



تأثیر مکمل‌های آلی بر صفات رویشی، فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گیاه دارویی رازیانه (*Foeniculum vulgare* Mill.) تحت تنش شوری

حمید جوکار^۱، رضا منعم^{۲*}

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه زراعت، واحد یادگار امام خمینی (ره) شهرری، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

۲- استادیار گروه زراعت، واحد یادگار امام خمینی (ره) شهرری، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۹۷/۷/۸ تاریخ پذیرش: ۹۷/۱۱/۱۳

چکیده

به منظور بررسی تأثیر مکمل‌های آلی بر صفات رویشی، فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گیاه دارویی رازیانه تحت تنش شوری، آزمایشی در سال ۱۳۹۶ در شرایط گلخانه‌ای اجرا شد. این تحقیق به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار اجرا شد. تیمارهای آزمایش عبارت بودند از تنش شوری در چهار سطح ۰، ۳۰، ۶۰ و ۹۰ میلی‌مولار (نمک کلرید سدیم NaCl) و محلول‌پاشی هپتاگلوکونیک اسید به همراه کمپلکس کلسیم (با نام تجاری ول‌استار) دو سطح محلول‌پاشی و عدم محلول‌پاشی در نظر گرفته شد. نتایج به دست آمده نشان داد که شوری بر کلیه صفات اندازه‌گیری شده اثر بسیار معنی‌داری داشته است. محلول‌پاشی با مکمل آلی نیز اثر معنی‌داری بر صفات وزن خشک اندام هوایی، محتوای نسبی آب برگ، غلظت مالون دی‌آلدئید، پراکسیداز، سوپراکسید دیسموتاز و پرولین داشت. اثر متقابل شوری و محلول‌پاشی با مکمل آلی فقط در صفت قندهای محلول معنی‌دار شد. بالاترین مقدار قندهای محلول در شرایط بدون تنش و محلول‌پاشی با مکمل آلی ول‌استار (۳۱/۵۵ میلی‌گرم بر گرم بافت گیاه) و بالاترین مقدار وزن خشک اندام هوایی در شرایط بدون تنش به میزان ۴۱/۱۷۹ گرم در بوته ثبت گردید.

واژه‌های کلیدی: رازیانه، تنش شوری، مکمل آلی، محلول‌پاشی

مقدمه

طی سالیان اخیر گرایش کشاورزان به تولید گیاهان دارویی و تقاضا برای محصولات طبیعی در جهان رو به افزایش بوده است (Griffe *et al.*, 2003). گیاه دارویی رازیانه (*Foeniculum vulgare* Mill.) از مهم‌ترین و قدیمی‌ترین گیاهان دارویی و متعلق به خانوادهٔ چتریان است. دانهٔ رازیانه مهم‌ترین اندام تولید کننده اسانس می‌باشد. آنتول (۵۰ تا ۷۰ درصد) بیشترین سهم اسانس دانه را دارد. از دیگر اسانس‌های آن می‌توان به فنکون، استراگول، لیمونن و متیل کاپیکول اشاره کرد. از مواد مؤثرهٔ این گیاه در داروسازی برای مداوای سرفه، دل درد، نفخ، سوءهاضمه در کودکان و تحریک شیردهی در مادران شیرده استفاده می‌شود (Damjanovic *et al.*, 2005). تنش‌های غیرزیستی مانند خشکی، شوری، دمای بالا و تنش‌های اکسیداتیو از عوامل کاهش‌دهنده عملکرد در گیاهان زراعی بوده و به طور متوسط، درصد افت محصولات عمده کشاورزی علت ۵۰ درصد افت عملکرد محصولات کشاورزی است (Valliyodan & Nguyen, 2006). تنش شوری با تأثیر بر انتقال الکترون در فرآیندهای همانند فتوسنتز و تنفس می‌تواند باعث ایجاد H_2O_2 در گیاه شود، افزایش H_2O_2 باعث کاهش میزان رشد گیاه و همچنین موجب پراکسیداسیون لیپیدها و آسیب‌های غشایی می‌شود (Erdal *et al.*, 2011). گیاهان از مکانیسم‌های متعددی برای مقابله با تنش شوری استفاده می‌کنند. مطالعات اخیر نشان داده که

درک اجزای تنش و مسیرهای پیام‌رسانی، نقش مهمی در تنظیم نمودن واکنش گیاه به تنش شوری ایفا می‌کنند (Deinlein *et al.*, 2014). تمایز در جذب یون‌های سدیم، پتاسیم، کلسیم و کلسیم یکی از راه‌کارهای تحمل شوری در گیاهان بیان شده است، زیرا در شرایط تنش شوری افزایش نسبت پتاسیم و کلسیم نسبت به کلسیم از راه‌کارهای اصلی تحمل تنش شوری در گیاهان است (Jakab *et al.*, 2005). یکی از واکنش‌های کلیدی گیاهان متحمل به تنش شوری، حفظ تعادل یونی سلولی از طریق محدود کردن تجمع Na^+ است (Tester & Davenport, 2003). یکی از مسیرهای سیگنالی شناخته شده که به خوبی مورد مطالعه قرار گرفته و برای تنظیم تعادل یونی ضروری شناخته شده، مسیر پیام‌رسانی فوق‌حساس به نمک^۱ (SOS) است. مسیر فعال شدن طولانی بوده و گیاه برای تحمل به شوری ناچار به این کار است (Ji *et al.*, 2013). جریان پروتئین کیناز سیستم پیچیده SOS را به عنوان یک مدل غالب در مقابله با تنش شوری فعال می‌کند. مسیر انتقال سیگنال SOS زمانی فعال می‌شود که SOS_3 یک پروتئین متصل به Ca^{2+} پیوند برقرار کرده و به خوبی سیگنال هشدار برای سمیت Na^+ را راه‌اندازی کند (Cherin & Bressan, 2016). اگرچه تمامی سنسورهای تنش شوری مشخص نشده‌اند، اما برخی از اجزای مسیر سیگنالی‌نگ در گیاهان شناسایی شده‌اند. مطالعات نشان داده که

