تنش‌های محیطی در علوم زراعی
Environmental Stresses in Crop Sciences
جلد چهاردهم، شماره دوم، تابستان ۱۴۰۰
۵۱۵-۵۲۷
http://dx.doi.org/10.22077/escs.2019.2897.1745

مقاله پژوهشی

اثر کود گاوی و کم‌آبیاری با آب‌شور بر برخی ویژگی‌های مورفولوژیکی و بیوشیمیایی سالیکورنیا (*Salicornia persica* Akhani)

رقیه بام‌شاد[1*]، مهدی کلانکی[2]، مجتبی فضیلت‌نیا[2]
۱. دانش‌آموخته کارشناسی ارشد گیاهان دارویی. گروه باغبانی. دانشکده کشاورزی. دانشگاه زابل
۲. دانشجوی دکتری تخصصی مهندسی آبیاری و زهکشی، دانشکده آب‌وخاک. دانشگاه زابل

تاریخ دریافت: ۹۸/۰۸/۰۲؛ تاریخ پذیرش: ۹۸/۱۰/۰۷

چکیده

شوری اراضی کشاورزی و محدودیت منابع آب شیرین از چالش‌های عمده کشاورزی در مناطق خشک و نیمه‌خشک است که در سال‌های اخیر نیز بر شدت آن افزوده شده است. کشاورزی مبتنی بر کشت گیاهان شورپسند ازجمله سالیکورنیا می‌تواند به‌عنوان یکی از راهبردهای کارآمد برای بقای کشاورزی در مناطق دارای خاک و آب‌شور مطرح شود. در این راستا، به‌منظور بررسی تأثیر کم‌آبیاری با آب‌شور و کاربرد کود دامی بر ویژگی‌های سالیکورنیا، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در شرایط گلخانه در ایستگاه تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی زهک (در استان سیستان و بلوچستان) در سال ۱۳۹۷ انجام شد. تیمارهای آبیاری موردبررسی شامل: آبیاری کامل با آب‌شور (SI) به‌عنوان شاهد، کم‌آبیاری با آب‌شور در سطح ۷۵ درصد کاهش ۲۵ درصدی نسبت به شاهد (DSI75) و کم‌آبیاری با آب‌شور در سطح ۵۵ درصد] کاهش ۴۵ درصدی نسبت به شاهد (DSI55) بودند. همچنین، تیمارهای کودی نیز در دو سطح کاربرد کود گاوی در سطح ۱۰ درصد وزنی و بدون کود دامی بودند. نتایج نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار اثر کود گاوی، تنش خشکی و برهمکنش آن‌ها بر اکثر صفات موردبررسی بود. بیشترین مقدار وزن تر و خشک‌ریشه، پروتئین، رنگیزه‌های فتوسنتزی، کربوهیدرات، پرولین و آنزیم گایاکول پراکسیداز در شرایط تنش خشکی به دست آمد، همچنین کاربرد کود دامی سبب افزایش معنی‌دار مقدار وزن تر و خشک‌ریشه، پروتئین، زیست‌توده و آنزیم کاتالاز شد. به‌طورکلی، کاهش ۲۵ درصدی در مصرف آب‌شور علاوه بر صرفه‌جویی، منجر به حصول نتایج قابل‌قبول به‌ویژه در رنگیزه‌های فتوسنتزی و تنظیم‌کننده‌های اسمزی در مقایسه با آبیاری کامل شد. همچنین بهره‌گیری از کود دامی نیز به دلیل افزایش ماده آلی و مواد مغذی خاک موجب بهبود زیست‌توده گیاه تحت تأثیر کم‌آبیاری‌ها شد.

واژه‌های کلیدی: **پرسیکا، پرولین، زیست‌توده، شورورزی، کود آلی**

مقدمه

در حال حاضر بسیاری از نقاط جهان به‌ویژه مناطق خشک و نیمه‌خشک با کمبود آب شیرین و شوری اراضی کشاورزی مواجه شده‌اند (Sing et al., 2014; Ventura et al., 2012). افزایش رشد جمعیت جهان و تقاضای بیشتر برای تولید مواد غذایی همگام با پدیده گرمایش جهانی در سال‌های آتی، موجب شدت یافتن این چالش‌ها خواهد شد (De vos et al., 2010). برآوردها حاکی از آن است که در حال حاضر، بیش از ۸۰۰ میلیون هکتار از خاک‌ها (بیش از شش درصد زمین‌های جهان) تحت تأثیر سطوح مختلف شوری قرار داشته و از این رو تلاش در جهت یافتن و پروراندن گیاهانی با ارزش غذایی بالا و همچنین مقاوم به شرایط شوری و کمبود آب از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (Akhani, 2006). هالوفیت‌ها دارای پتانسیل سیستم آنتی‌اکسیدانی هستند، بنابراین قادرند در شرایط شوری ادامه حیات داده و یک فرصت منحصربه‌فرد

* نگارنده پاسخگو: رقیه بام‌شاد. پست الکترونیک: bamshad91@gmail.com

برای مطالعه مکانیسم پایه برای سازگاری نقش زیست‌محیطی موجود زنده به شوری فراهم آورند (Mishra et al., 2015). برخی تحقیقات نشان داده که اعمال سطوحی از شوری منجر به بهبود عملکرد برخی گیاهان در مقایسه با شرایط بدون شوری می‌شود (Ramani et al., 2006; Sing et al., 2014).

یکی از گونه‌های شورپسند که بومی ایران بوده و تحمل بالایی به شوری دارد سالیکورنیا پرسیکا (*Salicornia persica*) است که در منطقه سیستان برخی کشاورزان این گیاه را با نام بومی تاغذ می‌شناسند. این گیاه از خانواده کنوپودیاسه و نمک دوست بوده و در خاک‌های شور، قلیا و عدم زهکشی مناسب قابلیت رشد دارد و همین ویژگی باعث می‌شود که جهت کشت آن نیازی به زمین زراعی و آب کشاورزی مرغوب نباشد (Akhani, 2006) این گیاه بدون برگ بوده و ساقه‌های آن بسیار آبدار و شاداب است و از آب‌شور تغذیه و به روش گرده‌افشانی تولیدمثل می‌کند (Glenn et al., 2013; Shahid et al., 2013). گیاه سالیکورنیا گیاهی یک‌ساله بوده و به‌ندرت در بعضی مناطق، به‌صورت دوساله رشد می‌نماید (Singh et al. 2014). از سالیکورنیا در کشورهای اروپایی برای تهیه خوراک و مواد غذایی و در کشورهای آسیایی برای تهیه سالاد تازه و ترشیجات استفاده می‌شود (Gunning, 2016). از روغن سالیکورنیا در موارد دارویی (طب سنتی) جهت معالجه بیماری‌های از قبیل برونشیت، تورم کبد، اسهال، کاهش قند خون، ضدالتهاب و فعالیت سیتوتوکسیک استفاده‌شده و دارای خاصیت آنتی‌اکسیدانی نیز است (Isca et al., 2014; Ksouri et al., 2011). این گیاه دارای خاصیت ضد سرطانی بوده و پتانسیل استفاده در مبارزه با سلول‌های سرطانی را دارد. پلی ساکاریدهای استخراج‌شده از این گیاه نه‌تنها سلول‌های مونوسایتیک را فعال می‌نمایند بلکه تشخیص سلول‌های مزبور را برای ماکروفاژها امکان‌پذیر می‌کند (Im et al., 2006). وجود اراضی شور، آب‌های نامتعارف مانند زه آب مزارع، آب‌های شور و لب‌شور سطحی و زیرزمینی در بخش‌های وسیعی از کشور و همچنین آب‌وهوای متنوع در ایران، شرایط مطلوبی را برای رشد این‌گونه فراهم آورده است (Kafi et al., 2011). بررسی اثر شوری بر توده‌های مختلف سالیکورنیا نشان داد که توده یروپین و پرسیکا قادرند در شوری ۶۰۰ میلی‌مولار بیش از ۸۰ درصد جوانه‌زنی داشته باشند. (Akcin and Yalcin, 2016)، در بررسی مقاومت به شوری دو گونه هالوفیت *Suaeda prostrata* Pall و *Salicornia prostrata* Pall. دریافتند، افزایش سطح پرولین را می‌توان به‌عنوان یک مکانیسم سازگاری برای هالوفیت‌های واقعی در نظر گرفت. در پژوهشی دیگر، زیست‌توده سالیکورنیا برای خوراک دام بر اساس تاریخ‌های مختلف کاشت در منطقه مدیره از کشور کویت موردبررسی قرار گرفت و نتایج حاکی از آن بود تاریخ کاشت اوایل آبان با مقدار کل ۲۷ تن بر هکتار به‌عنوان بهترین تاریخ به لحاظ تولید زیست‌توده مطرح گردید (Gunning, 2016).

