

## تأثیر سطوح شوری و سیلیسیم بر برخی ویژگی‌های مورفوفیزیولوژیک گیاه دارویی خرفه (*Portulaca oleracea* L.)

زینب رحیمی<sup>۱\*</sup>، محمد کافی<sup>۲</sup>، احمد نظامی<sup>۳</sup> و حمیدرضا خزاعی<sup>۳</sup>

\*- نویسنده مسئول، دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

پست الکترونیک: zrahimi2007@yahoo.com

۲- استاد، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

۳- دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

تاریخ پذیرش: دی ۱۳۸۹

تاریخ اصلاح نهایی: دی ۱۳۸۹

تاریخ دریافت: آبان ۱۳۸۸

### چکیده

خرفه (*Portulaca oleracea* L.) گونه‌ای هالوفیت یک‌ساله می‌باشد که می‌تواند به‌عنوان سبزی، علوفه یا گیاه دارویی در شرایط شور مورد توجه قرار گیرد. سیلیسیم دومین ترکیب معدنی بعد از اکسیژن در کره زمین می‌باشد. هر چند هنوز نقش آن در گیاهان کاملاً روشن نیست، ولی اثرهای مثبتی بر عملکرد و مقاومت به تنش‌های محیطی در گیاهان داشته‌است. به منظور بررسی تأثیر سطوح مختلف شوری و سیلیسیم بر برخی پارامترهای مورفوفیزیولوژیکی گیاه خرفه آزمایشی به صورت کرت‌های خرد شده با چهار سطح شوری (۰/۶، ۷، ۱۴ و ۲۱ دسی‌زیمنس بر متر) و دو سطح سیلیسیم (عدم کاربرد و کاربرد (۱ میلی‌مولار سیلیکات سدیم)) و با سه تکرار در سال ۱۳۸۷ در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد انجام شد. نتایج نشان داد وزن تر برگ و ساقه، وزن خشک برگ، تعداد برگ و شاخه فرعی در بوته، شاخص سطح برگ، سطح ویژه برگ و ارتفاع ساقه اصلی، تا سطح شوری ۱۴ دسی‌زیمنس بر متر تفاوت معنی‌داری با شاهد نداشتند، ولی در ۲۱ دسی‌زیمنس بر متر کلرید سدیم کاهش معنی‌داری یافتند، در حالی‌که وزن ویژه برگ با افزایش شوری افزایش معنی‌داری یافت. کاربرد سیلیسیم تأثیر مثبت و معنی‌داری در تعداد برگ در بوته، ارتفاع ساقه اصلی و شاخص سطح برگ داشت. نتایج حاصل از این آزمایش نشان داد که این گیاه تا حد زیادی به شوری مقاومت دارد و می‌تواند در مناطق تحت تنش شوری به‌عنوان گیاه دارویی مورد توجه قرار گیرد. همچنین شاید بتوان از سیلیسیم به‌عنوان یک عنصر مفید در افزایش عملکرد گیاهان زراعی و همچنین افزایش مقاومت آنها به تنش‌های محیطی استفاده نمود.

واژه‌های کلیدی: خرفه (*Portulaca oleracea* L.)، برگ، ساقه، شاخساره، کلرید سدیم.

## مقدمه

امروزه گیاهان دارویی در تأمین سلامت جامعه از جایگاه خاصی برخوردارند. به طوری که تنوع شرایط آب و هوایی ایران و قدمت استفاده از گیاهان دارویی در فرهنگ مردم کشورمان، توجه پژوهشگران و مراکز تحقیقاتی را بیش از پیش به بهره‌برداری مناسب از این گیاهان ارزشمند به خود اختصاص داده است (باباخانلو و همکاران، ۱۳۷۷).

وجود عرصه‌های وسیع شور و محدودیت‌های این اراضی در جهت توسعه کشت گیاهان زراعی یکی از مشکلات جدی در کشاورزی به‌شمار می‌آید (قنبری و همکاران، ۱۳۸۵). در حال حاضر شوری خاک‌های کشاورزی افزایش یافته و آب شیرین قابل دسترس به علت بهره‌برداری بیش از حد و اتلاف آن محدود شده است (Khan & Weber, 2006). Munns (1993) گزارش کرده است که بیش از ۸۰۰ میلیون هکتار از سطح زمین‌های جهان متأثر از شوری می‌باشند و تخمین زده می‌شود که سالانه ۲۰ میلیون هکتار از اراضی، تحت تأثیر اثر منفی آن قرار می‌گیرند (Malcolm, 1991).