متابولیکی از قبیل تنفس، فتوسنتز، تشکیل اسیدنوکلئیک و جذب یونی تأثیر می‌گذارند. ترشح اسیدهای آلی از ریشه گیاهان به طور مستقیم و غیرمستقیم حلالیت و یا تحرک عناصر غذایی ضروری و نیز عناصر سمی مانند سرب، کادمیم، و آلومینیوم را تحت تأثیر قرار می‌دهند که علت این امر را تأثیر اسیدهای آلی بر واکنش‌های اسیدی‌کردن، اکسایش-کاهش، کلات‌کردن، تشکیل کمپلکس و حتی رسوب عناصر غذایی و فلزات سنگین در ریزوسفر و در نتیجه افزایش انتقال این عناصر به درون گیاه دانسته‌اند (Evangelou *et al.*, 2007). اسید آلی هپتاگلوکونیک همراه با کلسیم جهت اصلاح شوری خاک و بر طرف کردن کمبود کلسیم فرموله شده است. کلسیم موجود در این ترکیب از طریق مکانیسم تبادل یونی، سدیم موجود در خاک را خنثی کرده در نتیجه موجب می‌شود که فرآیند شستشو و انعقاد نمک بهتر صورت پذیرفته و از این طریق ساختمان خاک بهبود یابد. اسیدهای آلی بر اساس تفکیک‌پذیری و تعداد گروه‌های کربوکسیل می‌توانند دارای بارهای منفی متفاوتی باشند، بنابراین قادر خواهند بود که با کاتیون‌های خاک کمپلکس تشکیل دهند و یا سبب مبادله آنیون‌ها از ذرات جامد خاک شوند. بعلاوه نفوذپذیری و تخلخل خاک افزایش یافته و با زهکشی و کم شدن شوری اطراف ریشه‌ها و ساقه‌های زیرزمینی فواید زیادی را جهت رشد و توسعه گیاه فراهم می‌سازد. گذشته از این اسیدهای آلی، تحرک کلسیم در خاک را افزایش

مجموعه‌ای از پروتئین کینازها که پروتئین متصل به کلسیم می‌باشند، و همچنین سرین و ترئونین پروتئین کیناز، بوسیله سیگنال کلسیم در تنش شوری فعال می‌گردند. این مجموعه از پروتئین کینازها پس از فسفریله‌شدن برخی از ترانسپورترهای یونی، غشاء پلاسمایی را فعال می‌نمایند (Parida & Das, 2004). بررسی اثر شوری روی رازبانه نشان داد که علاوه بر کاهش جدی در اندام‌های رویشی نسبت اندام هوایی به زمینی، بنیه بذر به طور معنی‌داری در اثر شوری کاهش یافت (Safarnejad & Hamidi, 2008). نتایج آزمایش بر روی سیاه‌دانه نیز نشان داد که با افزایش تنش شوری درصد شاخص جوانه‌زنی بذر، بنیه بذر، طول ریشه، طول ساقه، وزن خشک ریشه، وزن خشک ساقه، نسبت اندام‌هوایی به ریشه کاهش یافت (Safarnejad *et al.*, 2007). شوری از جمله عوامل محیطی مهمی است که تأثیر زیادی در بیوسنتز اسانس و ترکیب‌های آن دارد (Karray-Bouraoui *et al.*, 2009). نتایج آزمایشات نشان داد که با افزایش تنش شوری، غلظت و عملکرد اسانس در آویشن افزایش یافته و باعث افزایش تیمول در این گیاه شده است (Azza *et al.*, 2009). مطالعات روی برخی گیاهان مانند اسفناج نشان داد، شوری موجب افزایش تنش اکسیداتیو و مقدار پراکسید هیدروژن و افزایش فعالیت آنزیم‌های سوپراکسید دیسموتاز، آسکوربات پراکسیداز و کاتالاز گردید (Agarwal & pandey, 2004). بررسی‌ها نشان داده است که اسیدهای آلی بر فرآیندهای

داده و با گذشت زمان باعث کاهش شوری خاک می‌گردد.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی تأثیر مکمل‌های آلی بر صفات رویشی، فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گیاه دارویی رازیانه تحت تنش شوری، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار و به صورت گلخانه‌ای در سال ۱۳۹۶ انجام شد. تیمارها عبارت بودند از: عامل اول تنش شوری در چهار سطح ۰، ۳۰، ۶۰ و ۹۰ میلی‌مولار نمک کلرید سدیم (NaCl) و محلول پاشی هپتاگلوکونیک اسید به همراه کمپلکس کلسیم (با نام تجاری ول‌استار) در دو سطح محلول پاشی و عدم محلول پاشی در نظر گرفته شد. ۳۲ عدد گلدان پلاستیکی با قطر دهانه ۳۰ و ارتفاع ۳۵

سانتی‌متر انتخاب شد. کف گلدان‌ها به ارتفاع ۵ سانتی‌متر جهت زهکش با شن پر شده و داخل هر گلدان حدود ۵ کیلوگرم خاک زراعی به همراه کودپوسیده دامی و ماسه بادی ریخته شد. به منظور تعیین ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک، قبل از اجرای آزمایش نمونه‌ای به آزمایشگاه ارسال شد که ویژگی‌های مربوطه در جدول ۱ ذکر گردیده است. داخل هر گلدان ۱۰ عدد بذر ضدعفونی شده کشت شده و پس از دو مرتبه تنک کردن تعداد ۵ بوته باقی ماند. اعمال تنش شوری در زمان آبیاری و هر ۱۰ روز یکبار و محلول پاشی‌ها ۴ روز قبل از آبیاری صورت گرفت. ویژگی‌های مکمل آلی در جدول ۲ ذکر شده است.

جدول ۱- نتایج تجزیه خاک مورد استفاده در آزمایش

Texture	Sand %	Silt %	Cly %	K ₂ O Mg/kg	P ₂ O ₅ Mg/kg	Total N %	OC %	TNV %	PH	EC ds/m
لومی-شنی	۵۷	۲۳	۲۰	۴۵۰	۴۶	۰/۱	۱/۳	۱۱	۷/۱۱	۳/۸

جدول ۲- ترکیبات موجود در مکمل آلی

pH	هپتاگلوکونیک اسید	اکسید کلسیم	چگالی
۹/۴	٪۱۵	٪۱۴	۴۲/۱ g/cc

نمونه‌ها به مدت ۷۲ ساعت در دمای ۳۸ درجه درون آون قرار داده شدند و سپس وزن خشک آن‌ها محاسبه گردید. ارتفاع بوته نیز با متر پارچه‌ای اندازه‌گیری شد. جهت تعیین میزان آب نسبی از هر گلدان ۱۰ برگ انتخاب شده و وزن

