Archive of SID

تنش‌های محیطی در علوم زراعی
Environmental Stresses in Crop Sciences
جلد یازدهم، شماره سوم، پائیز ۱۳۹۷
۶۵۹-۶۴۵
http://dx.doi.org/10.22077/escs.2018.827.1164

اثر تنظیم‌کننده‌های رشدی بر برخی خصوصیات فیزیولوژیکی و اسانس بادرشبویه (*Dracocephalum moldavica* L.) تحت تنش خشکی

علی جلالوند[1*]، بابک عندلیبی[2]، افشین توکلی[3]، پرویز مرادی[4]
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 (محلول‌پاشی 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 نشت الکترولیت‌ها افزایش می‌یابد و درنتیجه 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، بادرشبی**

مقدمه

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 بادرشبی، بادرشبو، 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، ژرانیال، ژرانیول و نرال اصلی‌ترین ترکیب‌های شناخته‌شده هستند

www.SID.ir

Archive of SID

(Mozhaffrian, 2003). این گیاه دارای گل‌های شهدآور و اندام هوایی اسانس‌دار است در این گیاه ۶۶ ترکیب به روش GC و GC/MS شناسایی‌شده (Venskutionis, 1995). گل و پیکر رویشی بادرشبویه (برگ‌ها و ساقه‌های جوان) دارای بیشترین اسانس است و دارای بیشترین مقدار اسانس در مرحله گلدهی می‌باشد (Halasz-zelnik et al., 1988). از عصاره بادرشبویه 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 اسیدآمینه‌ها 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 اسیدآمینه‌های فعال در پدیده تنظیم اسمزی است که در ایجاد و حفظ فشار اسمزی درون گیاه نقش به سزایی دارد (Iannci et al., 2002). در برخی از گیاهان در مراحل اولیه تنش کم‌آبی چندین اسیدآمینه افزایش می‌یابد که با ادامه کم‌آبی فقط اسیدآمینه 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 کاهشی 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 بادرشبویه انجام گرفت مشاهده شد که تنش ملایم خشکی به همراه ۳ تن در هکتار 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 بادرشبویه 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 کلروفیلa کم شده و بر مقدار کلروفیل b افزوده شد (Safikhani et al., 2007).

سالیسیلیک اسید یا اورتوهیدروکسی بنزوئیک اسید یک ترکیب فنلی گیاهی است که به‌عنوان یک تنظیم‌کننده هورمونی موردتوجه 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). محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید و جاسمونیک اسید موجب افزایش مقاومت به خشکی و افزایش کلروفیلa و کلروفیلb در گیاه بادرشبویه 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 آبسیزیک 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 به‌حساب می‌آید (Singh and Usha. 2003). با توجه به نیمه حساس بودن گیاه بادرشبویه به شرایط تنش خشکی و مصرف گسترده آن در صنایع مختلف، پژوهشی به‌منظور ارزیابی

www.SID.ir

Archive of SID

مقاومت گیاه دارویی بادرشبویه 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 به‌صورت اسپلیت 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 (محلول‌پاشی با آب مقطر) که قبل از شروع گلدهی تا انتهای دوره رشد به‌صورت یک‌بار محلول‌پاشی 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، هردو 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).

درصد رطوبت وزنی خاک = (وزن خاک خشک / وزن آب خاک) × ۱۰۰ [۱]

جدول ۱. نتایج تجزیه خاک

Table 1. Analysis of the soil

عمق نمونه Samples depth (cm)	بافت خاک soil texture	جرم مخصوص Specific mass ($g.cm^{-3}$)	رطوبت وزنی در حد FC(٪) Moisture weight at FC (%)	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی Electrical conductivity (mlmos/cm)	پتاسیم قابل‌جذب Absorbable potash (ppm)	فسفر قابل‌جذب Absorbable phosphorus (ppm)	ازت کل (٪) Total nitrogen (%)
0-30	لومی شنی Sandy loam	1.564	22.56	7.54	13.86	267	13.4	0.12

به‌منظور تعیین پایداری غشاء سلولی در برگ از اندازه‌گیری میزان نشت الکترولیتی آن‌ها استفاده شد. بدین منظور بالاترین برگ کاملاً توسعه‌یافته مورد نمونه‌برداری قرار گرفت. بخش میانی برگ‌ها به قطعات یک سانتی‌متری بریده شدند؛ و سپس ۰/۵ گرم از آن تکه‌های برگی انتخاب و با آب مقطر شسته شدند. این قطعات برگی 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 PSI ۱۵ (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).