یکی دیگر از عواملی که می‌تواند موجب بهبود عملکرد گیاه شود استفاده از مواد آلی ازجمله کود دامی است. برخی محققان نشان دادند، با افزایش کود گاوی (۲۰ تا ۳۰ تن در هکتار) عملکرد علوفه و دانه در مقایسه با مصرف کودهای غیرآلی افزایش یافت و این افزایش عملکرد به دلیل اثر کود گاوی بر افزایش دسترسی عناصر غذایی و کمک به ساختمان فیزیکی خاک و افزایش فعالیت ریز جانداران بوده است (Ashiono et al., 2005). افزایش محتوای پروتئین در بافت‌های گیاهی اسفرزه که یکی از صفات مرتبط با کیفیت محصولات بوده در کاربرد با کودهای دامی در خاک‌های لومی–شنی، در پژوهش (Raeisi et al., 2013) گزارش شد. علاوه بر این‌ها مواد آلی به‌عنوان یک عامل مناسب برای تولید محصول در نواحی خشک معرفی‌شده‌اند، زیرا اثرات مطلوبی بر ظرفیت نگهداری آب خاک داشته و نیز به‌عنوان یک منبع عنصر غذایی در خاک محسوب می‌شوند (Alvarez et al., 2002). همچنین، گزارش‌ها حاکی از بهبود خواص فیزیکی و شیمیایی خاک و افزایش صفات رشدی گیاه سالیکورنیا در خاک‌های شور- قلیا تحت استفاده از تیمار کود دامی بوده است (Walker and Bernal, 2008; Liu li et al., 2015).

با عنایت به مشکل شوری در بسیاری از مناطق خشک و نیمه‌خشک من‌جمله ایران و محدودیت منابع آب شیرین در کشور، استفاده از گیاهان شورزی به‌عنوان منابع جدید تولید علوفه به‌منظور تولید پروتئین و مرتفع ساختن نیاز تغذیه‌ای جمعیت رو به رشد کشور اجتناب‌ناپذیر بوده و استفاده از این گیاهان در این نواحی برای مقابله با شوری و فرسایش خاک، همچنین به‌عنوان مهم‌ترین گیاهان پوششی می‌توانند مطرح باشند. مرور پژوهش‌های پیشین نشان می‌دهد، باوجودآنکه پژوهش‌های مختلفی درزمینه‌ی آبیاری با آب‌شور، گیاهان شورپسند و استفاده از کود دامی به‌صورت مجزا انجام گرفته

است؛ لیکن بررسی اثرات متقابل کم‌آبیاری با آب‌شور، تحت استفاده از کود دامی به‌منظور ارزیابی عکس‌العمل‌های گیاه سالیکورنیا پرسشی است که تاکنون به آن پرداخته نشده بود؛ بنابراین پژوهش حاضر در قالب آزمایش گلدانی سعی بر آن دارد تا با بررسی برخی از خصوصیات مورفولوژیکی و بیوشیمیایی گیاه سالیکورنیا پرسیکا به برخی از این مجهولات پاسخ دهد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در منطقه سیستان در ایستگاه تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی زهک در ۲۵ کیلومتری جنوب شرقی شهرستان زابل با طول جغرافیایی ۶۱ درجه و ۴۱ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۱ درجه و ۵۴ دقیقه شمالی و ارتفاع ۴۸۳ متر از سطح دریا با متوسط بارندگی سالیانه ۵۳ میلی‌متر به اجرا در آمد. خاک مورداستفاده از خاک زراعی داخل ایستگاه تهیه شد که نتایج تجزیه خاک در جدول ۱ ارائه شده است.

آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار و تیمارهای آزمایشی شامل: تیمار آبیاری با سه سطح آبیاری کامل با آب‌شور (SI) شاهد، کم‌آبیاری در سطح ۷۵ درصد کاهش ۲۵ درصدی نسبت به شاهد (DSI75) و کم‌آبیاری در سطح ۵۵ درصد کاهش ۴۵ درصدی نسبت به شاهد (DSI75) و تیمار کودی شامل: دو سطح با کاربرد کود گاوی در سطح ۱۰ درصد وزنی و بدون کاربرد کود دامی بودند برخی از خصوصیات شیمیایی کود گاوی مورداستفاده مطابق جدول ۲ است.

برای کشت از گلدان‌های پلاستیکی با ۱۵ سانتی‌متر ارتفاع و ۱۹ سانتی‌متر قطر دهانه استفاده شد. بذر مورداستفاده از مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی سیستان تهیه شد. کاشت در ۲۲ اسفندماه ۱۳۹۷ انجام شد. پس از اطمینان از سبز شدن و استقرار کامل گیاهچه اقدام به تنک کردن بوته‌ها شد. به‌طوری‌که در هر گلدان ۵ بوته باقی ماند. آبیاری گلدان‌ها با استفاده از آب‌شور انجام شد که نتایج آن در جدول ۳ نشان داده شده است.

جدول ۱. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک آزمایش

Table 1. Physical and chemical characteristics of soil experimental

رس Clay	سیلت Silt	شن Sand	بافت خاک Soil texture	قابلیت هدایت الکتریکی† EC	واکنش خاک† pH	سدیم‡ Na	کلسیم‡ Ca	منیزیم‡ Mg	نسبت جذب سدیم SAR
----------%----------				$dS\ m^{-1}$		----------$meq\ L^{-1}$----------			$meq/L^{0.5}$
37	23	40	Clay loam	8.3	8.4	62.3	356	1310	2.2

† از عصاره اشباع خاک به دست آمد. ‡ در حالت محلول محاسبه شدند

†Obtained from soil saturated extract. ‡Were calculated in solution.

جدول ۲. خصوصیات شیمیایی کود گاوی مورداستفاده

Table 2. The chemical characteristics of applied cow manure

قابلیت هدایت الکتریکی (1:5) EC	نسبت جذب سدیم SAR*	قلیائیت pH	یون سدیم Na^+	یون کلسیم Ca^{2+}	یون منیزیم Mg^{2+}	یون پتاسیم K^+
$dS\ m^{-1}$	$1/(meq/L)^{-0.5}$		---------- $meq\ L^{-1}$ ----------			
5.1	7.8	7.5	92.2	139	126	41.3

* sodium absorption ratio

جدول ۳. کیفیت آب آبیاری (آب‌شور) مورداستفاده در پژوهش حاضر

Table 3. Quality of irrigation water (saline water) used in the present study

قابلیت هدایت الکتریکی EC	واکنش آب pH	نسبت جذب سدیم SAR	سدیم Na^+	کلسیم Ca^{2+}	منیزیم Mg^{2+}	پتاسیم K^+	بیکربنات HCO_3^-	کلر Cl^-	سولفات $SO4^{2-}$
$dS\ m^{-1}$		$meq/L^{0.5}$	----------$meq\ L^{-1}$----------						
7.2	7.6	8.3	30.8	13.1	14.2	0.23	9.1	31.2	23.9

محاسبات آبیاری بر اساس معادله بیلان حجمی مطابق معادله (۱) انجام شد.

$$ETc = IR - Dp + P + Cp - Ro \pm \Delta W \qquad [۱]$$

اجزای معادله فوق شامل، ETc تبخیر و تعرق (میلی‌متر)، IR آبیاری کل (میلی‌متر)، Dp نفوذ عمقی منطقه ریشه (میلی‌متر)، P بارش (میلی‌متر)، Cp صعود مویینگی (میلی‌متر)، Ro رواناب (میلی‌متر) و ΔW تغییر در مقدار آب خاک است (Allen et al., 1998). ازآنجایی‌که این پژوهش به‌صورت گلدانی انجام‌شده، برخی از اجزای این معادله را می‌توان حذف نمود. درنتیجه شکل ساده‌تر آن به‌صورت معادله شماره (۲) خواهد بود.

$$ETc_{(i,i-1)} = IR_{i-1} - Dp_{i-1} \qquad [۲]$$

در معادله فوق 'ETc' تبخیر-تعرق بین دو نوبت آبیاری (میلی‌متر)، 'IR' به معنای عمق آبیاری (میلی‌متر) در نوبت آبیاری قبلی (i-1)، و 'Dp' حجم آب زهکشی شده از انتهای گلدان در نوبت آبیاری قبلی (میلی‌متر) است.