در پایان دوره‌ی رشد، تعداد ۳ بوته به صورت تصادفی از هر گلدان انتخاب و صفات رویشی آن‌ها مورد ارزیابی قرار گرفت. جهت تعیین وزن خشک اندام هوایی و ریشه پس از نمونه‌برداری و جدا شدن آن‌ها با ترازوی ۰/۰۱ توزین کرده و

درصد آماری معنی‌دار بود، تیمار محلول‌پاشی با ول‌استار و اثر متقابل این دو تیمار تأثیر معنی‌داری بر روی ارتفاع بوته نشان نداد (جدول ۳). با توجه به نتایج حاصل از مقایسه میانگین اثر تنش شوری بر ارتفاع گیاه، بالاترین مقدار عددی مربوط به سطح شاهد و با ۶۴/۵۷ سانتی‌متر بود که با افزایش سطح شوری به ۳۰، ۶۰ و ۹۰ میلی‌مولار، به ترتیب ارتفاع بوته در مقادیر ۶۱/۳۸، ۵۱ و ۴۵/۱۱ سانتی‌متر ثبت شد که همگی از نظر آماری با هم اختلاف معنی‌داری داشتند و در گروه‌های آماری مجزا قرار گرفتند (نمودار ۱). همبستگی بین ارتفاع بوته با صفات مالون‌دی‌آلدئید، کاتالاز، پراکسیداز، سوپراکسیددیسموتاز و پرولین همبستگی منفی و بسیار معنی‌داری نشان داد (جدول ۲). بر این اساس هرچه صفات مرتبط با تنش بیشتر افزایش یابد، ارتفاع گیاه کاهش پیدا خواهد کرد که قابل پیش‌بینی می‌باشد. در نتیجه صفت ارتفاع بوته کاملاً به مقدار غلظت نمک محیط واکنش واضحی نشان داد. بررسی اثر شوری روی رازیانه نشان داد که علاوه بر کاهش جدی جوانه‌زنی، طول ساقه، وزن تر و خشک ریشه و ساقه، نسبت اندام هوایی به زمینی، بنیه بذر و زیست توده به طور معنی‌داری در اثر شوری کاهش یافت (Safarnejad & Hamidi, 2008).

تازه آن یادداشت شد، سپس برگ‌ها به مدت ۲۴ ساعت در پتری دیش‌های شیشه‌ای حاوی آب مقطر قرار گرفتند. سپس برگ‌ها خارج شده و توسط حوله کاغذی خشک شده و سریعاً وزن شده و وزن اشباع آن‌ها یادداشت گردید. سپس برگ‌ها درون پاکت‌های کاغذی قرار گرفته و به مدت ۲۴ ساعت درون آن قرار گرفتند، بعد از خشک شدن، برگ‌ها وزن شدند و وزن خشک آن‌ها بدست آمد. و محتوای آب نسبی برگ محاسبه شد. برای اندازه‌گیری پرولین، مقدار ۰/۲ گرم برگ رازیانه وزن شد و از روش (Bates et al, 1973) استفاده گردید. برای تعیین میزان کاتالاز ابتدا ۰/۲ گرم برگ تهیه و سپس با روش (Cakmak & Horst, 1991) مقدار کاتالاز اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری سوپراکسیددیسموتاز نیز با روش (Giannopolitis & Ries, 1997) و از برگ رازیانه صورت گرفت. برای تعیین اندازه‌گیری میزان آنزیم پراکسیداز ۰/۲ گرم برگ تازه را با روش (Ghanati et al., 2002) تعیین شد. میزان مالون‌دی‌آلدئید از اندام هوایی به روش (De Vos et al, 1991) انجام شد. تجزیه‌های آماری و همچنین رسم نمودارها به ترتیب با استفاده از نرم‌افزارهای SAS ver 9.1 و Excel انجام شد. مقایسه میانگین‌ها نیز به کمک آزمون LSD در سطح احتمال ۵٪ صورت گرفت.

نتایج و بحث

ارتفاع بوته

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر تیمار شوری بر صفت ارتفاع بوته رازیانه در سطح ۱

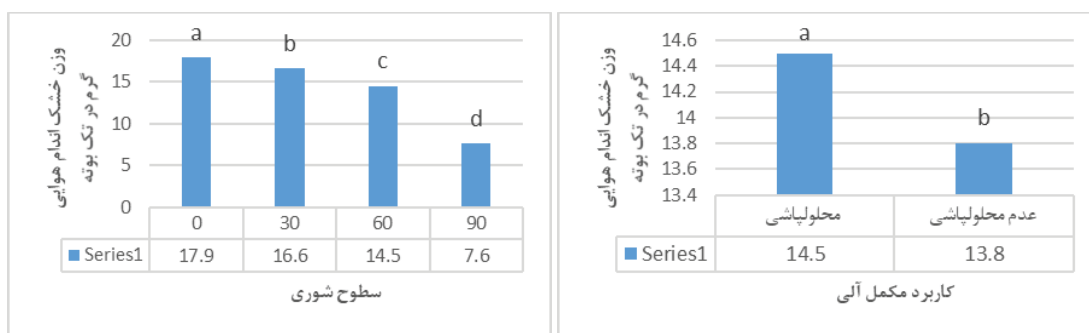


نمودار ۱- اثر سطوح مختلف شوری بر ارتفاع بوته رازیانه

خشک اندام هوایی در محلول‌پاشی و عدم محلول‌پاشی به ترتیب ۱۴/۵ و ۱۳/۸ گرم در بوته بود (نمودار ۲ و ۳). صفات با همبستگی مثبت شامل ارتفاع، وزن خشک اندام هوایی، درصد آب برگ، قند محلول و سایر صفات با همبستگی منفی بود (جدول ۲). نتایج آزمایشات نشان داد که در سه گیاه دارویی اسفرزه، گل ختمی و سیاه دانه با افزایش غلظت شوری وزن خشک اندام هوایی کاهش پیدا کرد (Dolatabadian *et al.*, 2010).