$$\text{درصد نشت الکترولیت (EL)} = \frac{EC1}{EC2} \times 100 \qquad [۲]$$

www.SID.ir

Archive of SID

برای استخراج پرولین ۰/۵ گرم از ماده تر گیاهی با استفاده از 10ml محلول ۳٪ اسید سولفوسالسسیلیک 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 طول‌موج 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 طول‌موج ۶۶۳ و ۶۴۵ نانومتر تعیین شد. روش کار بدین‌صورت بود که میزان ۰/۵ گرم برگ تازه را با استفاده از ازت مایع و در هاون چینی به‌صورت 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 پس‌ازآن 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 طول‌موج‌های مربوطه و با استفاده از روابط (۲)، (۳) و (۴) تعیین گردید (Ardakani and Nador, 2009; Arnon, 1949).

[۳]

$$\text{chl - a (mg/ml)} = \frac{[12.7(ABS663) - 2.69(ABS645)] \times V}{1000 \times W}$$

[۴]

$$\text{chl - b (mg/ml)} = \frac{[22.9(ABS645) - 4.69(ABS663)] \times V}{1000 \times W}$$

[۵]

$$\text{Chl - ab (mg/ml)} = \frac{[20.2(ABS645) + 8.02(ABS663)] \times V}{1000 \times W}$$

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

از هر کرت آزمایشی چند بوته به‌صورت تصادفی برداشت شد و برای جلوگیری از آلودگی آن‌ها به قارچ‌ها و عوامل بیماری‌زا، اندام گیاهی در یک محیط سایه تحت جریان طبیعی هوا خشک گردیدند. برای استخراج اسانس از نمونه-های خشک‌شده، از روش تقطیر با آب و از دستگاه کلونجر استفاده شد. برای این منظور ۵۰ گرم از اندام‌های خشک‌شده گیاه بادرشبویه به همراه ۵۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر در داخل بالن دستگاه قرار گرفت. عمل اسانس گیری با حرارت دادن بالن شروع شد. از لحظه به جوش آمدن، عمل اسانس گیری به مدت ۲ ساعت برای اندام‌های رویشی و سرشاخه‌های گل‌دار ادامه یافت سپس دستگاه خاموش شد. اسانس استخراج‌شده و به‌صورت 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 تجزیه‌وتحلیل 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 تجزیه‌وتحلیل‌ها برای این صفت به‌طور مجزا و به‌صورت آزمایش کرت‌های خردشده بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی صورت گیرد (جدول ۴). برای

www.SID.ir

Archive of SID

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

جدول ۲. تجزیه واریانس صفات موردمطالعه در مرحله گلدهی در طی دو سال آزمایش گیاه بادرشبویه

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	Mean of squares / 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	تنظیم‌کننده‌های رشد	4	69.20	33.86	0.74	2.45	0.14
Growth regulators× Moisture	تنظیم‌کننده‌های رشد ×رطوبت	4	149.43	19.90	3.47	0.70	0.09
Year × Growth regulators	سال × تنظیم‌کننده‌های رشد	4	56**	14.43*	3.70	2.54	0.09
Year× Growth regulators ×Moisture	سال × رطوبت × تنظیم‌کننده‌های 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 نشان‌دهنده معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪ درصد

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

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، کلروفیلb در سطح یک درصد معنی‌دار شد و برای صفات کلروفیلa و درصد اسانس در سطح پنج درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). اثر متقابل تنظیم‌کننده‌های رشد در رطوبت برای صفت عملکرد اسانس در سطح یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۳). اثر متقابل تنظیم‌کننده 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 تنظیم‌کننده رشد در سال در رطوبت نشان داد که مقدار پایداری غشاء در سطح

www.SID.ir

Archive of SID

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 بر میزان صفت پایداری غشاء گذاشته‌اند به‌طوری‌که بیشترین میزان ازلحاظ 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)؛