خرفه (*Portulaca oleracea* L.) گیاهی چهار کرینه است که به سهولت در خاک‌های اسیدی یا شور رشد می‌کند و به همین دلیل از جمله گیاهان هالوفیت است (Kumamoto *et al.*, 1990). استفاده از این گیاه به‌عنوان یک گیاه خوراکی و دارویی سابقه طولانی دارد، به طوری که در لیست سازمان بهداشت جهانی به‌عنوان گیاهی که دارای مصارف دارویی بسیاری می‌باشد، به‌عنوان «داروی همه دردها» معرفی شده است (Samy *et al.*, 2005). در چین باستان در درمان اسهال خونی،

بواسیر، در استعمال خارجی دمل، التهاب و زخم و جراحت، آگزما، گزیدگی مار و حشرات مورد استفاده قرار می‌گرفته است (Xie, 2002). این گیاه یک منبع عالی برای آنتی‌اکسیدان‌ها مانند ویتامین‌های A، C و E و بتاکاروتن می‌باشد و توانایی خنثی کردن رادیکال‌های آزاد را دارا بوده و قابلیت جلوگیری از بیماری‌های قلبی-عروقی و سرطان و بیماری‌های عفونی را دارا می‌باشد (Liu *et al.*, 2000). ساقه‌های این گیاه غنی از اسیدهای چرب امگا ۳، آلفاتوکوفرول، اسکوربیک اسید، بتاکاروتن و گلوکوتائون هستند (Simopoulos *et al.*, 1992).

سیلیسیم دومین ترکیب عنصر معدنی در خاک پس از اکسیژن بوده و تقریباً ۳۱٪ پوسته زمین را اشغال کرده است (Epstein, 1999). اگرچه سیلیسیم به‌عنوان عنصر ضروری برای رشد اکثر گیاهان معرفی نشده است، اما اثرهای سودمندی در رشد و نمو گیاهان دارد (Epstein, 1999). از اثرهای مفید سیلیسیم تعدیل اثر مضر آلومینیوم و سمیت منگنز (Hodson & Evans, 1995)، بهبود کارایی مصرف آب (Hu & Liang, 2005) و افزایش تحمل شوری (Liang *et al.*, 2003) گزارش شده است. Liang و همکاران (۲۰۰۳) اثر متقابل شوری و سیلیسیم را در جو آزمایش و نتیجه گرفتند که سیلیسیم تجمع سدیم در گیاه را کاهش می‌دهد. در محلول خاک سیلیسیم به‌صورت سیلیس حل شده (مونوسیلیسیک اسید) وجود دارد و با همین فرم جذب گیاه می‌شود (Raven, 1983). شوری باعث افزایش یون سدیم در بخش هوایی گیاهان و به‌خصوص در ریشه می‌شود، اما تغذیه با سیلیسیم در گیاه موجب کاهش غلظت این یون در بافت‌ها می‌شود.

آبیاری شد. فاکتورهای شوری و سیلیسیم در هم فاکتوریل شده و به عنوان کرت اصلی و زمان به عنوان کرت فرعی در نظر گرفته شدند.

محیط کشت جعبه‌های پلاستیکی با طول و عرض  $60 \times 40$  و با ارتفاع ۳۰ سانتی متر بود که با ماسه با قطر حدود دو میلی متری کاملاً شسته شده پُر شدند. بذرهای خرفه توده بومی مشهد با محلول وایتکس ۰.۵٪ به مدت دو دقیقه ضدعفونی شده و با تراکم نهایی ۴۸ بوته در هر جعبه در روی ۴ ردیف با فاصله ۱۰ سانتی متری از یکدیگر کشت شدند. تغذیه گیاهان با محلول هوگلند روزانه سه بار با سیستم آبیاری قطره‌ای و به کمک پمپ الکتریکی انجام می‌شد که از مرحله چهار برگی برای جلوگیری از شوک عناصر غذایی به تدریج اعمال شد. روزانه آب کاهش یافته به دلیل تبخیر و تعرق از سطح جعبه‌ها نیز جایگزین می‌گردید. تیمار شوری نیز برای جلوگیری از شوک اسمزی به تدریج از مرحله هشت برگی اعمال شد. بدین صورت که یک هفته با نصف هدایت الکتریکی مورد نظر و بعد هدایت الکتریکی کامل اعمال شد. سیلیسیم نیز یک هفته پس از اعمال تیمار کامل شوری با غلظت (یک میلی مولار) با استفاده از سیلیکات سدیم ( $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ ) اعمال شد (بندانی و عبدل‌زاده، ۱۳۸۶).