وزن خشک اندام هوایی

نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول ۳) نشان داد که شوری و محلول‌پاشی با مکمل آلی ول‌استار اثر بسیار معنی‌داری بر وزن خشک اندام هوایی داشته است. مقایسه میانگین صفات نیز مشخص کرد که با افزایش غلظت شوری، وزن خشک اندام هوایی به تدریج کاهش پیدا کرده است. به طوری که بیشترین و کمترین وزن خشک اندام هوایی به ترتیب با ۱۷/۹ و ۷/۶ گرم در بوته مربوط به شاهد و ۹۰ میلی مولار شوری بود. همچنین وزن



نمودار ۲ و ۳- اثر سطوح شوری و کاربرد مکمل آلی ول‌استار بر وزن خشک اندام هوایی رازیانه

اثر بسیار معنی‌داری بر محتوای نسبی آب برگ داشته است. بر اساس نتایج مقایسات میانگین‌ها، محتوای نسبی آب برگ با افزایش غلظت نمک

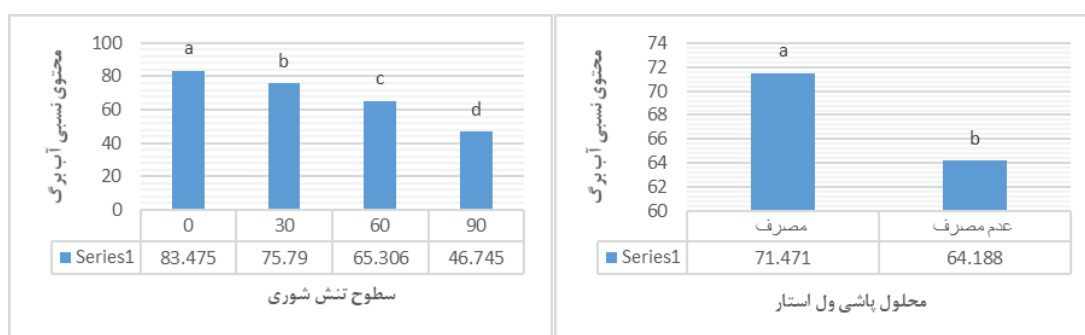
محتوای نسبی آب برگ

نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول ۳) نشان داد که شوری و محلول‌پاشی با مکمل آلی ول‌استار

مثبت و معنی‌داری نشان داد و البته با نشانگرهای تنش (مالون‌دی‌آلدئید، کاتالاز، پراکسیداز، سوپراکسیددیسموتاز و پرولین) همبستگی منفی و معنی‌داری نشان داد (جدول ۲).

محتوای نسبی آب برگ در غلظت‌های بالای شوری کاهش پیدا می‌کند که احتمالاً مربوط به نحوه عمل رویسکو بر فتوسنتز در شوری پایین به دلیل تنش آب می‌باشد. به علاوه کاهش پتانسیل آب پروتوپلاست به دلیل تغییر دستگاه فتوسنتزی از طریق فسفریلاسیون نوری و انتقال الکترون می‌باشد (Kiarostami et al., 2010).

روندی کاهشی داشت، به طوری که بیشترین مقدار این صفت در شرایط شاهد با ۸۳/۴۷ درصد بدست آمد و به ترتیب با افزایش مقدار شوری به ۳۰، ۶۰ و ۹۰ میلی‌مولار این مقادیر در سطح ۷۵/۷۹، ۶۵/۳۱ و ۴۶/۷۴ درصد کاهش پیدا کرد. همچنین استفاده از ول‌استار که حاوی کلسیم و هپتاگلوکونیک اسید می‌باشد، نشان داد که مقدار این صفت از ۶۴/۱۹ به ۷۱/۴۷ افزایش یافت که نشان از توانایی بهبود شرایط حفظ آب در نتیجه وجود این مکمل آلی می‌باشد (نمودار ۳ و ۴). محتوای آب نسبی برگ با تمامی صفات ارتباط



نمودار ۳ و ۴- اثر تنش شوری و محلول پاشی با مکمل آلی بر محتوای نسبی آب

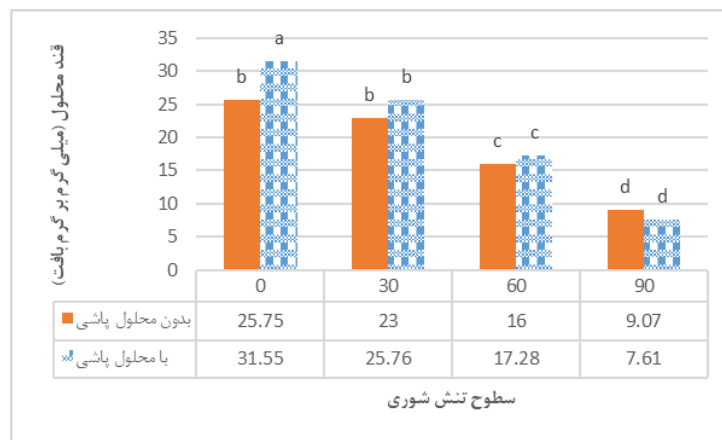
ول‌استار بدست آمد و سپس در شرایط بدون محلول پاشی، با و بدون محلول پاشی در شرایط تنش ۳۰ میلی‌مولار حاصل شد (به ترتیب ۲۵/۷۵، ۲۵/۷۶ و ۲۳ میلی‌گرم بر گرم بافت). کمترین مقدار برای این صفت نیز در شرایط تنش شدید و در هر دو حالت استفاده و عدم استفاده از محلول پاشی حاصل گردید که به ترتیب ۷/۶۱ و ۹/۰۷ میلی‌گرم بر بافت بوده است (نمودار ۵). با توجه به معنی‌دار شدن اثرات متقابل این دو عامل

قندهای محلول

نتایج آزمایش نشان داد که اثرات اصلی تیمار تنش شوری، محلول پاشی با مکمل آلی ول‌استار و اثر متقابل این دو تیمار اثر بسیار معنی‌داری بر صفات اندازه‌گیری شده داشتند (جدول ۳). نتایج مقایسات میانگین اثرات متقابل تنش شوری و محلول پاشی با ول‌استار نشان داد که بالاترین مقدار قندهای محلول با ۳۱/۵۵ میلی‌گرم بر گرم بافت در شرایط شاهد و استفاده از محلول پاشی

قندهای محلول با تمامی صفات ارتباط مثبت و معنی‌داری نشان داد و البته با نشانگرهای تنش (مالون‌دی‌آلدئید، کاتالاز، پراکسیداز، سوپراکسید دیسموتاز و پرولین) همبستگی منفی و معنی‌داری نشان داد (جدول ۲).