جدول ۳. تجزیه واریانس صفات موردمطالعه 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 میانگین مربعات			
		کارتنوئید Carotenoid	مجموع کلروفیل a و b Total chlorophyll a and b	درصد اسانس Essential oil Percent	عملکرد اسانس Essential oil Yield
سال Year	1	455269.06**	283.75**	7.7×10^{-2}**	3.33**
خطای a Error a	6	1888.77	1.78	4.14×10^{-3}	0.22
رطوبت Moisture	1	2728.50	9.05	8.60×10^{-2}*	1.70
سال × رطوبت Moisture×year	1	6371.96	27.85*	1.61×10^{-4}	0.23
خطای b Error b	6	4045.47	4.01	5.50×10^{-3}	0.22
تنظیم‌کننده‌های رشد Growth regulators	4	1076.26	3.65	3.11×10^{-3}*	0.19
تنظیم‌کننده‌های رشد ×رطوبت Growth regulators× Moisture	4	1489.03	1.17	5.37×10^{-3}	0.33**
سال × تنظیم‌کننده‌های رشد Growth regulators×Year	4	644.65	3.61	6.11×10^{-3}	0.30
سال × رطوبت × تنظیم‌کننده‌های رشد Moisture× Growth regulators×Year	4	2216.59	3.31	9.92×10^{-4}	0.03
خطای c Error c	48	1471.20	2.21	2.9×10^{-3}	0.14
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)		26.07	25.28	19.21	26.84

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

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

www.SID.ir

Archive of SID

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

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

S.O.V.	منابع تغییرات	درجه آزادی Df	Mean of Squares پایداری غشاء ۱۳۹۳ Membrane stability1393	میانگین مربعات 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	تنظیم‌کننده‌های رشد	4	123.13**	2.07
Moisture× Growth regulators	رطوبت × تنظیم‌کننده‌های 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 نشان‌دهنده معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪ درصد

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

تنش خشکی سبب خسارت به غشای سلولی می‌شود و درنتیجه میزان نشت الکترولیت‌ها افزایش می‌یابد. در شرایط تنش خشکی قسمت‌های فسفولیپیدی دولایه غشاء حالت شش‌وجهی (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 به‌عنوان یک سازگار مقاومت با تنش خشکی از طریق تنظیم اسمزی عمل نماید، ارتباط منفی بین شاخص محتوای کلروفیل و میزان پرولین نیز می‌تواند به‌این‌علت 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 کاهش‌یافته (Chandrrasekar et al., 2000; Sarima et al., 2002) و نشت الکترولیت‌ها افزایش می‌یابد (Elen et al., 2004).

مقایسه میانگین اثر متقابل تنظیم‌کننده‌های رشد در رطوبت برای صفت عملکرد اسانس نشان داد که در شرایط تنش اختلافی بین سطوح تنظیم‌کننده‌های رشد مشاهده نمی‌شود ولی بین سطوح تنظیم‌کننده‌های رشد در شرایط نرمال برای عملکرد اسانس اختلاف وجود دارد به‌طوری‌که اسید سالیسیلیک ۱۶۰۰ میکرو مولار بیشترین مقدار عملکرد اسانس را دارا است و سطوح سایکوسل ۱۲۰۰ میکرو مولار و شاهد اختلاف معنی‌داری با آن ندارند یعنی مصرف کردن سایکوسل ۶۰۰ میکرو مولار و اسید سالیسیلیک ۸۰۰ میکرو مولار باعث کاهش معنی‌دار عملکرد اسانس نسبت به شاهد شده است (جدول ۵).

با توجه به اینکه اسید سالیسیلیک در تنظیم تعدادی از فرایندهای فیزیولوژیک ازجمله فتوسنتز، بسته شدن روزنه-ها، 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 انجام‌شده بر روی یک‌گونه *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 تنظیم‌کننده‌های 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 معنی‌داری با شاهد ندارند با توجه به نتایج کاربرد اسید سالیسیلیک ۱۶۰۰ میکرو مولار نه‌تنها تأثیری درافزایش درصد اسانس نداشته است بلکه باعث کاهش درصد اسانس نیز شده است (جدول ۶). سالیسیلیک اسید سنتز کاروتنوئیدها، گزانتوفیل‌ها را در گیاهان افزایش می‌دهد

www.SID.ir

Archive of SID

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

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

			Year	سال
			۱۳۹۳ و ۱۳۹۴	۱۳۹۳
			2014 and 2015	2014
رطوبت Moisture	Growth regulators	تنظیم‌کننده‌های رشد	عملکرد اسانس Essential oil Yield (g.plant)	پایداری غشاء Membrane stability
شاهد Control	Control	شاهد	1.48^{ab}	14.4^{a}
	CCC 600	سایکوسل ۶۰۰	1.25^{b}	9.17^{b}
	CCC 1200	سایکوسل ۱۲۰۰	1.57^{ab}	9.92^{b}
	Salicylic acid 800	اسید سالیسیلیک ۸۰۰	1.22^{b}	11.3^{b}
	Salicylic acid 1600	اسید سالیسیلیک ۱۶۰۰	1.71^{a}	8.69^{b}
تنش Stress	Control	شاهد	1.24^{a}	7.95^{d}
	CCC 600	سایکوسل ۶۰۰	1.36^{a}	27.14^{b}
	CCC 1200	سایکوسل ۱۲۰۰	1.06^{a}	18.84^{c}
	Salicylic acid 800	اسید سالیسیلیک ۸۰۰	1.01^{a}	26.23^{b}
	Salicylic acid 1600	اسید سالیسیلیک۱۶۰۰	1.09^{a}	33.5^{a}