در این پژوهش محاسبات آبیاری بر اساس گلدان‌های شاهد (به دلیل شرایط رطوبتی بدون محدودیت و کیفیت عادی خاک) انجام شد. حجم آب اعمال‌شده برای آن‌ها به‌عنوان آبیاری کامل (شرایط بدون تنش) بوده و تیمارهای کم‌آبیاری نیز درصدی از آن را (۷۵ و ۵۵ درصد) دریافت نمودند. بدین منظور برای محاسبه جزء زهکشی مطابق معادله شماره (۲) از سطل‌های پلاستیکی برای جمع‌آوری آب خروجی از زیر گلدان‌های شاهد استفاده شد. گلدان‌ها به طرز مناسبی داخل سطل‌ها قرار گرفت به‌طوری‌که امکان تبخیر آب زهکشی از محل تماس جداره سطل با دیواره‌ی خارجی گلدان به حداقل ممکن برسد. ازآنجاکه هدف بررسی مرحله رویشی گیاه بود، در تاریخ ۲۰ اردیبهشت ۱۳۹۷ برداشت نمونه‌ها انجام و جهت بررسی ویژگی‌های موردنظر به آزمایشگاه منتقل شدند. اندازه‌گیری صفات مورفولوژیک شامل وزن تر و خشک ریشه، زیست‌توده خشک بر اساس دستورالعمل وانگ و همکاران (Wang et al., 2016) انجام شد. به‌منظور اندازه‌گیری محتوای پرولین برگ از روش بیتس (Bates, 1973)، مقدار هیدرات‌کربن از روش اسچلیگل (Schlegel, 1956) استفاده شد. برای اندازه‌گیری رنگیزه‌های فتوسنتزی ابتدا مقدار ۰/۱ گرم از بافت تازه گیاهی با استفاده از ۱۰ میلی‌لیتر استون ۸۰٪ در هاون چینی ساییده شد. سپس در دستگاه سانتریفیوژ با سرعت ۶۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۱۰ دقیقه قرار گرفت. عصاره جداشده فوقانی حاصل از سانتریفیوژ به لوله‌آزمایش منتقل شد. مقداری از نمونه داخل بالن را در کووت اسپکتروفتومتر ریخته و سپس به‌طور جداگانه در طول‌موج‌های ۶۶۲ نانومتر برای کلروفیل a و ۶۴۵ نانومتر برای کلروفیل b و ۴۷۰ برای کاروتنوئیدها توسط اسپکتروفتومتر مقدار جذب قرائت گردید. درنهایت با استفاده از فرمول‌های زیر میزان کلروفیل a، b و کاروتنوئیدها برحسب میلی‌گرم برگرم وزن تر نمونه به دست آمد (Arnon, 1967).

$$Chl_b = (18.61x\ A_{645} - 3.960\ x\ A_{662})\ V/100W \qquad [۳]$$

$$Total\ Chlorophyl = chla + ChB \qquad [۴]$$

$$Car=(1000A_{470}-2.27(mgchl_a)-81.4(mgchl_b)/227 \qquad [۵]$$

$$Chl_a= (11.75x\ A_{662} - 2.350\ x\ A_{645})V/100W \qquad [۶]$$

در معادله فوق، V حجم محلول سانتریفیوژ شده برحسب میلی‌لیتر، A جذب نور در طول‌موج‌ها ۶۶۲، ۶۴۵ و ۴۷۰ نانومتر، W وزن تر نمونه برحسب گرم است. برای تعیین میزان نشت الکترولیت (Electrolytic Leakage) برگ به روش شی و همکاران (Shi et al., 2007) از طریق معادله ذیل محاسبه شد.

$$EL = (EC1/EC2)\times 100 \qquad [۷]$$

در معادله فوق EL: درصد نشت الکترولیت، EC1: قابلیت هدایت الکتریکی اولیه، EC2: قابلیت هدایت الکتریکی ثانویه می‌باشند.

اندازه‌گیری مقدار پروتئین به روش برادرفورد (Bradford, 1976) انجام شد. برای اندازه‌گیری فعالیت آنزیم کاتالاز (CAT) از روش بیر و سیزر (Beers and Sizer, 1952) استفاده شد به‌طوری‌که ۵۰ میکرولیتر عصاره آنزیمی، ۶۰۰ میکرولیتر بافر فسفات سدیم (pH=۷)، ۰/۱۵ میکرولیتر EDTA، ۵۴۹/۸۵ میکرولیتر آب مقطر را در تیوپ ریخته و ۳۸۲/۵ میکرولیتر آب‌اکسیژنه به آن اضافه شد و در دستگاه طیف‌سنج نوری با طول‌موج ۲۴۰ نانومتر میزان جذب آن ثبت شد و پس از سپری شدن زمان یک دقیقه دوباره میزان جذب یادداشت شد (Beers and Sizer, 1952). برای سنجش فعالیت آنزیم گایاکول پراکسیداز ۵۰ میکرولیتر عصاره آنزیمی، ۸۰۰ میکرولیتر بافر سدیم، ۰/۲ میکرولیتر EDTA، ۵۰ میکرولیتر گایاکول، ۷۹۹/۸ آب به لوله‌آزمایش اضافه شد و ۷۶۵ میکرولیتر

آب‌اکسیژنه به آن اضافه و بلافاصله در دستگاه طیف‌سنج نوری با طول‌موج ۴۷۰ نانومتر میزان جذب آن قرائت شد و پس از سپری شدن مدت یک دقیقه دوباره میزان جذب ثبت شد (Urbanek, 1991). تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS نسخه ۹/۱ انجام شد. مقایسات میانگین‌ها در سطح احتمال ۵ درصد با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن و رسم نمودارها با Excel انجام شد

نتایج و بحث

ویژگی‌های مورفولوژیکی

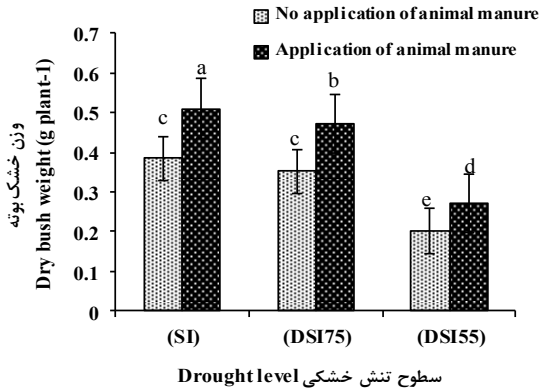
وزن تر و خشک‌ریشه

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که اثر متقابل کود دامی و تنش خشکی ازلحاظ آماری اثر معنی‌داری بر وزن تر و خشک‌ریشه نداشت و این دو صفت تحت تأثیر اثرات اصلی تنش خشکی و کود دامی قرار گرفت (جدول ۴). نتایج مقایسات میانگین حاکی از افزایش بیشترین وزن تر و خشک‌ریشه به ترتیب با میانگین ۱/۶۴۷ و ۰/۵۵۳ گرم از کاربرد کود دامی بود (جدول ۵). وجود مقادیر زیاد عناصر غذایی به‌ویژه نیتروژن، فسفر در کودهای آلی از مهم‌ترین دلایل تأثیر مثبت در افزایش رشد گیاهان است. مصرف کودهای آلی با آزادسازی تدریجی عناصر غذایی، اصلاح خصوصیات فیزیکی خاک و درنتیجه سهولت جذب آب توسط گیاه سبب بهبود رشد رویشی گیاهان می‌شوند (Saeednejad et al., 2010; Tartoura, 2010). تأثیر مثبت کاربرد کودهای آلی بر رشد رویشی گیاهان مختلف در مطالعات متعددی گزارش شده است. نتایج مشابهی در رابطه با افزایش معنی‌دار وزن تر و خشک‌ریشه در یافته‌های در زوفا (Ateia et al., 2009) و جعفری (Sharifi et al., 2010) گزارش شده است.

در بررسی بین سطوح آبیاری با افزایش تنش خشکی از مقدار وزن تر و خشک‌ریشه کاسته شد به‌طوری‌که بیشترین مقدار با میانگین به ترتیب ۲/۱۷۰ و ۰/۵۹۵ گرم به تیمار تنش متوسط (DSI75) و کمترین مقدار به تنش شدید خشکی (DSI55) تعلق داشت (جدول ۴). کاهش وزن تر و خشک‌ریشه بارزترین ویژگی رشدی گیاه در بروز علائم تنش است. کاهش سطح ریشه با افزایش تنش خشکی به‌کاهش تولید ریشه‌های اصلی و ریشه‌های جانبی مربوط می‌شود در شرایط تنش خشکی اگرچه ممکن است طول ریشه، افزایش پیدا کند اما کاهش تولید ریشه سبب کاهش سطح ریشه خواهد شد. همسو با نتایج حاصل از این پژوهش، کاهش معنی‌داری در تیمار تنش رطوبتی در وزن خشک‌ریشه در اثر تنش خشکی در پروانش گزارش شده است (Jaleel et al., 2008; Wu and Cosgrove, 2000) طبق گزارش‌های حاصل از پژوهش ترابی و همکاران (Torabi Kahbouni et al., 2008) طی تنش خشکی وزن تر و خشک‌ریشه در دو گونه S.persica و S.europaea روند کاهشی نشان داد.