نمی‌توان بطور مطلق درباره تأثیرگذار بودن و یا نبودن محلول پاشی با ول‌استار بر روی این صفت صحبت کرد، در نتیجه فقط با مراجعه به نمودار اثرات متقابل می‌توان در شرایط عدم مداخله تیمارها بر روی هم نتایج را بررسی و تفسیر نمود.



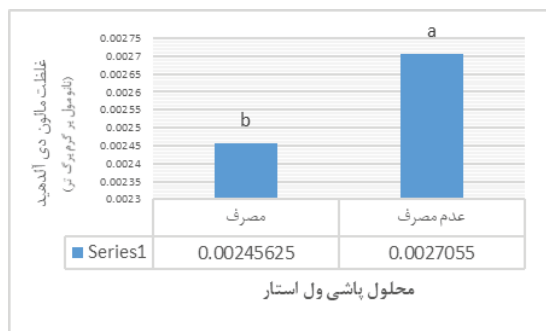
نمودار ۵- اثر متقابل تنش شوری و محلول پاشی با مکمل آلی بر میزان قندهای محلول

یافت. به عبارت دیگر مالون‌دی‌آلدئید در شرایط تنش بیشتر وجود دارد و شاخصی است که می‌تواند شرایط غیر نرمال داخل گیاه را نشان دهد پس این ماده یک شناساگر افزایش شدت تنش می‌باشد. استفاده از محلول ول‌استار با عدم استفاده از آن کاملاً متفاوت بوده به طوری که متوسط میزان مالون‌دی‌آلدئید در شرایط مصرف به $0/0024$ نانومول بر گرم برگ تر کاهش یافت (در مقابل $0/0027$ نانومول بر گرم برگ تر در شرایط عدم مصرف). این مساله نشان می‌دهد که محلول ول‌استار به دلیل وجود هپتاگلوکونیک اسید و کلسیم توانسته تا حدودی اثرات منفی فیزیولوژیک تنش شوری را تعدیل نماید (نمودار

مالون‌دی‌آلدئید

تجزیه واریانس تیمارهای مورد آزمون بر میزان مالون‌دی‌آلدئید در گیاه رازیانه نشان داد که اثرات اصلی تنش شوری و محلول پاشی ول‌استار بر این صفت در سطح ۱ درصد آماری معنی‌دار بود ولی اثرات متقابل این دو عامل معنی‌دار نشدند (جدول ۳). بر اساس نتایج مقایسه میانگین‌ها بیشترین مقدار مالون‌دی‌آلدئید در شرایط بالاترین مقدار تنش شوری ۹۰ و ۶۰ میلی مولار نمک بود ($0/0028$ و $0/0027$ نانومول بر گرم برگ تر). با کاهش تنش به سطح ۳۰ میلی مولار این مقدار به $0/0024$ و در نهایت در شرایط شاهد و بدون تنش به $0/0022$ نانومول بر گرم برگ تر کاهش

۶ و ۷). مالون‌دی‌آلدئید از آنجایی که صفات نشانگر تنش می‌باشد، طبق انتظار با تمامی صفات همبستگی منفی و البته معنی‌داری نشان داد (جدول ۲).

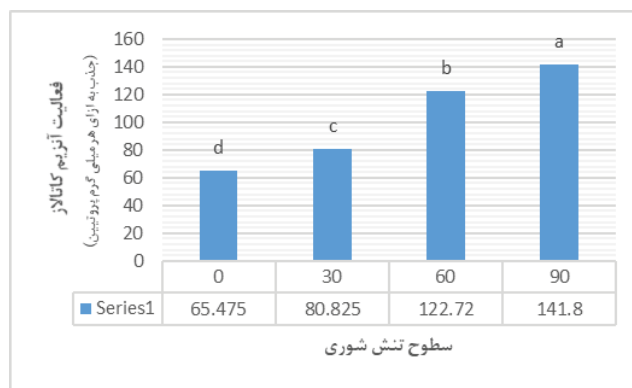


نمودار ۶ و ۷- اثر تنش شوری و محلول پاشی با مکمل آلی بر غلظت مالون‌دی‌آلدئید

کاتالاز

گرم بر گرم پروتئین رسید (نمودار ۸). کاتالاز نیز نشانگر تنش بوده و با تمامی صفات همبستگی منفی و معنی‌داری داشت. از طرف دیگر دو صفت مالون‌دی‌آلدئید و کاتالاز نیز با همدیگر و سایر صفات نشانگر تنش همبستگی مثبت و معنی‌داری نشان دادند (جدول ۲). نتایج آزمایشات نشان داده است که شوری موجب افزایش تنش اکسیداتیو و مقدار پراکسید هیدروژن و افزایش فعالیت آنزیم‌های سوپراکسید دیسموتاز، آسکوربات پراکسیداز و کاتالاز شد (Ahmadi & Ardekani, 2006).

نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول ۳) نشان داد که سطوح مختلف شوری اثر بسیار معنی‌داری بر صفات اندازه‌گیری شده داشت. مقایسه میانگین صفات نیز نشان داد که بیشترین مقدار آن در تنش ۹۰ میلی‌مولار شوری و به میزان ۱۴۱/۸۰ جذب به ازای هر میلی‌گرم بر گرم پروتئین وزن خشک بدست آمد. با کاهش تنش این مقدار کاهش پیدا کرد و به ترتیب در ۶۰ و ۳۰ میلی‌مولار تنش شوری به مقادیر ۱۲۲/۷۲ و ۸۰/۸۲ جذب به ازای هر میلی‌گرم بر گرم پروتئین رسید. این مقدار در شرایط شاهد به حداقل خود یعنی ۶۵/۴۷ جذب به ازای هر میلی