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 موردمطالعه در گیاه بادرشبویه

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

		۱۳۹۳ و ۱۳۹۴	۱۳۹۳	۱۳۹۴		
		2014 and 2015	2014	2015		
Growth regulators	تنظیم‌کننده‌های رشد	درصد اسانس Essential oil Percentage	پایداری غشاء Membrane stability	میزان پرولین Proline	پایداری غشاء Membrane stability	میزان پرولین Proline
Control	شاهد	0. 3^{a}	21.1^{a}	7.28^{a}	19.86^{a}	10.87^{a}
CCC 600	سایکوسل ۶۰۰	0.29^{a}	18.76^{ab}	6.47^{a}	19.1^{a}	9.27^{a}
CCC 1200	سایکوسل ۱۲۰۰	0.28^{ab}	18.15^{b}	5.43^{a}	18.83^{a}	8.42^{ab}
Salicylic acid 800	اسید سالیسیلیک ۸۰۰	0.27^{ab}	14.38^{c}	5.28^{a}	18.86^{a}	6.51^{bc}
Salicylic acid 1600	اسید سالیسیلیک ۱۶۰۰	0.26^{b}	11.18^{d}	4.99^{a}	18.59^{a}	5.13^{c}

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.

www.SID.ir

Archive of SID

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 درنتیجه 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 سبزینگی 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 به‌طوری‌که بیشترین میزان کلروفیلa ۶/۹۱ میلی‌گرم بر لیتر مربوط به تیمار شاهد در سال ۱۳۹۳ و کمترین میزان کلروفیلa ۲/۹۰ میلی‌گرم بر لیتر مربوط به تیمار تنش خشکی در سال ۱۳۹۴ بود (جدول ۸). بیشترین میزان کلروفیلb ۱/۸۰ میلی‌گرم بر لیتر مربوط به تیمار شاهد در سال ۱۳۹۳ و کمترین میزان کلروفیلb ۰/۸۴ میلی‌گرم بر لیتر مربوط به تیمار تنش خشکی در سال ۱۳۹۴ بود. همچنین مقایسه میانگین‌ها نشان داد که میزان کلروفیلa، کلروفیلb، مجموع کلروفیل a و b، محتوای کلروفیل و درصد اسانس در شرایط شاهد بیشتر از شرایط تنش بود (جدول ۸). در شرایط تنش خشکی به‌واسطه 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 کلروفیلa 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 کلروفیلb 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 بادرشبی به‌جز 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 درحالی‌که بقیه ترکیبات اسانس افزایش می‌یابند. به‌طوری‌که 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).

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۷. مقایسه میانگین اثرات سال برای صفات موردمطالعه در گیاه بادرشبویه

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[a]	1.5[a]	1.51[a]	71.68[b]
2015	**۱۳۹۴**	0.25[b]	1.1[b]	0.87[b]	222.56[a]

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

جدول ۸. مقایسه میانگین سطوح رطوبتی برای صفات موردمطالعه در گیاه بادرشبویه

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

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

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.

جدول ۹. همبستگی فنوتیپی بین صفات موردمطالعه در طی دو سال آزمایش برای گیاه بادرشبویه

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							
3	0.6	-0.66*						
4	0.86**	-0.53	0.78**					
5	-0.77**	0.75**	-0.81**	-0.83**				
6	0.14	-0.29	0.34	0.04	-0.35			
7	0.41	-0.54	0.52	0.36	-0.68*	0.87**		
8	0.32	-0.28	0.34	0.35	-0.36	0.74**	0.62*	
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 0.01probability levels, respectively.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱۰. تجزیه واریانس ترکیبات اسانس در گیاه بادرشبی

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
بلوک Block	2	0.005	0.001	2.26	0.20	1.85	0.11	2.44
رطوبت Moisture	1	0.029	0.007	34.82	9.63	68.80*	2.21	174.68*
خطای a Error a	2	0.005	0.001	2.42	0.55	1.21	0.14	4.10
تنظیم‌کننده‌های رشد Growth regulators	4	0.157**	0.061**	6.28**	4.04	5.09**	0.22*	6.03**
رطوبت × تنظیم‌کننده‌های رشد Moisture x Growth regulators	8	0.074**	0.048**	14.16**	26.27**	22.45**	0.17	29.71**
خطای b Error b	16	0.004	0.003	0.57	0.21**	0.32	0.06	2.52
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)		*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 5and 1% probability levels, respectively