محلول غذایی هر دو هفته یکبار تعویض می‌شد و این روند تا پایان فصل رشد که ۱۱۰ روز به طول انجامید ادامه داشت. هدایت الکتریکی و pH محلول‌های غذایی هر سه روز یکبار کنترل می‌شدند. تنک کردن بوته‌ها در طی چند مرحله (چهار برگی، شش برگی و هشت برگی) انجام شده و به تراکم اصلی (۴۸ بوته در جعبه) رسانده شد. اولین نمونه برداری از

وقتی تنش شوری ایجاد می‌شود، کاهش پتانسیل اسمزی و سمیت ناشی از یون سدیم گیاه را با مشکل مواجه می‌سازد. سیلیسیم با کاهش جذب سدیم اثر سمی این یون را کاهش داده و در نتیجه بهبود رشد را سبب می‌شود (بندانی و عبدل‌زاده، ۱۳۸۶).

با توجه به مشکل شوری در مناطق خشک و نیمه‌خشک از جمله ایران، کاشت گیاهان شورزیست در این نواحی از راه‌حلهای نویدبخش برای مقابله با شوری به‌شمار می‌آید. به‌رغم این‌که خرفه، به‌عنوان یکی از مهمترین گیاهان دارویی جدید مطرح می‌باشد که از دیرباز نیز جایگاه ویژه‌ای در طب سنتی ایران داشته‌است، همچنین نیاز آبی اندکی داشته و در برابر تنش شوری نیز مقاوم می‌باشد، ولی تاکنون تحقیق مستندی در مورد جنبه‌های مورفوفیزیولوژی این گیاه انجام نشده‌است. بنابراین این پژوهش به منظور بررسی تأثیر سطوح شوری و سیلیسیم بر برخی ویژگی‌های مورفوفیزیولوژیک خرفه به‌عنوان یک هالوفیت دارویی ارزشمند انجام شد.

## مواد و روشها

این آزمایش در قالب طرح کرت‌های خرد شده در زمان در تابستان سال ۱۳۸۷ در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل چهار سطح شوری (۰/۶، ۰/۷، ۱/۴ و ۲/۱ دسی‌زیمنس بر متر) و دو سطح سیلیسیم (عدم کاربرد و کاربرد (۱ میلی مولار سیلیکات سدیم)) (بندانی و عبدل‌زاده، ۱۳۸۶) بودند که در ۹ سطح زمان و با سه تکرار مورد مطالعه قرار گرفتند. تیمار شاهد با آب شهری مشهد با شوری ۰/۶ دسی‌زیمنس بر متر

به  $1372/3$  گرم بر مترمربع کاهش یافت. این شاخص در طی زمان افزایش یافت و پس از هفتاد و نه روز پس از کاشت به حداکثر مقدار خود ( $5452$  گرم در مترمربع) رسید و پس از آن کاهش معنی داری یافت و در  $86$  روز پس از کاشت به  $3746$  گرم کاهش یافت (شکل ۱ و جدول ۲).

با افزایش شوری تا سطح  $14$  دسی‌زیمنس بر متر تفاوت معنی داری در بین تیمارها در وزن خشک برگ مشاهده نشد، اما در  $21$  دسی‌زیمنس بر متر تفاوت معنی داری یافت و از  $177/4$  گرم در مترمربع به  $109/2$  گرم در مترمربع کاهش یافت (جدول ۲). در طی زمان نیز وزن خشک برگ افزایش معنی داری یافت، پس از هفتاد و دو روز پس از کاشت به حداکثر مقدار خود ( $367/9$  گرم در مترمربع) رسید، اما تفاوت معنی داری پس از آن در این شاخص دیده نشد (جدول ۳). به طوری که بیشترین برهم‌کنش زمان و شوری پس از هفتاد و نه روز پس از کاشت و در سطح شوری  $14$  دسی‌زیمنس بر متر بدست آمد (شکل ۲).