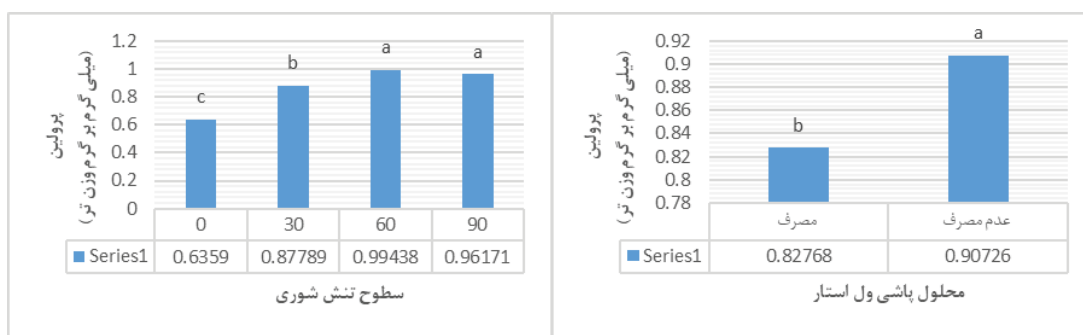


نمودار ۸- اثر تنش شوری بر غلظت کاتالاز

پرولین

میلی‌گرم بر وزن خشک به $0/83$ میلی‌گرم بر وزن خشک کاهش یافت (نمودار ۹ و ۱۰). پرولین با تمامی صفات همبستگی منفی و معنی‌داری داشت (جدول ۲). محتوی پرولین در گیاه گاوزبان ایرانی با افزایش شوری افزایش یافت که این یکی از سازوکارهای بیوشیمیایی در پاسخ به تنش شوری می‌باشد (Sadatmand & Entshari, 2013). اثر شوری بر تجمع پرولین در بسیاری از گونه‌های گیاهی نظیر چغندرقد، گوجه‌فرنگی و برنج نیز گزارش شده است (Wanichan *et al.*, 2003).

طبق نتایج حاصل از این آزمایش مشخص شد که شوری و محلول‌پاشی با مکمل آلی ول‌استار اثر بسیار معنی‌داری بر مقدار پرولین داشت (جدول ۳). مقایسه میانگین صفات نیز مشخص کرد که بالاترین مقادیر اندازه‌گیری شده در شرایط تنش ۶۰ و ۹۰ میلی‌مولار به ترتیب با $0/99$ و $0/96$ جذب به ازای هر میلی‌گرم بر گرم پروتئین وزن خشک بود. همچنین مقایسه میانگین اثر محلول‌پاشی نیز نشان از تاثیر مثبت ماده ول‌استار بود که این صفت در مجموع شرایط شاهد و تنش در زمان محلول‌پاشی از $0/91$

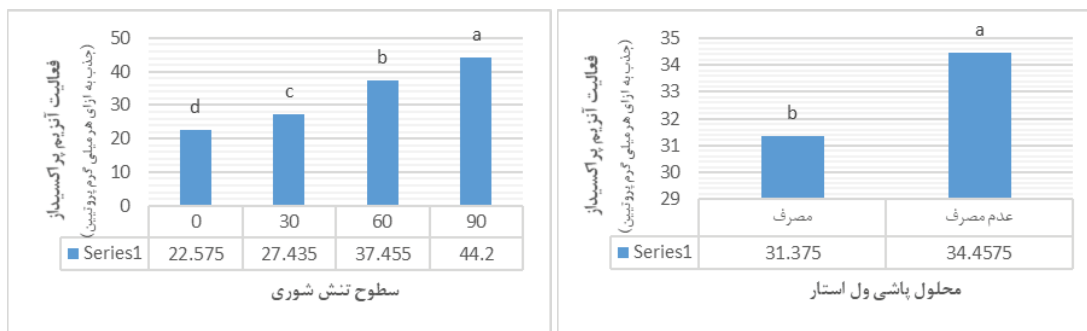


نمودار ۱۰ و ۹- بررسی اثر تنش شوری و محلول‌پاشی با مکمل آلی ول‌استار بر مقدار پرولین

پراکسیداز

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که سطوح مختلف شوری و محلول پاشی با مکمل آلی ول‌استار اثر بسیار معنی‌داری بر مقدار پراکسیداز داشت (جدول ۳). مقایسه میانگین صفات نیز نشان داد که مقایسه میانگین نشان داد که مانند سایر نشانگرهای تنش، فعالیت پراکسیداز با افزایش تنش بیشتر شده به طوری که بالاترین مقدار اندازه‌گیری شده در سطح تنش ۹۰ میلی‌مولار و به میزان ۴۴/۲۰ (جذب به ازای هر میلی‌گرم پروتئین) بود. روند کاهش مقدار این آنزیم برای سطوح پایین‌تر تنش مشاهده شد و در نهایت کمترین مقدار فعالیت آنزیم فوق در شرایط

بدون تنش (با مقدار عددی ۲۲/۵۷) بدست آمد. میانگین تیمار محلول پاشی ول‌استار نشان داد که مقدار پراکسیداز با محلول پاشی و بدون محلول پاشی از ۳۶/۴۵ به ۳۱/۳۷ (جذب به ازای هر میلی‌گرم پروتئین) کاهش پیدا کرد (نمودار ۱۱ و ۱۲). پراکسیداز با تمامی صفات همبستگی منفی و معنی‌داری داشت (جدول ۲). افزایش نمک باعث ایجاد تنش اکسیداتیو در سلول‌ها و پدید آمدن اختلال در اعمال فیزیولوژیکی سلول و می‌شود. این تنش ثانویه به علت ایجاد رادیکال‌های آزاد اکسیژنی است که در درون سلول تولید می‌شود. (Sofa et al., 2006).



نمودار ۱۱ و ۱۲- اثر تنش شوری و محلول پاشی با مکمل آلی بر پراکسیداز

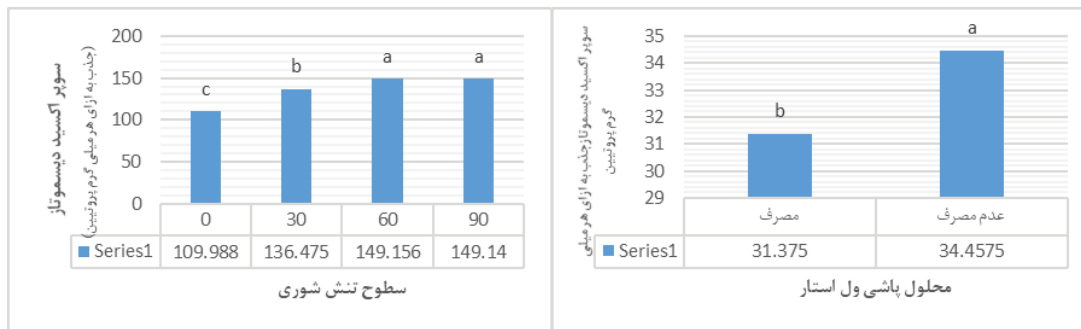
سوپراکسیددیسموتاز

نتایج نشان داد که سطوح مختلف شوری و محلول پاشی با مکمل آلی ول‌استار اثر بسیار معنی‌داری بر مقدار سوپراکسیددیسموتاز داشت (جدول ۳). مقایسات میانگین اثر اصلی تنش شوری نشان داد که بالاترین مقدار سوپراکسیددیسموتاز در شرایط تنش شدید و نیمه شدید

