



دانشگاه گنبدکاووس

نشریه "حافظت زیست‌بوم گیاهان"

دوره ششم، شماره سیزدهم

<http://pec.gonbad.ac.ir>

بررسی پاسخ به تنش شوری و خشکی در مرحله گیاهچهای *Atriplex halimus*

آزاده دیلم^۱، حامد روحانی^۲، حسین صبوری^۳، ابراهیم غلامعلی پورعلمداری^۴

^۱ دانش آموخته کارشناسی ارشد مرتضی‌داری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبد کاووس، گنبد کاووس

^۲ استادیار گروه مراتع و آبخیزداری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبد کاووس، گنبد کاووس

^۳ دانشیار گروه تولیدات گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبد کاووس، گنبد کاووس

^۴ استادیار گروه تولیدات گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبد کاووس، گنبد کاووس

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۵/۱

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱۰/۱۹

چکیده

بهمنظور بررسی اثر سطوح‌های مختلف تنش خشکی و شوری (۰-۴-۸-۱۲-۱۶-بار) بر مؤلفه‌های مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گیاه *Atriplex halimus* در مرحله گیاهچهای تحت کشت هیدرопونیک، دو آزمایش جداگانه در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار در آزمایشگاه هیدرواکلولوزی دانشگاه گنبد کاووس در سال ۱۳۹۲ به اجرا درآمد. نتایج نشان داد که تنش‌های خشکی و شوری اثر معنی‌داری بر صفات طول ریشه و ساقه، وزن خشک ریشه و ساقه، کلروفیل a، b و کل و فنل کل گونه *A. halimus* داشتند. مطابق نتایج، سطح ۴- بار از تنش خشکی اثر افزایشی معنی‌دار بر طول ریشه و وزن خشک ریشه *A. halimus* در مقایسه با شاهد نشان دادند. در مقابل این صفات در سطوح بالاتر از تنش خشکی بهشدت کاهش نشان داد. سطح ۴- بار شوری نیز اثر تحریک‌کننده‌ی معنی‌دار ب وزن خشک ساقه *A. halimus* نشان داد. در مقابل محتوی رنگیزه‌های کلروفیل a و b و کل *A. halimus* در تمام تیمارهای آزمایشی خشکی و شوری کاهش نشان دادند. بیشترین اثر کاهشی مربوط به تیمار ۱۶- بار بود. محتوی فنل کل *A. halimus* با افزایش سطح تنش شوری و خشکی از روند افزایشی برخوردار بود. این مطالعه نشان می‌دهد علی‌رغم افزایش در محتوی فنل کل تحت تنش‌های موربدبررسی و نقش آن به عنوان آنتی‌اکسیدان غیرآنزیمی، محتوی کلروفیل کل و صفات مورفولوژیکی در سطوح مختلف، همچنان از روند کاهشی برخوردار می‌باشد. این امر نشان‌دهنده تنش بالای خشکی و شوری به علاوه عدم کفايت ترکيبات فنلي در پاسخ به تنش‌ها می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: کشت هیدرپونیک، طول ریشه، محتوی کلروفیل کل، فنل کل، روند کاهشی، *Atriplex halimus*

نویسنده مسئول: azadedeylam@yahoo.com

مقدمه

تنش خشکی از جمله تنش‌های محیطی است که علاوه بر کاهش رشد رویشی و تغییر در ساختارهای آناتومیکی گیاه، از طریق ایجاد تنش ثانویه نظریه اکسیداتیو، سبب تغییر در مسیرهای سنتز ترکیبات و متابولیت‌های ثانویه می‌شود (Foyer et al., ۱۹۹۴; Sharma et al., ۲۰۱۲). مطالعات فراوانی حاکی از افزایش تجمع گونه‌های فعال اکسیژن (ROS) تحت تنش خشکی گزارش شده است. گیاهان از طریق سازوکارهای آنتی‌اکسیدانی آنزیمی و غیر آنزیمی گونه‌های فعال اکسیژنی ایجادشده را کاهش می‌دهند (Cruz de Carvalho, ۲۰۰۸; Miller et al., ۲۰۱۰; Hasanuzzaman et al., ۲۰۱۴). بالا بودن غلظت سدیم در خاک نیز باعث کاهش پتانسیل اسمزی محلول خاک شده و سازوکار تنظیم اسمزی در سلول گیاه باعث جلوگیری از پسابیدگی و اختلال در جذب و انتقال یون‌های غذایی مانند پتاسیم و کلسیم می‌شود (Chen et al., ۲۰۰۷). تاکنون تحقیقات زیادی در زمینه اثر تنش شوری و خشکی بر گیاهان مختلف از جمله جنس *Atriplex* صورت گرفته است، اما تحقیقات در زمینه گونه *Atriplex halimus* اندک می‌باشد. Sharma (۱۹۷۳) در مطالعه خود نشان داد که گیاه *Atriplex numularia* باعث افزایش قابلیت هدایت الکتریکی، سدیم محلول، سدیم قابل تبادل و ماده آلی خاک‌های زیر کشت‌شده و تخریب قابل ملاحظه ساختمان خاک سطحی را در پی داشته است. کاچوت و همکاران (Kachout et al., ۲۰۱۱) در بررسی رابطه آب برگ و غلظت یون هالوفیت *Atriplex hortensis* در واکنش به تنش آب نتیجه گرفتند تنش آب موجب کاهش پتانسیل آب برگ و محتوای رطوبت نسبی شد. گلزاردی و همکاران (Golzardi et al., ۲۰۱۲) در بررسی اثر تنش شوری و خشکی در *Cynanchum acutum L.* نشان دادند که پتانسیل اسمزی تا ۰/۶-۰/۶ مگاپاسگال و شوری تا ۳۰۰ میلی‌مولار اثر کمی بر جوانهزنی داشت. جوانهزنی در این گیاه در پتانسیل اسمزی ۱-۱ مگاپاسگال کمتر از ۱۳ درصد بود و در شوری ۵۰۰ میلی‌مول جوانهزنی کمتر از ۹ درصد اندازه‌گیری شد. اثر منفی خشکی نیز در مطالعاتی چون آذرنیوند و جوادی (۱۳۸۲) در بررسی اثر تنش خشکی در دو گیاه *Agropyron desertorum*, *A. cristatum* و زهتابیان و جوادی (۱۳۸۲) بر روی سه گونه از سالسولا نشان داده شده است. آخوندی و همکاران (۱۳۸۵)، طی مطالعه تنش اسمزی روی یونجه، به این نتیجه رسیدند که با کاهش پتانسیل آب از تعداد برگ کاسته شد. در بین توده‌های مختلف، بیشترین تعداد برگ در توده با پتانسیل شاهد می‌باشد. لطفی و همکاران (۱۳۹۳) اثر تنش خشکی بر صفات مورفولوژیک و عملکرد گونه *Artemisia dracunculus* را با ۴ تیمار شامل: ۰/۱۰۰٪، ۰/۸۰٪ و ۰/۴۰٪ تنش ظرفیت زراعی بررسی کردند، نتایج نشان داد که تنش خشکی بر بیشتر صفات مورفولوژیک و عملکرد سرشاخه گل‌دار و برگ این گیاه اثر منفی نشان داد، اما موجب افزایش طول ریشه گردید. تقی‌بور و همکاران (۱۳۹۳) بهمنظور ارزیابی