ماده خشک

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که اثر متقابل کود دامی و تنش خشکی ازلحاظ آماری بر مقدار ماده خشک گیاه معنی‌دار شد (جدول ۴). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین ماده خشک با میانگین ۰/۵۱۰ گرم در بوته در تیمار کاربرد کود دامی و آبیاری شاهد (SI) و کمترین در شرایط عدم کاربرد کود و تنش شدید خشکی (DSI55) به دست آمد (شکل ۱). به نظر می‌رسد در مواجه گیاه با تنش خشکی، به دلیل تخصیص بیشتر مواد فتوسنتزی و صرف هزینه مازاد انرژی برای تولید ترکیبات محافظ در گیاه نظیر کاروتنوئیدها، اسمولیت‌ها، آنتی‌اکسیدانت‌ها و غیره به کاهش میزان وزن خشک این تیمار انجامیده باشد. در مطالعه سایر پژوهشگران نیز اعمال تنش خشکی شدید، عملکرد زیست‌توده گیاه شورپسند کوشیا را نسبت به شاهد به‌شدت کاهش داد (Masumi, 2011; Kafi et al., 2010) به‌طوری‌که در مطالعه (Kafi et al 2010)، اعمال تنش شدید و کاهش ۶۰ درصدی نیاز آبی کوشیا، عملکرد این تیمار نسبت به گیاهان شاهد (۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه) حدود ۵۰ درصد کاهش یافت. تنش ملایم و شدید در مرحله رویشی به ترتیب ۱۴/۳۹ و ۳۶/۸۹ درصد کاهش نسبت به شاهد در میزان زیست‌توده داشتند. نتایج مشابهی در رابطه با کاهش زیست‌توده در شرایط تنش خشکی توسط محققین دیگر (Miyashita et al., 2005; Jillet al., 2012) گزارش شده است. از طرفی با افزایش زیست‌توده گیاه با کاربرد کود دامی، به دلیل تأمین اکثر نیازهای غذایی ماکرو و میکرو گیاهان، کودهای دامی قادر به افزایش فعالیت آنزیمی و میکروبی خاک بوده (Kocheki et al., 2001)؛ که مجموعه‌ای از این عوامل سبب افزایش جذب نور خورشید، افزایش تولید مواد فتوسنتزی و درنتیجه سبب افزایش میزان سرعت تجمع ماده خشک می‌شود (Khandan, 2005).



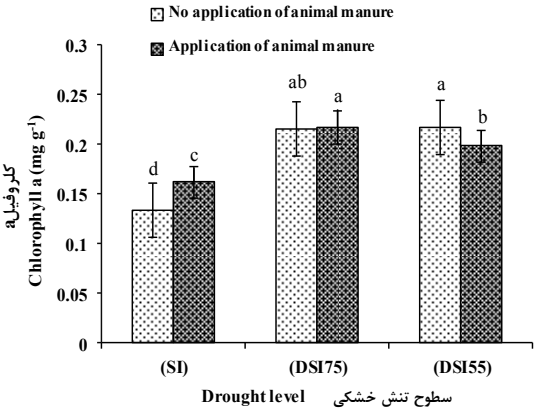
شکل ۱. اثرات متقابل تنش خشکی و کود دامی بر وزن خشک بوته (گرم در بوته) در سالیکورنیا. میانگین‌های با حرف مشترک تفاوت معنی‌دار در سطح پنج درصد ندارند. آبیاری کامل با آب‌شور (SI) (شاهد)، کم‌آبیاری با آب‌شور در سطح ۷۵ درصد (DSI75) و کم‌آبیاری با آب‌شور در سطح ۵۵ درصد (DSI55)

Fig 1. Interaction effect of drought stress and manure on dry weight (g plant^{-1}) of salicorni. Means followed by the similar letter are not significantly different at 5% probability level. Full irrigation with saline water (SI) as a control, deficit irrigation with saline water under 75% level (DSI75) and deficit irrigation with saline water under 55% level (DSI55).

ویژگی‌های بیوشیمیایی

رنگیزه‌های فتوسنتزی

با توجه به نتایج (جدول ۴)، اثر تنش خشکی بر کلروفیل a، کلروفیل b و کاروتنوئید و برهمکنش تنش خشکی و کود دامی بر مقدار کلروفیل a ازلحاظ آماری معنی‌دار شد. نتایج برهمکنش تنش خشکی و کود دامی بر مقدار کلروفیل a نشان‌دهنده افزایش این رنگیزه با میانگین ۰/۲۱۷ میلی‌گرم در گرم، در تیمار عدم کاربرد کود و تنش شدید خشکی (DSI55) است (شکل ۲). از مقایسه میانگین‌ها استنباط می‌شود که در تنش شدید خشکی (DSI55) با میانگین ۰/۱۳۸ و ۰/۰۸۷ میلی‌گرم در گرم به ترتیب بیشترین مقدار کلروفیل b و کاروتنوئید و کمترین مقدار از آبیاری شاهد (SI) به دست آمد (جدول ۵). مقدار کلروفیل و رنگ‌دانه‌های فتوسنتزی از مهم‌ترین عوامل مؤثر در ظرفیت فتوسنتزی گیاهان هستند زیرا به‌طور مستقیم بر سرعت و میزان فتوسنتز و درنهایت تولید زیست‌توده مؤثرند. کاهش رنگیزه‌های فتوسنتزی در اثر تنش شوری در آزمایش یالکین و آکین (Yalcin and Akcin, 2016) در دو گونه سالیکورنیا پرسیکا و ایروپیا گزارش شده است که با نتایج مطالعه حاضر مطابقت نداشت. در این آزمایش با توجه به کاهش زیست‌توده در اثر تنش خشکی و شوری میزان رنگ‌دانه‌ها افزایش یافت. کاهش رشد تحت تأثیر تنش شوری را می‌توان به کاهش میزان فتوسنتز که خود ناشی از تأثیر شوری بر مکانیسم‌های شیمیایی و غیر شیمیایی است نسبت داد (Munns and Tester, 2008). همچنین این کاهش رشد را می‌توان به خشکی القاشده در اثر تنش خشکی که موجب کاهش پتانسیل اسمزی در محیط رشد می‌شود و درنهایت گیاه را مجبور به استفاده از ترکیبات یونی برای تنظیم اسمزی می‌کند نسبت داد (Schwarz, 1985). باوجوداین در مورد نقش رنگیزه‌های فتوسنتزی تحت شرایط تنش خشکی و شوری ناشی از آن تردید وجود دارد (Lawson et al., 2003).



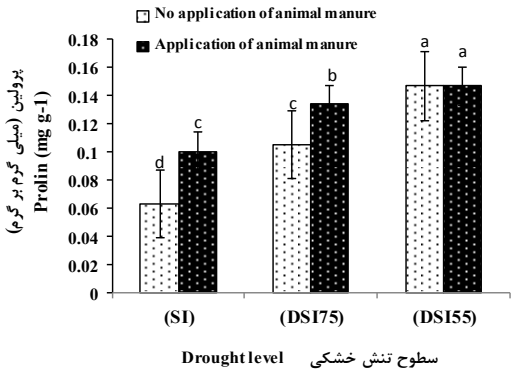
شکل ۲. اثرات متقابل تنش خشکی و کود دامی بر غلظت کلروفیل a (میلی‌گرم برگرم) در سالیکورنیا. میانگین‌های با حرف مشترک تفاوت معنی‌دار در سطح پنج درصد ندارند. آبیاری کامل با آب‌شور (SI) به‌عنوان شاهد، کم‌آبیاری با آب‌شور در سطح ۷۵ درصد (DSI75) و کم‌آبیاری با آب‌شور در سطح ۵۵ درصد (DSI55)

Fig. 2. Interaction effect of drought stress and manure on Chlorophyll a (mg g^{-1}) in salicornia. Means followed by the similar letter are not significantly different at 5% probability level. Full irrigation with saline water (SI) as a control, deficit irrigation with saline water under 75% level (DSI75) and deficit irrigation with saline water under 55% level](DSI55).