وزن تر و خشک ساقه تا سومین سطح شوری تفاوت معنی داری با شاهد نداشتند و پس از آن کاهش معنی داری یافتند (جدول ۲). وزن تر ساقه با افزایش رشد گیاه افزایش و در انتهای فصل رشد با خشک شدن محتوی آب ساقه کاهش یافت (جدول ۳). در اثر متقابل زمان و شوری وزن تر ساقه افزایش معنی داری یافت و پس از هفتاد و نه روز پس از کاشت به بیشترین مقدار خود ( $14850$  گرم در مترمربع) رسید و پس از آن کاهش یافت (شکل ۳). وزن خشک ساقه در اثر متقابل زمان و شوری تفاوت معنی داری یافت و بیشترین مقدار آن در تیمار شاهد و پس از هشتاد و

مرحله ده برگی (یک ماه پس از کاشت و  $28$  روز پس از سبز شدن) انجام گردید و نمونه‌گیریهای بعدی هر هفته یکبار تا پایان دوره رشد که  $110$  روز به طول انجامید انجام شد. برای اندازه‌گیری و محاسبه پارامترهای (وزن تر و خشک برگ و ساقه، ارتفاع ساقه، سطح برگ و ساقه، تعداد برگ در بوته، انشعابات در ساقه اصلی، شاخص سطح برگ، وزن و سطح ویژه برگ) در هر بار نمونه‌برداری سه گیاه از هر جعبه به صورت تصادفی انتخاب و در پاکت‌های پلاستیکی قرار داده و به آزمایشگاه منتقل می‌شدند. پس از اندازه‌گیری وزن تر برگ و ساقه‌ها به صورت جداگانه، سایر شاخص‌ها نیز اندازه‌گیری و محاسبه شده و برای تعیین وزن خشک نمونه‌ها در پاکت‌های کاغذی قرار گرفته و در آون با دمای  $72$  درجه سانتی‌گراد تا پایان خشک شدن کامل نمونه‌ها (به‌علت محتوای رطوبتی بالای آنها) قرار گرفته و بعد توزین می‌شدند.

سطح برگ با استفاده از دستگاه ( Leaf Area Meter; Model LI-31 DOC) (LI-COR) اندازه‌گیری شد.

تجزیه و تحلیل با نرم‌افزار مینی‌تب در محیط ویندوز (Ver. 14.0) و مقایسه میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال  $5\%$  انجام گردید.

## نتایج

### وزن تر و خشک اندام‌های هوایی

با افزایش شوری تا  $14$  دسی‌زیمنس بر متر تفاوت معنی داری در وزن تر برگ بین تیمارها مشاهده نشد، اما در سطح شوری  $21$  دسی‌زیمنس بر متر کاهش معنی داری یافت و از  $2759/4$  گرم بر مترمربع در شاهد

خود رسید و پس از آن کاهش یافت (جدول ۳). سیلیسیم در اثر متقابل شوری و سیلیسیم فقط در تیمار شاهد اندکی این شاخص را افزایش داد، اما در سطوح شوری تفاوت معنی داری ایجاد نکرد (جدول ۵). در بررسی اثر متقابل زمان و شوری بیشترین مقدار آن در مرحله اول و در سطح شوری ۷ دسی‌زیمنس بر متر مشاهده شد (شکل ۶). به طوری که در بررسی اثر اصلی سیلیسیم مشاهده شد که کاربرد سیلیسیم تأثیر مثبت معنی داری در شاخص سطح برگ داشته است (جدول ۴).

#### وزن ویژه برگ

با افزایش شوری وزن ویژه برگ افزایش معنی داری یافت و در سطح شوری ۲۱ دسی‌زیمنس بر متر به حداکثر خود رسید ولی در سه سطح شوری پایین‌تر تفاوت معنی داری در بین آنها مشاهده نشد (جدول ۲). در طی زمان نیز این شاخص تفاوت معنی داری نیافت (جدول ۳).