برخی صفات فیزیولوژیکی در جمعیت‌هایی از *Aegilops triuncialis* تحت تنش خشکی نشان داد که افزایش تنش خشکی سبب کاهش قابل ملاحظه‌ای در محتوای کلروفیل و میزان کارتوئید و محتوای نسبی آب برگ شد. فابریکی اورنگ و مهرآباد پوربناب (۱۳۹۵) با بررسی اثر تنش خشکی و شوری بر خصوصیات مورفولوژیکی و بیوشیمیایی گیاه دارویی *Satureja hortensis* دریافتند که تنش شوری باعث افزایش ارتفاع بوته، تعداد برگ و وزن تر ریشه این گیاه شد؛ اما میزان کلروفیل a، b و کل با افزایش تنش شوری کاهش معنی‌داری یافت. در مقابل تنش خشکی اثر کاهشی معنی‌داری بر تمام صفات موردبررسی نشان داد. بررسی اثر شوری بر خصوصیات مورفولوژی زیره سبز (*Cuminum cyminum*) و سنبل‌الطیب (*Valeriana officinalis*) با استفاده از کشت هیدروپونیک نشان داد که کلیه خصوصیات گیاه‌چه (طول ریشه، طول ساقه، وزن خشک ریشه و ساقه، نسبت اندام هوایی به ریشه) در هر دو گیاه با افزایش سطوح شوری کاهش می‌یابد (صرفنژاد، ۱۳۸۴). صیادی و همکاران (۱۳۹۳) با بررسی اثر تنش‌های خشکی و شوری بر میزان ترکیبات فنلی گیاه دارویی *Thymus vulgaris* دریافتند که اعمال تنش خشکی و شوری باعث افزایش معنی‌داری بر میزان تیمول و سایر ترکیبات فنلی شد. با توجه به این که بخش وسیعی از اراضی ایران در شرایط آب و هوایی نیمه‌خشک و شور واقع شده‌اند، شناسایی گونه‌های متحمل به تنش خشکی و شوری ضروری است؛ بنابراین، هدف از انجام این تحقیق، بررسی سطوح مختلف تنش خشکی و شوری بر خصوصیات مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گیاه‌چه‌های *A halimus* در شرایط کشت هیدروپونیک بود.

مواد و روش‌ها

بهمنظور بررسی اثرات سطوح مختلف تنش خشکی و شوری بر برخی از مؤلفه‌های مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی *Atriplex halimus* در مرحله گیاه‌چه‌ای، دو آزمایش جداگانه در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار در آزمایشگاه هیدروکالولوژی دانشگاه گنبدکاووس در سال ۱۳۹۲ به اجرا درآمد. ابتدا بذور موردنیاز از اداره منابع طبیعی گنبدکاووس تهیه شد. سپس بذور با محلول ۵ درصد هیپوکلریت سدیم تجاری به مدت ۱۵ دقیقه ضدغونی و سپس ۳ مرتبه با آب قطر شستشو داده شد (کریمی و همکاران، ۱۳۸۵). بذور در محیط پتری دیش جهت جوانه‌زنی و تولید ریشه‌چه قرار داده شد. سپس بذور جوانه‌زده به محیط کشت هیدروپونیک حاوی ۵ لیتر محلول غذایی یوشیدا منتقل شدند. بهمنظور مطالعه اثر خشکی و شوری بر گونه موردنبررسی به ترتیب از مانیتول و کلرید سدیم استفاده گردید. برای این منظور، پس از انتقال گیاه‌چه‌ها به محیط هیدروپونیک، در مرحله چهار برگی گونه‌ها (عشقی‌زاده و همکاران، ۱۳۹۳) سطوح مختلف شوری و خشکی (۰، ۴، ۸، ۱۲، ۱۶-بار) مورد تیمار قرار گرفتند. بعد از گذشت ۲۱ روز از زمان اعمال تنش‌ها، برخی از صفات مورفولوژیکی

(طول ریشه، طول ساقه، وزن خشک ریشه و ساقه گیاهچه‌ها)، فیزیولوژیکی (کلروفیل a، b و کل) و بیوشیمیابی فتل کل در سطوح مختلف تنش خشکی بر اساس روش استاندارد فیتوشیمیابی مورداندازه‌گیری قرار گرفت.

نحوه اندازه‌گیری صفات

طول ریشه و ساقه در روز آخر جوانه‌زنی بذور، بهوسیله خطکش میلی‌متری مورداندازه‌گیری قرار گرفت؛ سپس وزن خشک ریشه و ساقه با قرار دادن در آون در دمای ۷۰ درجه سانتی گراد به مدت ۴۸ ساعت با کمک ترازوی دیجیتال با دقت یکصدم مورد اندازه‌گیری قرار گرفت.