پرولین

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که اثر متقابل کود دامی و تنش خشکی ازلحاظ آماری بر مقدار پرولین معنی‌دار بود (جدول ۴). بر اساس نتایج حاصل (شکل ۳) بیشترین

مقدار پرولین با میانگین ۰/۱۴۷ میلی‌گرم بر گرم در تنش شدید (DSI55) به دست آمد بطوریکه تیمار کودی تفاوت معنی‌داری نشان نداد. پرولین در تمام اندام‌های گیاهی در طی تنش انباشته می‌شود (تنظیم اسمزی)، این اسیدآمینه ذخیره‌شده در سیتوپلاسم برای حفاظت از ساختمان ماکرو مولکول‌ها استفاده می‌شود و هیدروکسی پرولین نیز در سنتز دیواره سلولی نقش دارد (Hu et al., 2014). در بررسی مقایسه‌ای اثرات تنش خشکی و شوری بر برخی پارامترهای فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی دو گونه S.persica و S.europaea مشاهده شد که با افزایش تنش خشکی بر محتوای پرولین آزاد افزوده شد اما طی تنش شوری از مقدار محتوای پرولین نسبت به شاهد کاسته شد (Torabi Kahbouniet al., 2008).

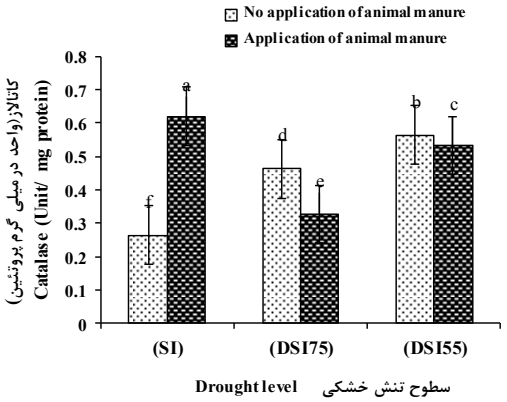


شکل ۳. اثرات متقابل تنش خشکی و کود دامی بر پرولین (میلی‌گرم برگرم) در سالیکورنیا. میانگین‌های با حرف مشترک تفاوت معنی‌دار در سطح پنج درصد ندارند. آبیاری کامل با آب‌شور (SI) به‌عنوان شاهد، کم‌آبیاری با آب‌شور در سطح ۷۵ درصد [کاهش ۲۵ درصدی نسبت به شاهد (DSI75)] و کم‌آبیاری با آب‌شور در سطح ۵۵ درصد [کاهش ۴۵ درصدی نسبت به شاهد (DSI55)].

Fig 3. Interaction effect of drought stress and manure on proline (mg g^{-1}) in salicornia. Means in each column followed by the similar letter are not significantly different at 5% probability level. Full irrigation with saline water (SI) as a control, deficit irrigation with saline water under 75% level [(DSI75) 25% decrease compared to control] and deficit irrigation with saline water under 55% level [(DSI55) there was a 45% decrease compared to control].

کربوهیدرات

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که در بین تیمارهای موردبررسی اثر تنش خشکی بر مقدار کربوهیدرات ازلحاظ آماری معنی‌دار شد (جدول ۴). همان‌طور که از (جدول ۵) مشاهده می‌شود در بررسی بین سطوح آبیاری نتایج نشان‌دهنده افزایش مقدار کربوهیدرات‌ها با افزایش شدت تنش خشکی است به‌گونه‌ای که بیشترین کربوهیدرات‌ها در تنش شدید خشکی (DSI55) با میانگین ۹/۰۷ میلی‌گرم در گرم و کمترین مقدار از آبیاری شاهد ((SIبه دست آمد. تأثیر تنش خشکی روی غلظت کربوهیدرات بیشتر از تأثیر شوری است و دلیل آن تحمل زیاد شوری در گیاه هالوفیت سالیکورنیا است. رابطه مثبتی بین تجمع کربوهیدرات و تحمل خشکی در برنج و ذرت و تنش شوری در سیب‌زمینی نیز گزارش شده است (Mohammadkhani and Heidari, 2008). انباشت قندهای محلول در واکنش به تنش خشکی، در مطالعات فراوانی ثابت شده است (Karimi et al., 2012). نتایج به‌دست‌آمده با گزارش‌های جعفرزاده و همکاران (Jafarzadeh et al., 2014) مطابقت دارد.



شکل ۴. اثرات متقابل تنش خشکی و کود دامی بر کاتالاز (واحد در میلی‌گرم پروتئین) در سالیکورنیا. میانگین‌های با حرف مشترک تفاوت معنی‌دار در سطح پنج درصد ندارند. آبیاری کامل با آب‌شور (SI) به‌عنوان شاهد، کم‌آبیاری با آب‌شور در سطح ۷۵ درصد [کاهش ۲۵ درصدی نسبت به شاهد (DSI75)] و کم‌آبیاری با آب‌شور در سطح ۵۵ درصد [کاهش ۴۵ درصدی نسبت به شاهد (DSI55)].

Fig 4. Interaction effect of drought stress and manure on catalas (Unit/ mg proteine) in salicornia. Means in each column followed by the similar letter are not significantly different at 5% probability level. Full irrigation with saline water (SI) as a control, deficit irrigation with saline water under 75% level [(DSI75) 25% decrease compared to control] and deficit irrigation with saline water under 55% level [(DSI55) there was a 45% decrease compared to control].

جدول ۴. تجزیه واریانس ویژگی‌های مورفولوژیکی و بیوشیمیایی سالیکورنیا تحت تأثیر تنش خشکی و کود گاوی

Table 4. Analysis of variance of morphological and biochemical characteristics of Salicornia under drought stress and cow manure

منبع تغییرات S.O.V	DF	وزن تر ریشه Root Fresh weight	وزن خشک‌ریشه Root dry weight	ماده خشک Dry matter	کلروفیل a Chlorophyll a	کلروفیل b Chlorophyllb	کاروتنوئید Carotenoids
کود دامی Manure (M)	1	0.023**	0.022**	0.0496**	0.000057 ns	0.000249 ns	0.000040 ns
تنش خشکی Drought stress (D)	2	0.057**	0.056**	0.0762**	0.00822**	0.00204**	0.00100**
تنش خشکی*کود دامی D * M	2	0.002 ns	0.0019ns	0.0015**	0.000866**	0.000012 ns	0.000056 ns
خطا Error	12	0.002	0.002	0.00037	0.00010	0.0000805	0.000023
ضریب تغییرات CV%	-	9.21	9.206	5.317	5.334	7.420	6.315

Table 4. Continued **جدول ۴. ادامه**

منبع تغییرات S.O.V	df	پرولین Proline	کربوهیدرات Carbohydrate	پروتئین Protein	کاتالاز Catalase	گایاکول پراکسیداز Gaiacol Peroxidase	نشت یونی Ionic leakage
کود دامی Manure (M)	1	0.00217**	1.363 ns	5.013*	0.018**	0.551**	10/967**
تنش خشکی Drought stress (D)	2	0.00639**	15.077**	48.406**	0.037**	0.186**	32/527**
تنش خشکی*کود دامی D * M	2	0.000572**	0.063 ns	0.037 ns	0.101**	0.374**	20/903**
خطا Error	12	0.000032	0.389	0.865	0.000	0.001	0/085
ضریب تغییرات CV%	-	4.905	8.199	10.09	3.72	4.54	5/72

ns: غیر معنی‌داری. * و ** به ترتیب معنی‌داری در سطوح احتمال ۱ و ۵ درصد

*, ** Statistically significant at the probability levels of 5% and 1%, respectively. ns: non- significant

پروتئین

بر اساس نتایج حاصل از تجزیه واریانس، اثر کود دامی و تنش خشکی بر مقدار پروتئین ازلحاظ آماری معنی‌دار بود (جدول ۳). همان‌طور که از جدول مقایسه میانگین استنباط می‌شود بیشترین میزان پروتئین با میانگین ۹/۷۴ و ۱۱/۴۷ به ترتیب در کاربرد کود دامی و تنش شدید خشکی (DSI55) به دست آمد (جدول ۵). با افزایش تنش خشکی و کاربرد کود آلی به‌ویژه کود دامی بر مقدار پروتئین افزوده شد. به نظر می‌رسد که قابلیت زیاد نگهداری آب در کود دامی به‌کاربرده شده، نقش عمده‌ای در سازگاری گیاه با شرایط خشکی داشته است که در این زمینه نیز نتایج مشابهی در گیاه گاوزبان به دست آمده است (Salehi Arjmand, 2005). دلیل افزایش پروتئین در تیمارهای کاربرد کود دامی می‌تواند به دلیل خاصیت کود آلی در کاهش آبشویی نیتروژن خاک و افزایش غلظت آن در اندام گیاه باشد کودهای آلی دارای مقادیر فراوانی مواد آلی هستند و در هنگام تجزیه شدن بر میزان نیتروژن خاک می‌افزایند (Zaghloul et al., 2016). نتایج مشابهی در ارتباط با عملکرد مثبت کاربرد کود آلی در افزایش پروتئین در پژوهش تتاردجونز و همکاران (Tetard-Jones et al., 2016) نیز مشاهده شد.