#### سطح ویژه برگ

با افزایش شوری تا سطح ۱۴ دسی‌زیمنس بر متر تفاوت معنی داری در بین تیمارها مشاهده نشد و پس از آن کاهش یافت (جدول ۲). در طی زمان سطح ویژه برگ کاهش معنی داری یافت و بیشترین مقدار آن در سی روز پس از کاشت دیده شد (جدول ۳). در اثر متقابل شوری و زمان بیشترین مقدار در سطوح شوری ۷ و ۱۴ دسی‌زیمنس بر متر در سی روز پس از کاشت مشاهده شد و پس از آن کاهش معنی داری یافت (شکل ۷). کاربرد سیلیسیم در اثر متقابل شوری و سیلیسیم تا

شش روز پس از کاشت مشاهده شد (شکل ۴). کاربرد سیلیسیم در بررسی اثر متقابل شوری و سیلیسیم اندکی سبب افزایش وزن تر ساقه گردید و این افزایش در بیشترین سطح شوری بیشتر مشهود بود (جدول ۵).

#### تعداد برگ در بوته

با افزایش شوری تا سطح ۱۴ دسی‌زیمنس بر متر تفاوت معنی داری با شاهد در این پارامتر مشاهده نشد و فقط در ۲۱ دسی‌زیمنس بر متر کلرید سدیم در اثر اصلی شوری کاهش یافت (جدول ۲). با گذشت زمان طی رشد گیاهان تعداد برگ‌ها افزایش یافت و پس از هفتاد و دو روز پس از کاشت به حداکثر خود رسید و در هشتاد و شش روز پس از کاشت با رسیدن به مراحل انتهایی فصل رشد و ریزش برگ‌های گیاهان کاهش معنی داری یافت (جدول ۳). با کاربرد سیلیسیم در اثر متقابل شوری و سیلیسیم تعداد برگ‌ها افزایش یافت. اثر مثبت سیلیسیم در این پارامتر با افزایش شوری تا سطح ۱۴ دسی‌زیمنس بر متر بیشتر مشهود بود، اما در سطح شوری ۲۱ دسی‌زیمنس بر متر تفاوت معنی داری در کاربرد و عدم کاربرد آن ایجاد نشد. تعداد برگ در اثر اصلی سیلیسیم تفاوت معنی داری داشت و با کاربرد سیلیسیم افزایش معنی داری یافت (شکل ۵).

#### شاخص سطح برگ

افزایش شوری تا سطح ۱۴ دسی‌زیمنس بر متر تفاوت معنی داری در شاخص سطح برگ نشان نداد و پس از آن کاهش معنی داری مشاهده شد (جدول ۲). شاخص سطح برگ با گذشت زمان افزایش معنی داری یافت و هفتاد و دو روز پس از کاشت به حداکثر مقدار

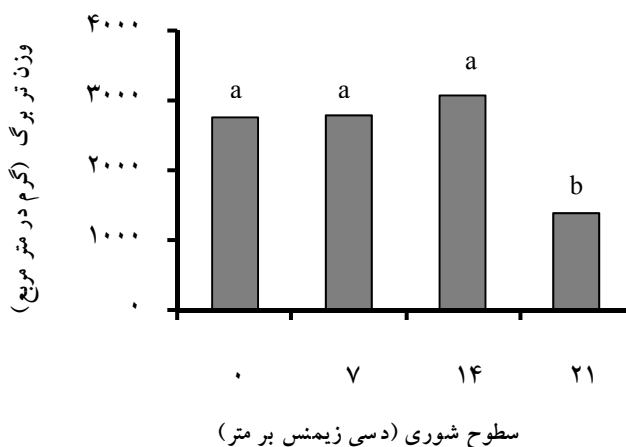
### ارتفاع ساقه اصلی

افزایش شوری تا سطح ۱۴ دسی‌زیمنس بر متر تفاوت معنی‌داری در این شاخص ایجاد نکرد و پس از آن کاهش معنی‌داری یافت (جدول ۲). ارتفاع ساقه اصلی در طی زمان افزایش یافت و پس از هفتاد و نه روز پس از کاشت به حداکثر مقدار خود رسید و پس از آن تفاوت معنی‌داری نیافت (جدول ۳). در بررسی اثر متقابل زمان و شوری نیز بیشترین مقدار آن پس از هفتاد و نه روز پس از کاشت در سطوح شوری ۷ و ۱۴ دسی‌زیمنس بر متر مشاهده شد (شکل ۹). به نحوی که کاربرد سیلیسیم تأثیر مثبت معنی‌داری در این شاخص در اثر اصلی سیلیسیم داشت (جدول ۴).