(۹۰ و ۶۰ میلی‌مولار نمک) به ترتیب با ۱۴۹/۱۴ و ۱۴۹/۱۶ جذب به ازای هر میلی‌گرم بر گرم پروتئین بدست آمد. در نتیجه این صفت نیز شاخصی است از وجود تنش در گیاه و با همین دیدگاه انتظار می‌رود که حداقل مقدار این صفت در شرایط عدم وجود تنش اندازه‌گیری شده باشد که این چنین شد و مقدار ۱۰۹/۹۹ جذب به

(جذب به ازای هر میلی‌گرم پروتئین) کاهش پیدا کرد (نمودار ۱۳ و ۱۴). سوپراکسیددیسموتاز با تمامی صفات همبستگی منفی و معنی‌داری داشت (جدول ۲).

ازای هر میلی‌گرم بر گرم پروتئین در شرایط شاهد ثبت گردید. مقادیر مقایسات میانگین در نتیجه استفاده از محلول پاشی ول‌استار نشان داد که کمیت سوپراکسیددیسموتاز بدنبال محلول پاشی با این ماده از ۳۴/۴۶ به ۳۱/۳۷



نمودار ۱۳ و ۱۴- اثر تنش شوری و محلول پاشی با مکمل آلی بر سوپراکسیددیسموتاز

صفات فیزیولوژیکی اثر مثبتی داشت. ترکیبات آلی پیوندی با کلسیم ضمن افزایش رشد ریشه و همچنین جذب و انتقال آب و عناصر غذایی به گیاه، باعث تحرک کلسیم در خاک و بهینه‌سازی مصرف کلسیم شده و محافظت از گیاه در شرایط شوری را سبب می‌شود.

نتیجه‌گیری

افزایش سطوح شوری اثر قابل ملاحظه‌ای بر رشد رویشی و واکنش‌های فیزیولوژیکی رازیانه داشت. اما آنچه مسلم است، علیرغم این که اثر برهمکنش کاربرد این نوع از اسید آلی با شوری اثر معنی‌داری بر صفات نداشت، ولی بر کلیه

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس تاثیر مکمل های آلی بر صفات رویشی، فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گیاه دارویی رازیانه تحت تنش شوری

میانگین مربعات										
سوپر اکسید دیسوتاز	پراکسیداز	پرویلین	کاتالاز	مالون دی آلدهید	محلول قندهای محلول	محتوی نسبی آب برگ	وزن خشک اندام هوایی	ارتفاع بوته	درجه آزادی	منابع تغییرات
۲۷۲۶/۶۱ ^{**}	۷۵۹/۷۶ ^{**}	۰/۲۱۰ ^{**}	۱۰۱۱۶/۸۷ ^{**}	۶/۰۸ ^{**}	۶۴۰/۴۷ ^{**}	۲۰۲۴/۲۰ ^{**}	۱۶۹۳۸/۳۱ ^{**}	۶۵۳/۶۵ ^{**}	۳	شوری (a)
۱۲۷۶/۰۰ ^{**}	۷۶/۰۱ ^{**}	۰/۰۵۱ ^{**}	۳۹۵/۹۳n.s	۴/۹۷ ^{**}	۳۵/۰۹ ^{**}	۴۲۴/۳۵ ^{**}	۳۷۲/۳۷ ^{**}	۱۰/۷۰ n.s	۱	محلول پاشی ول استار (b)
۱۰۵/۲۵ n.s	۱/۱۳ n.s	۰/۰۰۵ n.s	۱۵/۴۹ n.s	n.s/۹/۹۸	۱۸/۳۳ ^{**}	۱۳/۲۴ n.s	۵۱/۱۵ n.s	۳/۶۳n.s	۳	a×b
۷۵/۳۰	۶/۵۶	۰/۰۰۴	۱۶۸/۳۹	۲/۷۳	۴/۲۷	۱۳/۰۸	۳۲/۶۹	۳/۴۰	۲۴	خطا
۶/۳۷	۷/۷۸	۸/۰۰۷	۱۲/۶۳	۶/۴۰	۱۰/۵۸	۵/۳۳	۴/۰۵	۳/۲	-	ضریب تغییرات (%)

n.s. * و ** به ترتیب عدم معنی داری، معنی دار در سطح ۵ و ۱ درصد.

جدول ۳- همبستگی صفات مورد مطالعه

صفات	ارتفاع	وزن خشک اندام هوایی	محتوی آب نسبی برگ	قند محلول	غلظت مالون دی آلدئید	کاتالاز	پراکسیداز	سوپر اکسید دیسموتاز	پروکسین
ارتفاع	۱								
وزن خشک اندام هوایی	۰,۳۹**	۱							
محتوی آب نسبی برگ	۰,۹۱**	۰,۹۲**	۱						
قند محلول	-۰,۷۷**	-۰,۶۷**	-۰,۷۹**	۱					
غلظت مالون دی آلدئید	-۰,۷۷**	-۰,۶۷**	-۰,۷۹**	-۰,۷۳**	۱				
کاتالاز	-۰,۸۹**	-۰,۸۲**	-۰,۸۶**	-۰,۹۰**	۰,۸۷**	۱			
پراکسیداز	-۰,۶۹**	-۰,۶۱**	-۰,۷۶**	-۰,۷۷**	۰,۷۵**	۰,۷۶**	۱		
سوپر اکسید دیسموتاز	-۰,۶۸	-۰,۵۷**	-۰,۷۱**	-۰,۷۳**	۰,۷۴**	۰,۷۷**	۰,۷۵**	۱	
پروکسین	۰,۸۳	۰,۸۶**	۰,۸۷**	۰,۸۵**	-۰,۶۸**	-۰,۷۵**	-۰,۸۲**	-۰,۶۴**	۱

*، **، *** و **** به ترتیب عدم معنی داری، معنی دار در سطح ۵ و ۱ درصد.

