasundaram, R., Alagulakshmanan, G.M., Panneerselvam R., 2005. Growth and photosynthetic characteristics as affected by triazols in *Amorphophallus campanulatus*. *Genetics Applied Plant Physiology*. 31, 171-180.
- Halasz-zelnik, K., Hornok, L., Domokos, J., 1988. Data on the cultivation of *Dracocephalum moldavica* L. in Hungary. *Herba Hungarica*. 28(1), 49-8.
- Hamada, A.M., Al-Hakimi A.M.A., 2001. Salicylic acid versus salinity drought induced stress on wheat seedlings. Assiut University., Assiut (Egypt). *Botany Department*. 47, 444-450.
- Holm, Y., Hiltunen, R., 1988. Capillary gas chromatographic mass spectrometric determination of the flavor composition of Dragonhead (*Dracocephalum moldavica* L). *Flavour and Fragrance Journal*. 3, 109-112.
- Holm, Y., Galambosi, B., Hiltunen, R., 1988. Variation of the main terpenes in Dragonhead (*Dracocephalum moldavica* L.) during growth. *Flavour and Fragrance Journal*. 3, 113-115.
- Hussein, M.S., El-Sherbeny, S.E., Khalil, M.Y., Naguib, N.Y., Aly, S.M., 2006. Growth characters and chemical constituents of *Dracocephalum moldavica* L. plants in relation to compost fertilizer and planting distance. *Scientica Horticulture*. 108, 322-331.
- Ianncci, A., Russo, M., Arena, L., Di Fonzo, N., Martiniello, P., 2002. Alfalfa (*Medicago sativa* L.) seed yield and quality under different forage management systems and irrigation treatment in a Mediterranean environment. *Field Crops Research*. 78, 65-74.
- Khan, M.I.R., Syeed, S., Nazar, R., 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.
- Keshavarz, H., Modares Sanavi, S.A.M., Zarinkamar, F., Dolatabadian, M., Sadaj Aslani, K., 2012. Evolution effect salicylic acid foliar on same traits biochemical two *Berasica napus* L. under cool stress. *Iranian*

- Journal agriculture Science. 42, 723-734. [In Persian with English Summary].
- Letchamo, W., Gosselin, A., 1996. Transpiration, essential oil glands, epicuticular wax and morphology of *Thymus vulgaris* are influence by light intensity and water supply. Journal of Horticultural Science. 71(1), 123-134.
- Letchamo, W., Marquard, R., Holzl, J., Gosselin, A., 1994. Effect of water supply and light intensity on growth and essential oil of two *Thymus vulgaris* selection. A New Botany. 68(34), 83-88.
- Mohammadpour, M., Negahban, M., Saeedfar, S., Salehi Shanjan, P., Javadi, H., 2015. Effect of drought stress on some of the biochemical characteristics of three *Achillea* population (*Achillea vermicularis*). Russian Journal of Biological Research, 4 (2), 68-80.
- Moharekar, S., Lokhande, T., Hara, R., Tanaka, R., Tanaka, A., 2003. Effect of salicylic acid on chlorophyll and carotenoids contents of wheat and moong seedling. Photosynthetica. 41: 315-317.
- Mozaffarian, V. 2003. Culture of the Iranian Plant Names. Contemporary Culture Publications. Theran. 362 Pp. [In Persian].
- Nanjo, T., Yoshiba, Y., Sanada, Y., Wada, K. and Tsukaya, H.K., 1988. Roles of proline in osmotic stress tolerance and morphogenesis of *Arabidopsis thaliana*. Plant Cell Physiology. 39: 104-108.
- Omidbaigi, R, Hassani, A., Sefidkon, F., 2003. Essential oil content and composition of sweet basil (*Osymum basilicum*) at different irrigation regimes. Journal of Food Science. 6(1), 104-108. [In Persian with English Summary].
- Rahbarian, P., Salehi Sardoei A., 2014. Effects of drought stress and manure on dray herb yield and essential oil of Dragonhead (*Dracocephalum moldavica*) in Jiroft area. International Journal of Bioscience. 4(9), 212-217.
- Rajinder, S.D., 1987. Glutation status and protein synthesis during drought and subsequent dehydration in *Torula rulis*. Plant Physiology. 83, 816-819.
- Rizopoulous, S and Diamantaglon, S. 1991. Water stress induced during variation in leaf water relation stomatal conductance, soluble sugar, lipids and essential oil content of *Origanum majorana*. Journal of Horticulture Science. 66, 119-125.
- Rossini-Pinto, A.C., Deleo-Rodrigues, T.D., Lient, L.C., Barbosa, I.C., 2005. Growth retardants on development and ornamental quality of potted 'Liliput' *Zinnia elegans* Jaco. Scientific Agriculture. 62, 337-345.
- Safikhani, F., Heydarye Sharifabadi, H., Siadat, A., Sharifi Ashorabadi, A., Syednedjad, M., Abbazadeh, B., 2007. The effect of drought on yield and morphologic characteristics of *Deracoceohalum moldarical*. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants. 23(2), 183-194. [In Persian with English Summary].
- Sarima, R.J., Rqo, K.V., Srivastava, G.C., 2002. Differential response of wet genotypes to long term salinity stress in relation to oxidative stress, antioxidant activity and osmolyte concentration. Plant Science. 163, 1036-1040.
- Shakirova, F.M., Bezrukova M.V., 1997. Induction of wheat resistance against environmental salinization by salicylic acid. Biology Bulletin. 24, 109-112.
- Shi, Q., Bao, Z., Zhu, Z., Ying, Q., Qian, Q., 2006. Effects of different treatment of salicylic acid on heat tolerance chlorophyll fluoresce and antioxidant enzyme activity in seedling of *Cucumis sativa* L. Plant Growth Regulation. 48, 127-135.
- Simon, J.E., Bubenheim, R.D., Joly, R.J., Chares, D.J., 1992. Water stress-induced alternation in essential oil content and composition of sweet basil. Journal of Essential Oil Research. 4, 71-75.
- Singh, B., Usha, K., 2003. Salicylic acid induced physiological and biochemical changes in wheat seedlings under water stress. Plant Growth Regulation. 30, 137-141.
- Solinas, V., Deiana, S., Gessa, C., Bazzoni, A., Loddo, M.A., Satta, D., 1996. Effect of water and nutritional condition on *Rosmarinus officinalis* phenolic fraction and essential oil yield *Rivista Italiaan*. Journal of Spices and Aromatic Crops. 19, 189-198.
- Tari, I., Csiszar, J., Szalai, G., Horvath, F., Pecsvaradi, A., Kiss, G., Szepesi, A., Szabo, M., Redei, L., 2002. Acclimation of tomato plants to salinity stress after a salicylic acid pre-treatment. Acta Biologica Szegediensis, 46(3-4), 55-56.
- Thambussi, E.A., Bartoli, C.G., Bettrun, J.J., Araus, J.C., 2000. Oxidative damage to

thylakoids protein in water stressed leaves of wheat (*Triticum aestivum* L.). Plant Physiology. 108, 398-404.

Venskutionis, P.R., Dapkevicius, A., Baranauškiene, M., 1995. Flavour

composition of some lemon-like aroma herbs from Lithuania. Development in Food Science. 37(1), 833-847.