کلروفیل a، b و کل

۱۰۰ میلی‌گرم از اندام سیز گیاهچه توسط ترازو دیجیتال (یک‌هزارم) توزین شد و توسط ۱۰ میلی‌لیتر استون سرد (۸۰ درصد) در هاون چینی ساییده گردید؛ تا یک محلول شفاف تهیه گردد. محلول تهیه شده به مدت ۱۰ دقیقه با سرعت ۱۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفوژ گردید. پس از جدا کردن فاز محلول از فاز جامد، محلول شفاف به بالن حجمی ۲۵ میلی‌لیتر منتقل شد. برای جلوگیری از ضایع شدن کلروفیل موجود در محلول در برابر نور تا قبل از قرائت، بالن ژوژه حاوی محلول کلروفیل در فویل آلومینیوم پیچیده و در جای تاریک نگهداری شد. میزان کلروفیل توسط دستگاه اسپکتروفتومتر Biochrom Libera-S22 (Biochrom Libera- S22) در طول موج‌های ۶۴۵ و ۶۶۳ نانومتر به ترتیب برای کلروفیل b و a قرائت شد. استون سرد ۸۰ درصد به عنوان شاهد (بلانک) بود. در پایان میزان کلروفیل a، b و کل بر اساس فرمول‌های زیر محاسبه شد (Arnon, ۱۹۴۹).

$$\text{Chl a} = [12.7 \times (\text{D}_{663}) - 2.69 \times (\text{D}_{645})] \times V / (1000 \times W) \quad \text{رابطه ۱}$$

$$\text{Chl b} = [22.9 \times (\text{D}_{645}) - 4.68 \times (\text{D}_{663})] \times V / (1000 \times W) \quad \text{رابطه ۲}$$

$$\text{ChlTotal} = [20.2 \times (\text{D}_{645}) + 80.2 \times (\text{D}_{663})] \times V / (1000 \times W) \quad \text{رابطه ۳}$$

D: میزان حذب نوری قرائت شده در طول موج مربوطه، V: حجم عصاره، W: وزن نمونه‌تر

فنل کل

۱۰۰ میلی‌گرم از اندام سیز گیاه چه با ۱۰ میلی‌لیتر اتانول داغ ۸۰ درصد در هاون چینی ساییده شد. بهمنظور جداسازی فاز محلول از فاز جامد و جهت جلوگیری از اصطحکاک و شکستن ترکیبات، محلول تهیه شده به مدت ۱۰ دقیقه با سرعت ۱۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفوژ گردید. محلول جداسده در بن‌ماری قرار داده شد. گرمادهی تا غلیظ شدن محلول (یک میلی‌لیتر) ادامه داده شد و پس از آن با کمک آب مقطر به حجم ۵۰ میلی‌لیتر حجم رسانده شد. در مرحله بعد به ۵/۰ میلی‌لیتر از عصاره حاصل، ۲/۵ میلی‌لیتر آب مقطر دو بار تقطیر اضافه گردید. سپس ۵/۰ میلی‌لیتر معرف فولین سیوکالتو

۵۰ درصد به آن اضافه شد. پس از گذشت ۳ دقیقه، به لوله آزمایش حاوی ۲ میلی لیتر کربنات سدیم ۲۰ درصد اضافه گردید و به مدت ۱۰ دقیقه در بن‌ماری قرار داده و پس از آن لوله آزمایش سرد گردید. میزان فنل کل توسط دستگاه اسپکتروفوتومتر با مدل Biochrom Libera-S ۲۲ در طول موج ۶۵۰ نانومتر قرائت گردید. با توجه به منحنی استاندارد اسید گالیک، میزان فنل کل بر حسب میلی گرم بر گرم نمونه محاسبه شد (Malick and Singh, ۱۹۸۰).

جدول ۱. اجزای محلول غذایی یوشیدا (Yoshida et al., ۱۹۷۶)

مواد غذایی	عنصر	-	ماده Material	مقدار (گرم در لیتر) Amount (g/L)
درشت مغذی	نیتروژن	N	NH ₄ NO ₃	۹۱.۴
	فسفر	P	NaH ₂ PO ₄ .H ₂ O	۳۵.۶
	پتاسیم	K	K ₂ SO ₄	۷۱.۴
	کلسیم	Ca	CaCl ₂ .۲H ₂ O	۱۱۷.۳
	منیزیم	Mg	MgSO ₄ .۷H ₂ O	۳۲۴
ریزمغذی	منگنز	Mn	MnCl ₂ .۴H ₂ O	۱.۵
	مولیبدن	Mo	(NH ₄) ₆ Mo ₇ O _{۲۴} .۴H ₂ O	۰.۰۷۴
	روی	Zn	ZnSO ₄ .۷H ₂ O	۰.۰۳۵
	بر	B	H ₃ BO _۳	۰.۹۲۴
	مس	Cu	CuSO ₄ .۵H ₂ O	۰.۰۳۱
	آهن (فربیک کلراید)	Fe	FeCl _۳ .۶H ₂ O	۷.۷
	اسیدسیتریک	-	C _۶ H _۸ O _۷ .H ₂ O	۱۱.۹

تجزیه و تحلیل آماری

ابتدا نرمال بودن داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار Minitab با نسخه ۱۴ مورد بررسی قرار گرفت. در صورت نرمان نبودن داده‌ها، از روش پرت نمودن میانگین نمونه‌ای که در دامنه داده‌های دیگر نبود (میانگین \pm سه برابر انحراف معیار)، استفاده گردید (Chiang et.al., ۲۰۰۳) و به جای آن میانگین داده‌های مابقی که هم دامنه بودند، آورده شد. تجزیه داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS با نسخه ۹/۱ انجام شد و مقایسه میانگین‌ها با کمک آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال ۵ درصد انجام گردید.

نتایج

اثر تنش خشکی بر مولفه‌های مرفولوژیکی *A. halimus*

جدول تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که سطوح مختلف تنش خشکی اثر معنی‌داری بر صفات مرفولوژیکی طول ریشه و طول ساقه، وزن خشک ساقه و ریشه *A. halimus* در سطح احتمال یک درصد داشته است (جدول ۲).