- De Vos, C.H., M. Schat, R. De Waal Vooijs, W. Ernst.** 1991. Increased to copper-induced damage of the root plasma membrane in copper tolerant silene cucubalus, *Plant Physiology*.82: 523-528.
- Dolatabadian, A., S.A.M.M Sanavy, and K.S. Asilan.** 2010. Effect of ascorbic acid foliar application on yield, yield component and several morphological traits of grain corn under water deficit stress conditions. *Notulae Scientia Biologicae*. 2(3): 45.
- Damjanović, B., Z. Lepojević, V. Živković, and A. Tolić.** 2005. Extraction of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) seeds with supercritical CO₂: Comparison with hydrodistillation. *Food Chemistry*. 92: 143–149.
- Erdal, Ş.Ç. and H. Çakırlar.** 2011. Impact of salt stress on photosystem II efficiency and antioxidant enzyme activities of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) cultivars. *Turkish Journal of Biology*. 38(4): 549-560.
- Evangelou, M.W.H., M. Ebel, and A. Schaeffer.** 2007. Chelate assisted phytoextraction of heavy metals from soil: effect, mechanism, toxicity, and fate of chelating agents. *Chemosphere*. 68: 989-1003.
- Giannopolitis, C. and S. Ries.** 1997. Superoxid desmutase. I. Occurrence in higher plant. *Plant Physiology*. 59: 309-314.
- منابع**
- Ahmadi, S.H. and J.N. Ardekani.** 2006. The effect of water salinity on growth and physiological stages of eight Canola (*Brassica napus*) cultivars. *Irrigation Science*. 25(1): 11-20.
- Azza, A., , E. Ezz El-Din, S.F. Hendawy, and E.A. Omer.** 2009. Response of *Thymus vulgaris* L. to Salt Stress and Alar (B9) in Newly Reclaimed Soil. *Journal of Applied Sciences Research*, 5(12): 2165-2170.
- Bates, L.S., R.P. Waldern, and I.D. Teave.** 1973. Rapid determination of free proline for water stress studies. *Plant and Soil*. 39: 205-207.
- Cakmak, I. and W. Horst.** 1991. Effect of aluminium on lipid peroxidation, superoxide dismutase, catalase and peroxidase activities in root tip of soybean (*Glysin max*). *Plant Physiology*.83:463-468.
- Cherin, E.K. and R.A. Bressan.** 2016. A computational analysis of Salt Overly Sensitive 1 homologs in halophytes and glycophytes. Preprints. <https://doi.org/10.7287/peerj.preprints.1668v1>
- Deinlein, U., A.B. Stephan, T. Horie, W. Luo, G. Xu, and J.I. Schroeder.** 2014. Plantsalt-tolerance mechanisms. *Trends in Plant Science* 19:371–379 DOI10.1016/j.tplants.2014.02.001.

- Parida, A.K. and A.B. Das.** 2005. Salt tolerance and salinity effects on plants: a review. *Ecotoxicology and Environmental Safety*.60: 324-349.
- Tester, M. and R. Davenport.** 2003. Na⁺ Tolerance and Na⁺ Transport in Higher Plants. *Annals of Botany* 91: 503±527. doi:10.1093/aob/mcg058.
- Sofa, A., B. Dichio, C. Xiloyannis, and A. Masia.** 2004. Effects of different irradiance levels on some antioxidant enzymes and on malondialdehyde content during rewatering in olive tree. *Plant Science*. 166:293-300.
- Safarnejad, A.H., A. Pasandi-Pour, N. Pakgohar, and H. Farahbakhsh.** 2007. Effects of exogenous nitric oxide on germination and physiological properties of basil under salinity stress. *Journal of Medicinal Plants and By-products*. 1: 103-113.
- Valliyodan, B. and H.T. Nguyen.** 2006. Understanding regulatory networks and engineering for enhanced drought tolerance in plants. *Plant Biology Journal*. 9:1-7.
- Ghanati, F. Morita A. and H. Yokota.** 2002. Induction of suberin and increase of lignin content by excess Boron in Tobacco cell. *Soil Science. Plant Nutrition*.48: 3: 357-364.
- Griffe, P., S. Metha, and D. Shankar.** 2003. Organic production of medicinal, aromatic and dye yielding plants (MADPs): forward, preface and introduction. *Food. Agr. Organ*. 2: 52-63
- Jakob, G. Ton, J. Flors, V. Zimmerli, L. J. Metraux, P. and B. Mauch- Mani.** 2005. Enhancing Arabidopsis salt and drought stress tolerance by chemical priming for its ABA Response. *Plant Physiology* 139: 267-274.
- Karray-Bouraoui, N., M. Rabhi, M. Neffati, B. Baldan, A. Ranieri, B. Marzouk, M. Lachaâl, and A. Smaoui .** 2009. Salt effect on yield and composition of shoot essential oil and trichome morphology and density on leaves of *Mentha pulegium*. *Indust Crops Prod*. 30:338-343.
- Kiarostami, K.H., R. Mohseni, and A . Saboora.** 2010. Biochemical changes of *Rosmarinus officinalis* under salt stress. *Journal of Stress Physiology & Biochemistry*, 6(3).

The effect of organic supplements on vegetative, physiological and biochemical traits of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) under salinity stress

H. Jekar¹, R. Monem^{2*}

1. M.Sc student, Department of Agronomy, Yadegar-e-Imam Khomeini (RAH) Shahre-rey Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

2. Assistant Professor, Department of Agronomy, Yadegar-e-Imam Khomeini (RAH) Shahre-rey Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

Abstract

To evaluate of organic supplements on vegetative, physiological and biochemical traits of Fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) under salinity stress an experiment was carried out in 2018 at Islamic Azad University, Yadegar-e-Imam Khomeini (RAH) Shahre-rey Branch. Factors examined was include salinity stress in four levels, 0 (control), 30, 60 and 90 m/mol and spring and non spring with Heptagluconic Acid plus calcium compelex (with branded Vellstar). The results showed that salinity had significant effects on the all of traits. Spring with Organic Supplements had significant effects on the dry wight, RWC, malondialdehyde, peroxidaz, superoxid dismotaz and perolin. Also interaction effect only had significant effect on soluble sugars percentage, the highest amount of soluble sugars in non-stressed conditions and spraying with organic supplement (31.55 mg / g of plant tissue) and the highest amount of shoot dry weight in non-stressed conditions were recorded at 179.41 g / plant.

Key words: Fennel, Organic Supplement, Salinity stress, Spring

* Corresponding author (rezamonaem@yahoo.com)