جدول ۵. مقایسه میانگین‌های برخی ویژگی‌های مورفولوژیکی و بیوشیمیایی سالیکورنیا تحت تنش خشکی و کود گاوی

Table 5. Comparison of averages of some morphological and biochemical characteristics of salicornia under drought stress and cow manure

تیمارها Treatments	وزن تر ریشه Root fresh weight	وزن خشک‌ریشه Root dry weight	کلروفیل b Clorophyll b	کاروتنوئید Carotenoid	کربوهیدرات Carbohydrat	پروتئین Protein
	-------g.plant^{-1}----------		----------mg.g^{-1}----------			
کود دامی Manure						
عدم کاربرد کود No application	1.310^{b}	0.482^{b}	0.124^{a}	0.078^{a}	7.33^{b}	8.69^{b}
کاربرد کود application	1.647^{a}	0.553^{a}	0.11 7^{b}	0.075^{b}	7.88^{a}	9.74^{a}
سطوح آبیاری Irrigation levels						
شاهد Control (SI)	1.485^{b}	0.550^{a}	0.101^{c}	0.062^{b}	5.92^{c}	6.02^{c}
تنش متوسط (DSI75) Medium stress	2.170^{a}	0.595^{a}	0.123^{b}	0.081^{a}	7.83^{b}	10.15^{b}
تنش شدید (DSI55) Sever stress	0.780^{c}	0.408^{b}	0.138^{a}	0.087^{a}	9.07^{a}	11.47^{a}

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد ندارند. آبیاری کامل با آب‌شور (SI) شاهد، تنش متوسط ۷۵ درصد (DSI75)، تنش شدید ۵۵ درصد (DSI55).

Means in each column followed by the similar letter are not significantly different at 5% probability level. Irrigation with saline water: (SI) control. (DSI75) medium stress. (DSI55) intensive stress. Manure; without Application of manure. Application of manure

آنزیم کاتالاز

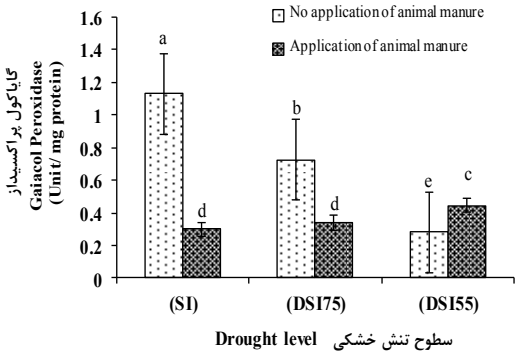
نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که اثر متقابل کود دامی و تنش خشکی بر آنزیم کاتالاز ازلحاظ آماری معنی‌دار بود (جدول ۴). بیشترین میزان آنزیم کاتالاز با میانگین ۰/۶۲۰ واحد در میلی‌گرم پروتئین در تیمارهای کاربرد کود دامی و تنش متوسط (DSI75) و کمترین مقدار آنزیم کاتالاز در شرایط عدم کاربرد کود و آبیاری شاهد (SI) به دست آمد (شکل ۴). افزایش تولید کاتالاز در اثر اعمال خشکی به‌صورت معنی‌داری در گیاهان و گونه‌های مقاوم به خشکی بیشتر از مقدار تولید آن در گیاهان حساس به خشکی است. این موضوع در پژوهش‌های پیشین ثابت شده است (Pirasteh-Anosheh et al., 2011). با توجه به نتایج حاصل از پژوهش (Torabi Kahbouni et al., 2008)، مقدار آنزیم کاتالاز در *S. persica* تحت تأثیر تنش خشکی و شوری کاهش و در گونه *S. europaea* افزایش یافت. ازآنجایی‌که آنزیم کاتالاز مسئول حذف پراکسید هیدروژن ایجادشده در تنش‌های اکسیداتیو است بنابراین دور از انتظار نیست که در شرایط تنش متوسط مقدار این آنزیم‌ها افزایش یابد به نظر می‌رسد در مطالعه حاضر بیشتر بودن میزان آنزیم کاتالاز در کاربرد با کود دامی با نگهداری آب و بهبود سیستم تغذیه‌ای گیاه، توانسته تنش خشکی را کاهش داده و این مسئله سبب شده که سیستم دفاع آنتی‌اکسیدانی تا حد زیادی افزایش‌یافته و گیاه را در شرایط سخت و دشوار همراهی کند؛ که در این رابطه نتایج مشابهی در پژوهش‌های (PourGhasemian and Moradi, 2018) در گاوزبان اروپایی به دست آمده است.

گایاکول پراکسیداز

با توجه به نتایج حاصل از (جدول ۴)، اثر متقابل کود دامی و تنش خشکی بر آنزیم کاتالاز ازلحاظ آماری معنی‌دار بود. طبق نتایج مشخص می‌شود که بیشترین مقدار آنزیم گایاکول پراکسیداز با میانگین ۱/۱۳۰ واحد بر میلی‌گرم پروتئین در شرایط عدم کاربرد کود و آبیاری شاهد (SI) و کمترین مقدار با میانگین ۰/۲۸۰ واحد بر میلی‌گرم پروتئین در شرایط کاربرد کود دامی و آبیاری شاهد (SI) به دست آمد (شکل ۵).

گایاکول پراکسیداز (Guaiacol peroxidase: GPX) یکی از آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی است که رادیکال‌های سوپراکسید، هیدروژن پراکسید و پراکسیدهای آلی را در درون سلول‌ها خنثی کرده (Hassanpour and Niknam, 2014) و سرانجام موجب پایداری گیاهان در برابر تنش‌های محیطی و ازجمله تنش خشکی می‌شود (Sharma et al., 2012). افزایش مقدار گایاکول پراکسیداز در گونه آژیلوپس

Ae.Triuncialis تحت تنش خشکی شدید در نتایج حاصل از آزمایش (shahedi and Aurang, 2018) نیز مشاهده شده است. نتایج مشابهی در یافته‌های عابدی و همکاران (Abedi et al., 2010) مشاهده شد.

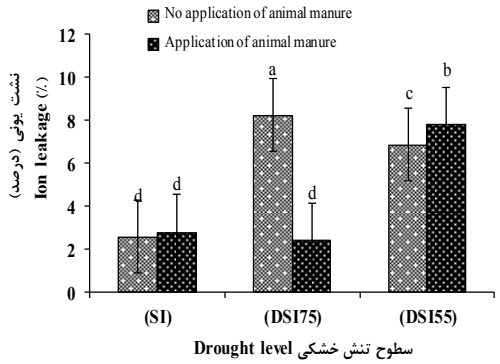


شکل ۵. اثرات متقابل تنش خشکی و کود دامی بر گایاکول پراکسیداز (واحد در میلی‌گرم پروتئین) در سالیکورنیا. میانگین‌های با حرف مشترک تفاوت معنی‌دار در سطح پنج درصد ندارند. آبیاری کامل با آب‌شور (SI) به‌عنوان شاهد، کم‌آبیاری با آب‌شور در سطح ۷۵ درصد [کاهش ۲۵ درصدی نسبت به شاهد (DSI75)] و کم‌آبیاری با آب‌شور در سطح ۵۵ درصد [کاهش ۴۵ درصدی نسبت به شاهد (DSI55)].

Figure 5. Interaction effect of drought stress and manure on gaiacol peroxidase (Unit/ mg proteine) in salicornia. Means in each column followed by the similar letter are not significantly different at 5% probability level. Full irrigation with saline water (SI) as a control, deficit irrigation with saline water under 75% level [(DSI75) 25% decrease compared to control] and deficit irrigation with saline water under 55% level [(DSI55) there was a 45% decrease compared to control].