مقایسه میانگین سطوح مختلف خشکی نشان داد که غلظت ۴-بار، اثر تحریک کنندگی به مقدار ۵/۱۲ درصد بر پارامتر طول ریشه در مقایسه با شاهد داشت. اما این صفت در سطوح بالاتر به شدت کاهش یافت. بیشترین اثر بازدارندگی بر طول ریشه مربوط به ۱۶-بار معادل ۵۲/۳۴ درصد بود (جدول ۳). این امر حاکی از این است که طول ریشه *A. halimus* رفتار متفاوتی به سطوح مختلف تنش خشکی نشان می‌دهد. آزمایشات مختلف نشان دهنده افزایش طول ریشه‌چه در تنش‌های ملایم است و همچنین اولین تغییرات جهت مقابله با تنش خشکی افزایش رشد ریشه‌چه به منظور جذب حداقل رطوبت گزارش شده است (Marchner, ۱۹۹۵). در مورد طول ساقه، این صفت با افزایش تیمارهای آزمایشی کاهش یافت. بیشترین کاهش معنی‌دار مربوط به تیمار ۱۶-بار تنش خشکی به مقدار ۵۸/۴۹ درصد بود (جدول ۳). کاهش فرآیند رشد طول ساقه در اثر خشکی می‌تواند به دلیل افزایش غلظت مانیتور که محیطی نامناسب را برای رشد گیاه فراهم می‌نماید. در آزمایشی گزارش شده است که تنش خشکی رشد ریشه و ساقه را تحت تأثیر قرار می‌دهد و ممکن است باعث کاهش سطح برگ گیاهان شود (Huner and Hopkins, ۲۰۰۸).

بررسی واکنش *A. halimus* از لحاظ وزن خشک ریشه و ساقه نشان داد که این صفات به‌طور معنی‌داری تحت تمام تیمارهای آزمایشی کاهش نشان دادند. کمترین وزن خشک ریشه و ساقه مربوط به غلظت ۱۶-بار به ترتیب معادل ۱۰۸ و ۱۲۸ میلی‌گرم در بوته بود (جدول ۳). کاهش وزن احتمالاً به علت کاهش انتقال مواد غذایی و کاهش رشد گیاه می‌باشد. که میرحسینی ده آبادی (۱۳۷۳) در مقایسه هشت رقم اسپرس و یونجه و بررسی واکنش اسپرس به خشکی، و اخوان و همکاران (۱۳۹۲) در بررسی اثرات تنش آبی بر رشد رویشی سه ژنتیپ *Agropyron trichophorum* را گزارش نمودند.

اثر تنش شوری بر مولفه‌های مرفولوژیکی گونه *A. halimus*

بر طبق جدول تجزیه واریانس (جدول ۲) مولفه‌های طول ریشه و ساقه و به‌علاوه، وزن خشک ریشه و ساقه در سطح احتمال یک درصد تحت تأثیر تیمارهای تنش شوری قرار گرفت.

مقایسه میانگین‌های طول ریشه *A. halimus* نشان داد که غلظت‌های مختلف کلرید سدیم اثر کاهشی معنی‌داری بر این صفت نشان دادند. به طوری که شاهد با آب مقطر از بیشترین طول ریشه برخوردار بود. بیشترین کاهش این صفت در پتانسیل ۱۶- بار مشاهده شد (جدول ۳). فلاحتی و همکاران (۱۳۸۸) در بررسی خود بر روی مریم گلی کبیر مشاهده کردند که با افزایش سطوح تنش اسمزی از صفر به ۴- بار، طول گیاهچه افزایش یافت. آن‌ها علت این امر را به افزایش طول ریشه‌چه در شرایط تنش متوسط نسبت دادند، زیرا که بسیاری از گیاهان به هنگام مواجهه با تنش اسمزی اقدام به گسترش اندام‌های زیرزمینی خود می‌کنند و نسبت اندام هوایی به اندام زیرزمینی را کاهش می‌دهند تا بتوانند با تامین آب مورد نیاز گیاه، تنش کمتری را به اندام هوایی وارد کنند.

بررسی واکنش طول ساقه *A. halimus* به سطوح مختلف شوری نشان داد که تیمار ۴- بار، اثر افزایشی بر این صفت در مقایسه با شاهد نشان داد، اما این اثر معنی‌دار نبود. در مقابل طول ریشه این گیاه در غلظت‌های بالاتر از ۴- بار به طور معنی‌داری کاهش یافت. کمترین و بیشترین اثر کاهشی به ترتیب به تیمار ۸- و ۱۶- بار شوری اختصاص داشت (جدول ۳). این مطالعه نشان می‌دهد که چنانچه شدت تنش به حدی نباشد که رشد گیاهچه را محدود کند، ممکن است سبب تحریک رشد گردد. همچنین طول ریشه بیشتر از طول ساقه تحت تاثیر تیمارهای مختلف آزمایشی کلرید سدیم قرار گرفت. می‌توان نتیجه‌گیری نمود چون ریشه اولین اندامی است که به طور مستقیم مورد هدف تنش‌ها از جمله شوری قرار می‌گیرد، قابل توجیه است. دادخواه (۱۳۸۹) گزارش نمود که روند کاهش در شرایط شوری می‌تواند نتیجه کاهش پتانسیل اسمزی محیط و در نتیجه کاهش جذب آب، سمتیت یون‌های سدیم و کلر و اختلال در جذب عناصر غذایی دانست و در نتیجه کاهش رشد گیاه دانست. ورنر و فینکلستین (Werner and Finkelstein, ۱۹۹۵) گزارش کردند که شوری به علت کند نمودن جذب آب باعث کاهش طول ریشه و ساقه می‌شود. مطالعات نشان داده است که شوری با کاهش رشد ریشه، ظرفیت جذب آب و عناصر غذایی را کاهش میدهد.

وزن خشک ریشه و ساقه *A. halimus* از روند کاهشی با افزایش غلظت‌های مختلف نمک برخوردار بود. غلظت ۱۶- بار از بیشترین اثر کاهشی از لحاظ دو مولفه وزن خشک ریشه و ساقه برخوردار بود (جدول ۳).