پژوهش‌ها روی گیاه دارویی گل‌راعی[1] 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 کاویکول 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، کلروفیلa، کلروفیلb، کاروتنوئید و پایداری غشاء می‌شود. در شرایط تنش خشکی موازنه بین تولید رادیکال‌های آزاد و سیستم‌های دفاعی مختل می‌گردد و درنتیجه 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 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 بادرشبویه 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 ازجمله فتوسنتز، بسته شدن روزنه‌ها، تعرق، 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 بادرشبویه می‌گردد. در شرایط تنش خشکی همه ترکیبات اسانس گیاه بادرشبی افزایش پیدا کرد اما ترکیبات Z-Citral و E-Citral در شرایط تنش خشکی کاهش پیدا کردند. با توجه به نتایج آزمایش می‌توان بیان کرد که استفاده از سالیسیلیک اسید در شرایط تنش

[1] Hypericum brasiliense L.

www.SID.ir

Archive of SID

خشکی نسبت به سایکوسل موجب افزایش عملکرد و درصد اسانس در گیاه بادرشبویه می‌شود.

جدول ۱۱. مقایسه میانگین اثر متقابل سطوح رطوبتی در هورمون برای ترکیبات اسانس در گیاه بادرشبی

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

رطوبت Moisture	تنظیم‌کننده‌های رشد Growth regulators	Linalool	Nerol	Z-Citral	Geraniol	E-Citral	Nerylactate	Geranylacetate
شاهد Control	شاهد Control	0.52^{b}	0.38^{e}	14.15^{d}	7.95^{b}	16.80^{e}	3.54^{cd}	43.85^{b}
	سایکوسل ۶۰۰ CCC 600	0.76^{a}	0.52^{bcd}	17.16^{b}	4.21^{d}	20.38^{c}	3.40^{cd}	43.26^{b}
	سایکوسل ۱۲۰۰ CCC 1200	0.35^{c}	0.50^{bcd}	16.42^{bc}	7.47^{b}	22.16^{b}	3.45^{cd}	39.49^{c}
	اسید سالیسیلیک ۸۰۰ Salicylic acid 800	0.76^{a}	0.58^{b}	20.32^{a}	3.74^{d}	24.29^{a}	3.34^{cd}	36.37^{d}
	اسید سالیسیلیک ۱۶۰۰ Salicylic acid 1600	0.78^{a}	0.76^{a}	16.98^{b}	9.05^{a}	20.49^{c}	3.24^{d}	39.39^{c}
تنش Stress	شاهد Control	0.86^{a}	0.73^{a}	17.11^{b}	4.54^{d}	19.58^{c}	4.15^{ab}	44.03^{b}
	سایکوسل ۶۰۰ CCC 600	0.48^{b}	0.47^{cde}	15.50^{cd}	9.28^{a}	18.56^{d}	3.65^{cd}	43.39^{b}
	سایکوسل ۱۲۰۰ CCC 1200	0.47^{b}	0.43^{de}	12.71^{e}	6.65^{c}	16.38^{e}	3.80^{bc}	49.31^{a}
	اسید سالیسیلیک ۸۰۰ Salicylic acid 800	0.85^{a}	0.56^{bc}	14.39^{d}	9.82^{a}	17.13^{e}	4.43^{a}	44.12^{b}
	اسید سالیسیلیک۱۶۰۰ Salicylic acid 1600	0.82^{a}	0.70^{a}	14.56^{d}	7.79^{b}	17.33^{e}	3.65^{cd}	45.64^{b}

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 jamonic 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 *Hypercium brasilians* 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 *Hypercium brasilians* 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

www.SID.ir

Archive of SID

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 Physoilogy. 39, 205-207.

Boush, S.M., Schwrz, K., Alegre, L., 1999. Enhanced formation of α-tocopherol and highly Oxidize diterpenes in water-stressed Rosemary plants. Plant Physiology. 121(3), 1047-1052.

Chandrrasekar, 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., Sridharon, 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

www.SID.ir

Archive of SID

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., Marqurd, 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 *Origamum 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

www.SID.ir

Archive of SID

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

Venskutionis, P.R., Dapkevicius, A., Baranuauskiene, M., 1995. Flavour composition of some lemon-like aroma herbs from Lithuania. Development in Food Science. 37(1), 833-847.

www.SID.ir