نشت یونی

با توجه به نتایج برهمکنش کود دامی و تنش خشکی (شکل ۶)، با افزایش تنش خشکی بر مقدار نشت یونی افزوده شد به‌گونه‌ای که بیشترین مقدار (۸/۲۳۰ درصد) در شرایط تنش متوسط (DSI75) و عدم کاربرد کود و کمترین مقدار (۲/۳۸۰ درصد) در شرایط تنش متوسط (DSI75) و کاربرد کود دامی حاصل شد. تراوایی غشاء سلولی در اثر تغییرات سطح تورژسانس به‌واسطه نوسانات رطوبتی دچار اختلال خواهد شد، به‌گونه‌ای که کنترل سلول برای خروج الکترولیت‌ها کاهش‌یافته و یا به‌طور کامل از بین می‌رود. درنتیجه این اختلال در فرآیند کنترل سلولی، نشت و برون‌رفت الکترولیت سلول به فضای خارج آن اتفاق خواهد افتاد؛ بنابراین با افزایش شدت تنش کمبود آب، میزان تخریب، نفوذپذیری غشا و خروج الکترولیت‌ها به فضای بین سلولی افزایش می‌یابد (Seibi et al., 2012) نتایج به دست آمده با نتایج رمضانی و همکاران و عابدی و همکاران (Ramazan Nejad et al., 2013; Abedi et al., 2010) مطابقت دارد.



شکل ۶. اثرات متقابل تنش خشکی و کود دامی بر نشت یونی (درصد) در سالیکورنیا. میانگین‌های با حرف مشترک تفاوت معنی‌دار در سطح پنج درصد ندارند. آبیاری کامل با آب‌شور (SI) به‌عنوان شاهد، کم‌آبیاری با آب‌شور در سطح ۷۵ درصد [کاهش ۲۵ درصدی نسبت به شاهد (DSI75)] و کم‌آبیاری با آب‌شور در سطح ۵۵ درصد [کاهش ۴۵ درصدی نسبت به شاهد (DSI55)].

Fig. 6. Interaction effect of drought stress and manure on ionic leakage (%) in salicornia. Means in each column followed by the similar letter are not significantly different at 5% probability level. Full irrigation with saline water (SI) as a control, deficit irrigation with saline water under 75% level [(DSI75) 25% decrease compared to control] and deficit irrigation with saline water under 55% level [(DSI55) there was a 45% decrease compared to control].

نتیجه‌گیری نهایی

به‌طورکلی بر پایه نتایج حاصل از این پژوهش مشخص شد که اگرچه کاهش ۲۵ درصدی در مصرف آب‌شور منجر به افزایش رنگیزه‌های فتوسنتزی و تنظیم‌کننده‌های اسمزی در مقایسه با آبیاری کامل شد اما به دلیل کاهش زیست‌توده در شرایط تنش شدید خشکی، به نظر می‌رسد که سالیکورنیا پرسیکا تا حدودی می‌تواند تنش خشکی را تحمل کند و در تنش‌های شدید از مقاومت زیادی نسبت به خشکی برخوردار نیست به‌طوری‌که این گیاه هالوفیت شوری‌های بسیار زیاد را به‌راحتی تحمل می‌کند. همچنین نتایج نشان داد که با به کار بردن کودهای دامی تا حد زیادی از کاهش اکثر صفات

موردبررسی کاسته شد. کود دامی با داشتن ویژگی‌هایی ازجمله اصلاح ساختمان خاک، تغذیه خاک، حفظ رطوبت خاک و برخی ویژگی‌های خاص دیگر در اکثر صفات بهتر عمل کرده و در سطوح زیاد تـنش بـا تولید بیشتر رنگیزه‌های فتوسنتزی، افزایش فعالیت آنزیم‌ها، تولید بیشتر کربوهیدرات، پرولین و پروتئین اثرات نامناسب تنش خشکی را کاهش داد.

منابع

Abedi, T., Pakntyat, H., 2010. Antioxidant enzyme changes in response to drought stress in ten cultivars of oilseed rape (*Brassica napus* L.). Czech Journal of Genetics and Plant Breeding. 16, 27-34.

Akcin, A., Yalcin, E., 2016. Effect of salinity stress on chlorophyll, carotenoid content, and proline in (*Salicornia prostrata* Pall) and (*Suaeda prostrate* Pall). subsp. prostrata (Amaranthaceae). Brazilian Journal of Botany. 39, 101–106.

Akhani, H., 2006. Biodiversity of halophytic and sabkha ecosystems in Iran. 71-88. In: Khan, M.A., Boer, B., Kust, G.S., Barth, H.J., (Eds.), Sabkha Ecosystems. Volume II: West and Central Asia. Springer, 263.

Allen, R.G., Pereira, S.L., Raes, D., Smith, M., 1998. Crop Evaporation Irrigation and Drainage paper, 56, FAO, Rome.

Alvarez, R., Alvarez, C.R., Steinbuch, H.S., 2002. Association between soil organic matter and wheat yield in humid pampa of Argentina. Soil Science and Plant Analysis. 33, 749-757.

Ashiono, G.B., Wasike, W., Ouma, J.P., Gatwiku, S.W., Gachuki, P.N., 2005. Residual effects of farmyard manure on stover and grain yield of cold tolerant dual purpose sorghum in the dry high land of Kenya. Agronomy Journal. 4, 300-303.

Arnon, A.N., 1967. Method of extraction of chlorophyll in the plants. Agronomy Journal, 112, 121-123.

Ateia, E.M., Osman, Y.A.H., Meawad, A.E.A.H., 2009. Effect of organic fertilization on yield and active constituents of (*Thymus vulgaris* L.) under North Sinai conditions. Research Journal of Agriculture and Biological Sciences. 5, 555-565.

Bates, L., 1973. Rapid determination of free proline for water stress studies. Plant Soil. 39, 205-207.

Beers, G.R., Sizer, I.V., 1952. Aspectrophotometric method for measuring the break down of hydrogen peroxide by catalase. Biological Chemistry. 195, 133-140.

Bradford, M.M., 1976. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities inutilizing the principle of protein-dye binding. Analytical Biochemistry. 72, 248-254.

De Vos, A.C., Broekman, R., Groot, M.P., Rozema, J., 2010. Ecophysical response of Crambe maritima to airborne and soil- borne salinty. Annals of Botany. 105, 925- 937.

Glenn, E.P., Anday, T., Chaturvedi, R., Martinez-Garcia, R., Pearlstein, S., Soliz, D., 2013. Three halophytes for saline-water agriculture: an oilseed, aforage, a grain. Environmental and Experimental Botany. 92, 110 -121.

Gunning, D., 2016. Cultivating Salicornia europaea (*Marsh Samphire*). Bord Iascaigh Mhara. Irish Sea Fisheries Board.

Hassanpour, H., Niknam, V., 2014. Effect of water stress on growth and antioxidant enzyme activity of *Mentha pulegium* L. at flowering stage. Journal of Plant Process and Function. 3, 25-34. [In Persian with English summary].

Hu, Y.Y., Zhang, Y.L., Yi, X.P., Zhan, D.X., Luo, H.H., Chow, W.S., Zhang, W.F., 2014. The relative contribution of non-foliar organs of cotton to yield and related physiological characteristics under water deficit. Journal of Integrative Agriculture. 13, 975-989.

Im, S.A., Kim, K., Lee, C.K., 2006. Immunomodulatory activity of polysaccharidesisolated from Salicornia herbacea. Int Immunopharmacol. 6, 1451–1458. doi:10.1016/j.intimp. 2006.04.011.

Isca, V., Seca, A.M., Pinto, D.C., Silva, A.An., 2014. Overview of Salicornia genus: the phytochemical and pharmacological profile. In: Gupta, V.K. (ed.), Natural Products: Research Reviews. pp.145-176. Daya Publishing House.

Jafarzadeh, L., Omidi, H., bostani, A.A., 2014. Evaluation of Drought Stress and Nitrogen Biofertilizer on Some Biochemical Characteristics of (*Calendula officinalis* L). Iranian Journal of Biology, 27, 180-193. . [In Persian with English summary].

Jaleel, C.A., Gopi, R., Sankar, B., Gomathinayagam, M. Panneerselvam, R., 2008. Differential responses in water use efficiency in two varieties of Catharanthus roseus under drought stress. Comptes Rendus Biologies, 331, 42-47.

Jill, E.C., Ciro, S., Mateo, V., 2012. Dissecting maize productivity, ideotypes associated with grain yield under drought stress and well-watered conditions. Journal of Integrative Plant Biology, 54, 1007–1020.

Miyashita, K., Tanakamaru, S., Maitaniand, T., Kimura, K., 2005. Recovery responses of photosynthesis, transpiration, and stomatal conductance in kidney bean following drought stress. Environmental and Experimental Botany. 53, 205-214.