جدول ۲- تجزیه واریانس اثر سطوح مختلف تنش خشکی و شوری بر مؤلفه‌های مرفولوژیکی *A. halimus*

منابع تغییر	درجه آزادی	طول ریشه	طول ساقه	وزن خشک ریشه	وزن خشک ساقه
خشکی	۴	۲۹۸/۷۷ ^{xx}	۵۷۰/۹۰ ^{xx}	۱۲۳۲/۹۰ ^{xx}	۳۵۹۳/۴۳ ^{xx}
خطا	۱۰	۱/۰۰	۱/۵۳	۱/۳۳	۱/۴۰
ضریب تغییرات		۲/۷۵	۲/۸۱	۰/۸۱	۰/۶۷
شوری	۴	۳۱۵/۱۶ ^{xx}	۴۳۰/۰۶ ^{xx}	۲۳۰۲/۰۶ ^{xx}	۳۱۳۳/۷۶ ^{xx}
خطا	۱۰	۰/۷۳	۰/۸۶	۱/۸۶	۲/۰۶
ضریب تغییرات		۲/۶۷	۱/۹۲	۱/۱۱	۰/۷۵

^{xx}: بیانگر اختلاف معنی‌دار در سطح یک درصد

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر سطوح مختلف تنش خشکی و شوری بر مؤلفه‌های مرفولوژیکی *A. halimus*

صفات	خشکی (bar)	طول ریشه (میلی‌متر)	طول ساقه (میلی‌متر)	وزن خشک ریشه (میلی‌گرم)	وزن خشک ساقه (میلی‌گرم)
.		۴۲/۶۶ b	۵۷/۰۰ a	۱۵۴/۶۶ b	۲۱۰/۶۶ a
-۴		۴۵/۰۰ a	۵۴/۰۰ b	۱۵۷/۰۰ a	۲۰۰/۳۳ b
-۸		۴۰/۳۳ c	۴۹/۰۰ c	۱۵۱/۶۶ c	۱۹۰/۳۳ c
-۱۲		۳۳/۰۰ d	۳۶/۶۶ d	۱۳۹/۰۰ d	۱۵۳/۶۶ d
-۱۶		۲۰/۳۳ e	۲۳/۶۶ e	۱۰۸/۰۰ e	۱۲۸/۰۰ e
شوری (bar)	.	۴۲/۶۶ a	۵۷/۰۰ a	۱۵۴/۶۶ a	۲۱۰/۶۶ b
-۴		۴۰/۳۳ b	۵۸/۳۳ a	۱۳۹/۳۳ b	۲۲۰/۶۶ a
-۸		۳۴/۰۰ c	۴۹/۰۰ b	۱۲۷/۶۶ c	۲۰۴/۶۶ c
-۱۲		۲۴/۰۰ d	۳۹/۰۰ c	۱۰۲/۶۶ d	۱۷۰/۳۳ d
-۱۶		۱۹/۰۰ e	۳۲/۰۰ d	۸۶/۰۰ e	۱۴۳/۰۰ e

اثر تنش خشکی بر مؤلفه‌های فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی *A. halimus*

جدول تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که سطوح مختلف تنش خشکی تأثیر معنی‌داری بر صفات

فیزیولوژیکی کلروفیل a، b، کل و بیوشیمیایی فنل کل در سطح یک درصد داشتند (جدول ۴).

نتایج حاصل از مقایسه میانگین کلروفیل a در تنش خشکی نشان داد که بیشترین محتوی

کلروفیل a با ۴۸۷/۰ میلی‌گرم بر گرم در تیمار شاهد بود و محتوی کلروفیل a با افزایش تنش خشکی

کاهش یافت (جدول ۵). نتایج در مورد کلروفیل b و کل مشابه کلروفیل a بود. همچنین با افزایش تنش خشکی درصد فنل کل افزایش یافت. (جدول ۵). دلیل کاهش رنگیزه کلروفیل کل می‌تواند به واسطه کاهش اثر حفاظتی کلروفیل b باشد. به طوری که عدم سنتز کافی رنگیزه‌های حفاظتی از جمله کلروفیل b منجر به پاسخ ناقص آن‌ها در برابر تنش ناشی از خشکی می‌شود. به طورکلی تنش‌های زیستی و غیرزیستی موجب می‌شود که گلوتامات که پیش‌ساز مشترک ساخت کلروفیل و پرولین است، کمتر در مسیر سنتز کلروفیل وارد شود. حیدری شریف آباد (۱۳۸۰) یکی از دلایل کاهش غلظت میزان کلروفیلی تحت تنش را به واسطه افزایش میزان فعالیت آنزیم کلروفیلاز بیان نمود، به طوری که موجب بیان و القاء این آنزیم می‌شود. در نتیجه منجر به حمله رادیکال‌های آزاد تولیدی مانند سوپراکسید، اکسیژن نوزاد، هیدروکسی، آب اکسیژنه و ... می‌گردد. بیتس و همکاران (Bates *et al.*, ۱۹۷۳) بیان نمودند که کاهش غلظت کلروفیل به واسطه اثر آنزیم کلروفیلاز، پراکسیداز و ترکیبات فنلی و در نتیجه تجزیه کلروفیل می‌باشد. بررسی‌های انجام شده نشان داده است که هرگونه تنش برگیا، مقدار ترکیبات فنلی را افزایش می‌دهد. این نتایج مطابق با نتایج گلدانی و همکاران (۱۳۹۰) مبنی بر اثر تنش خشکی بر خصوصیات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی اندام هوایی و ریشه و ماده موثره در *Ocimum basilicum*. زارع مجردی و همکاران (Zare Merjerdi *et al.*, ۲۰۱۲) در بررسی اثر تنش خشکی بر خصوصیات فتوسنتز و ترکیبات فنلی در *Cicer arietinum* سودائی زاده و همکاران (۱۳۹۵) مبنی بر تأثیر تنش خشکی بر برخی صفات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی *Satureja hortensis* است.