Kafi, M., Borzuei, A., Salehi, M., Kamandi, A., Masumi, A., Nabati, J., 2010. Physiology of Environmental Stresses in Plants. Publications of University of Mashhad. 502p. [In Persian].

Kafi, M., Salehi, M., Ashgizadeh, H.M., 2011. Shoreline agriculture: plant, water and soil management strategies. Mashhad Ferdowsi University. 380p. [In Persian].

Karimi, S., Abbaspour, H., Sinaki, J.M., Makarian, H., 2012. Effects of water deficit and chitosan spraying on osmotic adjustment and soluble protein of cultivars castor bean (*Ricinus communis* L.). Journal of Stress Physiology and Biochemistry. 8, 160–169.

Khandan, A., 2005. The effect of organic and chemical fertilizers on physical and chemical properties of soil, and (*Plantago psyllium*) characters. Soil Science Master Thesis. University of Ferdowsi Mashhad. [In Persian].

Kocheki, A., Hosseini, V., Hashemi Dezful, A., 2001. Sustainable agriculture.The University of Mashhad Publication. 164 p. [In Persian].

Ksouri, R., Ksouri, W.M., Jallali, I., debez, A., Magne, C., Hiroko, I., Abdelly, C., 2011. Medicinal halophytes: potent source of health promoting biomolecules with medicinal, nutraceuticals and food applications. Critical Reviews in Biotechnology. 32(4), 289-326. DOI: 10.3109/07388551.2011.630647.

Lawson, T., Oxborough, K., Morison, J.I.L., Baker, N.R., 2003. The responses of guard and mesophyll cell photosynthesis to CO2, O2, light and water stress in a range of species are similar. Journal of Experimental Botany. 54, 1743–1752.

Liu, L.P., Long Xiao, H., Shao Hong, B., Liu Zhao, P., Tao, Y., 2015. Ameliorants improve saline – alkaline soils on a large scale in northern Jiangsu Province, China. Ecologhycal Engineering. 81, 328-334.

Masumi, A., 2011. The effect of drought stress on native populations Kochia (*Kochia scoparia* L.) morpho-physiological parameters in field conditions and greenhouse. PhD thesis of Agriculture, Faculty of Agriculture. Ferdowsi university of Mashhad. [In Persian].

Mishra, A., Patel, M.K., Jha, B., 2015. Non-targeted metabolomics and scavenging activity of reactive oxygen reveal the potential of Salicornia brachiata as a functional food. Journal of Functional Foods. 13, 21–31.

Mohammadkhani, N., Heidari, R., 2008. Effects of drought stress on soluble proteins in two maize varieties. Turkish Journal of Biology. 32, 23-30.

Munns, R., Tester, M., 2008. Mechanisms of salinity tolerance. Annual Reviews in Plant Physiology. 59, 651-681.

Pirasteh-Anosheh, H., Sadeghi, H., Emam, Y., 2011. Chemical primary with urea and KNO3 enhances content under soil water deficits among 10 wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes at maturation stage. Colloids and Surfaces Bio Interfaces. 45, 7-13.

Pourghasemian, N., Moradi, R., 2018. Potential of using beeswax waste as the substrate for borage (Borago officinalis) planting in different irrigation regimes. Journal of Plant Process and Function. 7(23), 163-178.

Raeisi, A.S.h., Galavi, M., Ramroodi, M., Rahimi, M., Farhadi, R., 2013. Effect of organic manure, biological and chlorophyll indicators of herb Isabgol.1st chemical fertilizers on National Congress on Medicinal Plants.Kish Island. Iran. 186. [In Persian].

Ramani, B., Reeck, T., Debez, A., Stelzer, R., Huchzermeyer, B., Schmidt, A., Papenbrock, J., 2006. Aster tripolium L. and Sesuvium portulacastrum L: two halophytes, tow strategies to survive in saline habitats. Physiology and Biochemistry. 44, 395- 408.

Ramazan Nejad, R., Lahouti, M., Ganjali, A., 2013. Effect of foliar application of salicylic acid on some physiological and biochemical indices of susceptible chickpea cultivars under drought stress. Journal of Plant Ecophysiology. 5, 24-36. [In Persian with English summary].

Saeednejad, A.H., Razvani Moghaddam, p., 2010. Evaluation of the effect of compost, vermicompost and manure application on yield, yield components and essential oil content of cumin (*Cumminum cyminum*). Journal of Horticultural Science (Agricultural Science and Technology). 24, 142-148. [In Persian with English summary].

Salehi Arjmand, H., 2005. Effect of Environmental Stresses on Accumulation of Secondary Metabolites in Plants. Proceedings of the National Conference on the Sustainable Development of Medicinal Plants. Publications of the Research Institute of Forests and Rangelands. pp. 305-307. [In Persian].

Schlegel, H.G., 1956. Die verwertung organischer sauren durch chlorella in lincht. Plata. 47, 510-515.

Schwarz, M., 1985. The use of saline water in hydroponics. Soilless Culture. 1, 25-34.

Seibi, M., Mirzakhani, M., Gomarians, m., 2012. Investigation of instability of safflower cell membrane under water stress, zeolite and salicylic acid consumption. Journal of Agriculture and Plant Breeding. 8, 136 - 119. [In Persian with English summary].

Shahid, M., Jaradat, A.A., Rao, N.K., 2013. Use of marginal water for (Salicornia bigelovii Torr.) planting in the United Arab Emirates. In: Shahid, S.A., Abdelfattah, M.A., Taha, F.K. (Eds.), Developments in soil assessment and reclamation: innovative thinking and use of marginal soil and water resources in irrigated agriculture. Springer, Dordrecht. 451-462.

Sharifi, M., Afyuni, M., Khoshgoftarmanesh, A., 2010. Effect of sewage sludge, compost and cow manure on growth and yield and Fe, Zn, Mn and Ni uptake in Tagetes flower. Journal of Greenhouse Culture Science and Technology. 1, 43-53. [In Persian with English summary].

Shi, Q., Fei, D., Wng, X., Wei, M., 2007. Exogenous nitric oxide protect cucumber roots against oxidative stress induced by salt stress. Plant Physiology and Biochemistry. 45, 542-550.

Singh, D., Buhmanna, A.k., Flowers, T.J., Seal, C.E., Papenbrock, J., 2014. Salicornia as a crop plant in temperate regions: selection of genetically characterised ecotypes and optimization of their cultivation conditions. AoB PLANTS. 6, plus071; doi:10.1093/aobpla/pul071.

Tartoura, A.H., 2010. Alleviation of oxidative stress induced by drought application of compost in wheat (*Triticum aestivum* L.) plants. American-Eurasian Journal of Agricultural and Environment Science. 9, 208-216.

Tetard-Jones, C., Edwards, M., Rempelos L., Gatehouse, A.M.R., Eyre, M., Wilcockson, J.S., Leifert, C., 2016. Effects of previous crop management, fertilization regime and water supply on potato tuber proteome and yield. Agronomy. 3, 59 – 85.

Torabi Kahbouni, S., 2008. Comparative study of the effects of salinity and drought stress on some physiological and biochemical parameters of two species of Salicornia, MA thesis in plant physiology. University of Tehran. [In Persian].

Urbanek, H., Kuzniak – Gebarowska, E., Herka, K., 1991. Elicitation of defense responses in bean leaves by Botrytis cinerea polyglacturonase. Acta Physiologiae Plantarum. 13, 43 – 50.

Ventura, Y., Wuddineh, W.A., Myrzabayeva, M., Alikulvo, Z., Khozin - Goldberg, I., Shpigel, M., Samocha, T. M., Sagi, M., 2012. Effect of seawater concentration on the productivity and nutritional value of annual Salicornia and perennial Sarcocornia halophytes as leafy vegetable crops. Scientia Horticultura. 128, 189-196.

Walker, D.J., Bernal, M.P., 2008. Plant mineral nutrition and growth in a saline mediterranean soil amended with organic wastes. Comm. Soil Science. Plant Analysis. 35, 2495-2514.

Wang, Y., Janz, B., Engedal, T., de Neergaard, A., 2017. Effect of irrigation regimes and nitrogen rates on water use efficiency and nitrogen uptake in maize. Agricultural Water Management. 179, 271-276.

Wu, Y., Cosgrove, D.J., 2000. Adaptation of roots to low water potentials by changes in cell wall extensibility and cell wall proteins. Journal of Experimental Botany. 51, 1543 - 1553.

Zaghloul, R.A., Mohamed, Y.F.Y., Rasha, M., El-Meihy., 2016. Influential cooperation between Zeolite and PGPR on yield and antimicrobial activity of thyme essential oil. International Journal of Plant and Soil Science. 13, 1 – 18.