اثر تنش شوری بر مولفه‌های فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی *A. halimus*

نتایج نشان داد که تیمارهای آزمایشی اختلاف معنی‌داری از لحاظ اثر تنش شوری بر محتوی رنگیزه‌های کلروفیل a، b، کل و فنل کل نشان دادند (جدول ۴).

بررسی واکنش محتوی کلروفیل a گونه *A. halimus* تحت تنش شوری نشان داد که سطوح مختلف شوری اثر کاهشی معنی‌دار و متفاوتی بر این صفت در مقایسه با شاهد نشان دادند. کمترین و بیشترین کاهش معنی‌دار محتوی کلروفیل a به ترتیب به تیمار ۴-۱۶-۶/۷۷ و ۸۱/۳۱ بار به ترتیب معادل درصد بود (جدول ۵). محتوی کلروفیل b مانند کلروفیل a از روند کاهشی تحت سطوح مختلف شوری نیز برخوردار بود. همچنین این مطالعه نشان داد که محتوی کلروفیل b نسبت به a از روند کاهشی بیشتری برخوردار بود (جدول ۵). هدف گذاری بیشتر رنگیزه کلروفیل b نسبت به کلروفیل a به دلیل نقش حفاظتی این رنگیزه می‌باشد. محققی با بررسی تاثیر عصاره برگ گیاه اکالیپتوس بر سورگوم (Sorghum) اعلام کردند که در شرایط استرس، کاهش کلروفیل b بیشتر از کلروفیل a است و ممکن

است علت آن تبدیل کلروفیل b به کلروفیل a در گیاهان تحت تنش باشد (Djanaguiramant *et al.*, ۲۰۰۵). در مجموع، میزان کلروفیل کل تحت تیمارهای آزمایشی به شدت کاهش نشان داد (جدول ۵).

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که با افزایش تنش شوری، محتوی فنل کل افزایش یافت. بیشترین محتوی فنل کل در تیمار ۱۶- با مقدار ۰/۶۴۲ میلی‌گرم بر گرم به دست آمد (جدول ۵). تجمع فنل در مواجهه با تنش شوری از مکانیسم‌های مقاومت به شوری این گیاه به حساب می‌آید. تجمع سریع مواد آلی تنظیم کننده فشار اسمزی نظریر فنل منجر به کاهش پتانسیل اسمزی سلول‌های گیاهی شده و از این طریق آب جذب گیاه می‌شود. مسیو و ابراهان (Mathew and Abraham, ۲۰۰۶) گزارش نمودند، متابولیت‌های ثانویه مشتق از گیاهان مانند فنل و فلاونوئید تام مشتق از گیاهان دارای پتانسیل قوی برای پاکسازی رادیکال‌های آزاد می‌باشند که در تمام قسمت‌های مختلف گیاهی مانند برگ، میوه، دانه، ریشه و پوست وجود دارند. این مواد نقشی در فرآیندهای رشدی گیاه ندارند، بلکه به عنوان ترکیبات فرعی حاصل از متابولیت‌های اولیه‌اند. البته غلظت آن‌ها بر حسب نوع اندام متفاوت است. ژانگ و همکاران (Zhang *et al.*, ۲۰۰۹) بیان نمودند که پتانسیل آنتی‌اکسیدانی و ویژگی‌های ضد میکروبی ترکیبات فنلی موجود در عصاره‌های گیاهی ناشی از نوع و غلظت این ترکیبات و نیز تعداد و موقعیت گروه‌های هیدروکسیل موجود در حلقه آروماتیک این ترکیبات است.

جدول ۴- تجزیه واریانس اثر سطوح مختلف تنش خشکی و شوری بر مؤلفه‌های فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی *A. halimus*

منابع تغییر	درجه آزادی	کلروفیل a	کلروفیل b	کلروفیل کل	فنل کل
خشکی	۴	۰/۰۹۵xx	۰/۰۰۶xx	۰/۱۴۲xx	۱۳۴
خطا	۱۰	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۴	۰/۰۰۰۰۶	۰/۰۳۶
ضریب تغییرات		۰/۴۰۴	۲/۴۶	۰/۶۹۶	۱/۴۷۷
شوری	۴	۰/۰۹۰xx	۰/۰۰۸xx	۰/۱۵۱xx	۱۸۱
خطا	۱۰	۰/۰۰۰۲	۰/۰۰۰۵	۰/۰۰۰۰۷	۰/۰۲۵
ضریب تغییرات		۰/۵۳۱	۲/۹۱	۰/۷۵۵	۱/۱۶۴

xx: بیانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر سطوح مختلف تنش خشکی و شوری بر مؤلفه‌های فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی A. halimus

صفات	خشکی (bar)	شوری (bar)	
فلن کل (میلی گرم بر گرم)	۰/۶۴۲ a ۰/۵۲۳ b ۰/۳۵۲ c ۰/۲۵۱ d ۰/۰۹۱ e	۰/۱۵۴ a ۰/۰۹۹ b ۰/۰۸۲ c ۰/۰۶۸ d ۰/۰۳۳ e	۰/۴۸۷ a ۰/۴۴۱ b ۰/۲۵۳ c ۰/۱۸۳ d ۰/۰۵۸ e
کلروفیل کل (میلی گرم بر گرم)	۰/۷۸۸ e ۰/۶۴۱ d ۱۱/۰۰۵ c ۱۷/۲۸۲ b ۲۲/۲۹۶ a	۰/۶۴۲ a ۰/۵۶۰ b ۰/۳۳۰ c ۰/۲۲۸ d ۰/۱۰۵ e	۰/۱۵۴ a ۰/۱۰۱ b ۰/۰۸۰ c ۰/۰۴۷ d ۰/۰۱۴ e
کلروفیل a (میلی گرم بر گرم)	۰/۴۸۷ a ۰/۴۴۱ b ۰/۲۵۳ c ۰/۱۸۳ d ۰/۰۵۸ e	۰/۴۸۷ a ۰/۴۵۹ b ۰/۲۴۹ c ۰/۱۸۱ d ۰/۰۹۱ e	.

میانگین‌های دارای حروف متفاوت در هر ستون، از نظر آماری در سطح پنج درصد اختلاف معنی‌داری دارند (LSD).

نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد که واکنش A. halimus به سطوح مختلف تنش خشکی و شوری متفاوت بود. غلظت ۴- بار از تیمارهای آزمایشی برخلاف سایر غلظتها اثر افزایشی بر برخی از صفات مورفولوژیکی نشان داد. میزان رنگیزهای کلروفیلی در تمام سطوح تیمارهای آزمایشی تنش خشکی و شوری از روند کاهشی برخوردار بود. در مقابل میزان فلن کل با افزایش غلظتها، افزایش نشان داد. این مطالعه نشان می‌دهد؛ علی‌رغم افزایش در میزان فلن کل و نقش آن به عنوان آنتی‌اسیدان غیر آنزیمی، صفات مورفولوژیکی و محتوی کلروفیل کل در سطوح مختلف خشکی و شوری همچنان از روند کاهشی برخوردار می‌باشند. این امر نشان‌دهنده تنش بالای شوری و عدم کفايت ترکیبات فلنی در پاسخ به تنش‌ها می‌باشد. درمجموع جهت درک مکانیسم عمل صفات در A. halimus به تیمارهای تنش خشکی و شوری، پیشنهاد به آزمایش‌های تكمیلی برای بررسی تغییرات سایر صفات به‌ویژه محتوی کاروتنوئیدها، آنزیم‌های کاتالاز و پراکسیداز و غیره می‌باشد.

منابع

- اخوان مکیار، م. آذرنیوند، ح. عصاره، م.ح. جعفری، ع. طویلی، ع. ارزیابی تحمل به خشکی در چهار گونه از جنس *Agropyron trichophorum* بر شاخص‌های جوانهزنی و رشد اولیه گیاه چه، مجله پژوهش و سازندگی، ۹۸: ۴۳-۴۹.
- آخوندی، م. صفر. نژادف ع. لاهوتی، م. ۱۳۸۵. اثر تنفس خشکی بر تجمع پرولین و تغییرات عنصر از یونجه نیک شهری، یزدی و رنج. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، ۸: ۱۶۵-۱۷۴.
- آذرنیوند، ح. جوادی، م.ر. ۱۳۸۲. بررسی اثر تنفس خشکی بر جوانهزنی دو گونه مرتعی از جنس آگروپایرون. مجله بیابان، ۸ (۲): ۱۹۲-۲۰۵.
- تقی‌پور، ز. اصغری زکریا، ر. زارع، ن. شیخ زاده، پ. ۱۳۹۳. ارزیابی برخی صفات فیزیولوژیکی در جمعیت‌هایی از *Aegilops triuncialis* تحت تنفس خشکی، دو فصلنامه تحقیقات ژنتیک و اصلاح گیاهان مرتعی و جنگلی ایران، ۳: ۵۵-۶۶.
- حیدری شریف‌آباد، ح. ۱۳۸۰. گیاه و شوری، انتشارات موسسه تحقیقات جنگل و مرتع، ۹۸ صفحه.
- دادخواه، ع. ۱۳۸۹. اثر شوری بر جوانهزنی و رشد گیاه چه چهار گیاه داروی، مجله گیاهان داروئی و معطر، ۳۶۹ (۲۶): ۳۵۸-۳۶۹.
- زهتابیان، غ. جوادی، م.ر. ۱۳۸۲. بررسی اثر تنفس خشکی بر جوانهزنی سه گونه مرتعی از جنس سالسولا *Salsola richteri*, *S. rigida*, *S. dendroides*.
- سودایی زاده، ح. شمسایی، م. تجلیمیان، م. میبدی، س.ع.م. حکیم زاده، م.ع. ۱۳۹۵. بررسی تأثیر تنفس خشکی بر برخی صفات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی مرزه (*Satureja hortensis*). مجله فرآیند و کارکرد گیاهی، ۱: ۱۲-۱۵.
- صفرنژاد، ع. سلامی، م. حمیدی، ح. ۱۳۸۶. بررسی خصوصیات مورفولوژی گیاهان دارویی اسفرزه در برابر تنفس شوری. مجله پژوهش و سازندگی در منابع طبیعی، ۷۵: ۱۶۰-۱۵۲.
- صادی، الف. احمدی، ج. اصغری، ب. حسینی، س.م. ۱۳۹۳. بررسی اثر تنفس‌های خشکی و شوری بر میزان ترکیبات فنلی گیاه دارویی *Thymus vulgaris*. فصلنامه اکوفیتوشمی گیاهان دارویی، ۸ (۴): ۵۰-۶۵.
- عشقی‌زاده، ح. کافی، م. نظامی، ا. خوش‌گفتارمنش، ا.ح. ۱۳۹۳. تأثیر شوری بر وضعیت آب برگ، غلظت پرولین، قندهای محلول و فعالیت آنتی‌اکسیدانی گیاه ارزن پادزه‌ری، فصلنامه علوم و فنون کشت‌های گلخانه‌ای، ۱۸: ۱۱-۲۵.
- فابریکی اورنگ، ص. مهرآباد، ث. ۱۳۹۵. بررسی اثر تنفس خشکی و شوری بر خصوصیات مورفولوژیکی و بیوشیمیایی گیاه دارویی *Satureja hortensis*. فصلنامه اکوفیتوشمی گیاهان دارویی، ۱۵ (۳): ۲۳-۳۵.
- فلاحی، ج. عبادی، م.ت. قربانی، ر. ۱۳۸۸. اثر شوری و خشکی بر روی جوانهزنی و رشد گیاهچه‌ای مریم‌گلی کبیر. مجله تنفس‌های محیطی در علوم کشاورزی، ۱ (۱): ۶۷-۵۷.
- کریمی، ق. قربانعلی، م. حیدری شریف‌آباد، ح. عصاره، م.ح. ۱۳۸۵. بررسی مکانیسم‌های مقاومت به شوری در گونه مرتعی *Atriplex verrucifera*. مجله پژوهش و سازندگی در منابع طبیعی، ۷۳: ۴۸-۴۳.

- گلدانی، م.، سرو آزاد، ن. ۱۳۹۰. اثر تنفس خشکی بر خصوصیات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی اندام هوایی و ریشه و ماده مؤثره، همایش ملی گیاهان دارویی، ۱۵: ۱-۱۲.
- لطفی، م.، عباس زاده، ب.، میرزا، م. ۱۳۹۳. اثر تنفس خشکی بر صفات مورفولوژیک، پرولین، قندهای محلول و عملکرد ترخون (*Artemisia dracunculus*). مجله تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران، ۱۹: ۶۳-۳۰.
- میرحسینی ده آبادی، ر. ۱۳۷۳. مقایسه هشت رقم اسپرس و یونجه و بررسی واکنش اسپرس به خشکی در مزرعه. مجله پژوهش و سازندگی، ۷: ۲۵-۳۶.
- Arnon, D.I. ۱۹۴۹. Copper enzymes in isolated chloroplasts. Journal of Polyphenoloxidase in Beta plant physiol, ۲۴(۱): ۱-۱۵.
- Bates, I.S., Waldern, R.P., Teare, I.D. ۱۹۷۳. Rapid determination of free prolin for water stress studies. Plant and Soil, ۳۹: ۲۰۵-۲۰۷.
- Chen, Z., M. Zhou, A.I., Newman, J. N. Mendham, G., Zhang, S. ۲۰۰۷. Potassium and sodium relations in salinised barley tissues as a basis of differential salt tolerance. Funct. Plant Biol. ۳۴: ۱۵۰-۱۶۲.
- Chiang, L.H., Pell, R.J., Seasholtz, M.B. ۲۰۰۳. Exploring process data with the use of robust outlier detection algorithms. Journal of Process Control, ۱۳: ۴۳۷-۴۴۹.
- Cruz de Carvalho, M. ۲۰۰۸. Drought stress and reactive oxygen species. Pl. Signal. Behav, ۳: ۱۵۶-۱۶۰.
- Djanaguiramant, M., Vaidyanathan, R., Sheeba A., Durga Devi, D., Bangarusamy, U. ۲۰۰۰. Physiological response of Eucalyptus globules leaf leachate on seedling physiology of rice, *sorghum* and blackgram. International Journal of Agricultural and Biological, ۷ (۱): ۳۵-۳۸.
- Foyer, C., Lelandais, M., Kunert, K. ۱۹۹۴. Photooxidative stress in plants. Physiol. Plant. ۹۲: ۷۱۶-۷۱۷.
- Golzardi, F., Vazan, S., Moosavinia, H., Tohidloo, G. ۲۰۱۲. Effects of salt and drought stresses on germination and seedling growth of Swallow Wort (*Cynanchum acutum* L.). Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology, ۴: ۴۰۲۴-۴۰۲۹.
- Hasanuzzaman, M., Nahar, K., Gill, S.S., Fujita, M. ۲۰۱۴. Drought stress responses in plants, oxidative stress, and antioxidant defense. In: Gill, S.S., Tuteja, N. (ed.): Climate Change and Plant Abiotic Stress Tolerance ۱۸: ۲۰۹-۲۴۹.
- Huner, N.P., Hopkins, W.G. ۲۰۰۸. Introduction to Plant Physiology: Wiley, New York. Introduction to Plant Physiology: Wiley, New York.
- Kachout, S., Ben Mansoura, A., Jaffel Hamza, K., Leclerc, J. C., Rejeb, M. N., Ouerghi, Z. ۲۰۱۱. Leaf-water relations and ion concentrations of the halophyte *Atriplex hortensis* in response to salinity and water stress. Acta Physiologia Plantarum, ۳۳: ۳۳۰-۳۴۲.

- Malick, C.P., Singh, M.B. ۱۹۸۰. In Plant Enzymology and Histo Enzymology. Kalani publishers New Delhi, ۲۸۶ p.
- Marchner, H. ۱۹۹۰. Mineral Nutrition of Higher Plants, Academic Press.
- Mathew, S., Abraham, T.E. ۲۰۰۶. In vitro antioxidant activity and scavenging effects of *Cinnamomum verum* leaf extract assayed by different methodologies. Journal of Food and Chemical Toxicology, ۴۴: ۱۹۸-۲۰۶.
- Miller, G., Suzuki, N., Ciftci-Yilmaz, S. ۲۰۱۰. Reactive oxygen species homeostasis and signaling during drought and salinity stresses. Plant Cell and Enviro, ۳۲: ۴۰۳-۴۱۷.
- Sharma, M. L. ۱۹۷۳. Soil physical and physical-chemical variability induced by *Artiplex numularia*. J. Range Manage. ۲۶: ۴۲۶-۴۳۰.
- Sharma, P., Jha, A., Dubey, R., Pessarakli, M. ۲۰۱۲. Reactive oxygen species, oxidative damage, and antioxidative defense mechanism in plants under stressful conditions. J. Bot, ۱۴: ۱-۲۶.
- Werner, J.E., Finkelstein, R. ۱۹۹۰. Arabidopsis mutants with reduced response to NaCl and osmotic stresses. Phys. Planta. ۹۳: ۶۰۹-۶۱۶.
- Yoshida, S., Forno, D.A., Cock, J.H., Gomez, K.A. ۱۹۷۶. Laboratory manual for physiological studies of rice IRRI, Los Banos. Philippines.
- Zare Merjerdi, M., Bagheri, A., Bahrami, R., Nabati, J., Masoumi, A. ۲۰۱۲. Effect of drought stress on photosynthetic characteristics, phenolic compounds and radical scavenging activities in different chickpea (*Cicer arietinum* L). Genotypes in hydroponic conditions, ۲(۱۲): ۵۹-۷۷.
- Zhang, Z., Liao, L., More, J., Wu, T., Wang, Z. ۲۰۰۹. Antioxidant phenolic compounds from walnut kernels (*Juglans regia* L). Food Chemistry, ۱۳(1): ۱۰۰-۱۰۰.