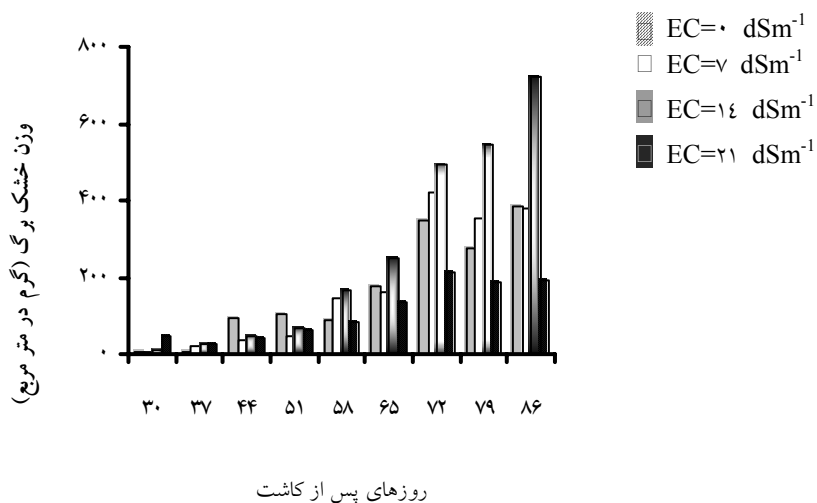
سومین سطح شوری سبب افزایش معنی‌داری در سطح ویژه برگ شد، اما تفاوت معنی‌داری در سطح شوری ۲۱ دسی‌زیمنس بر متر ایجاد نکرد (جدول ۵).

### تعداد شاخه فرعی (شاخساره)

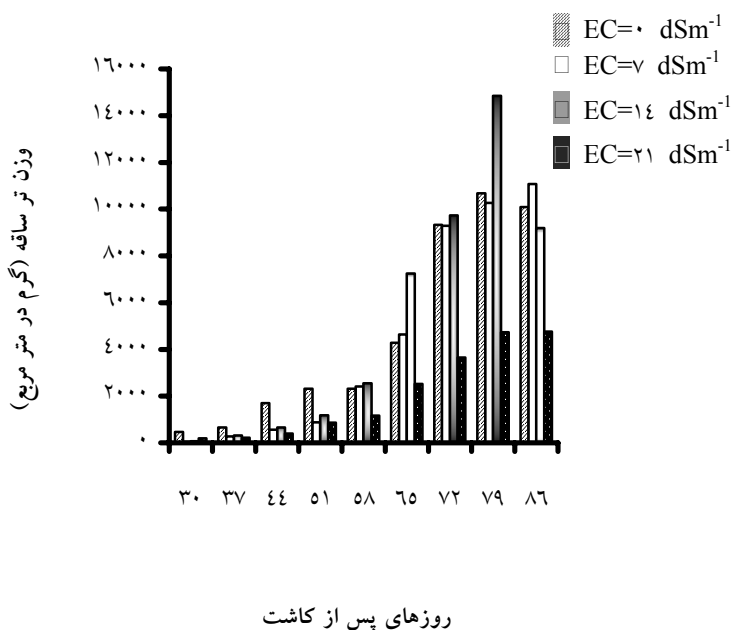
افزایش شوری تا سطح ۱۴ دسی‌زیمنس بر متر بر روی تعداد شاخه فرعی تفاوت معنی‌داری نداشت، اما در سطح ۲۱ دسی‌زیمنس بر متر کاهش معنی‌داری یافت (جدول ۲). به طوری که با گذشت زمان تعداد شاخه فرعی تا هفتاد و نه روز پس از کاشت افزایش یافت و به حداکثر خود رسید و پس از آن کاهش معنی‌داری یافت (جدول ۳). در اثر متقابل شوری و زمان بیشترین مقدار در سطح شوری ۱۴ دسی‌زیمنس بر متر پس از هفتاد و نه روز پس از کاشت مشاهده شد (شکل ۸).



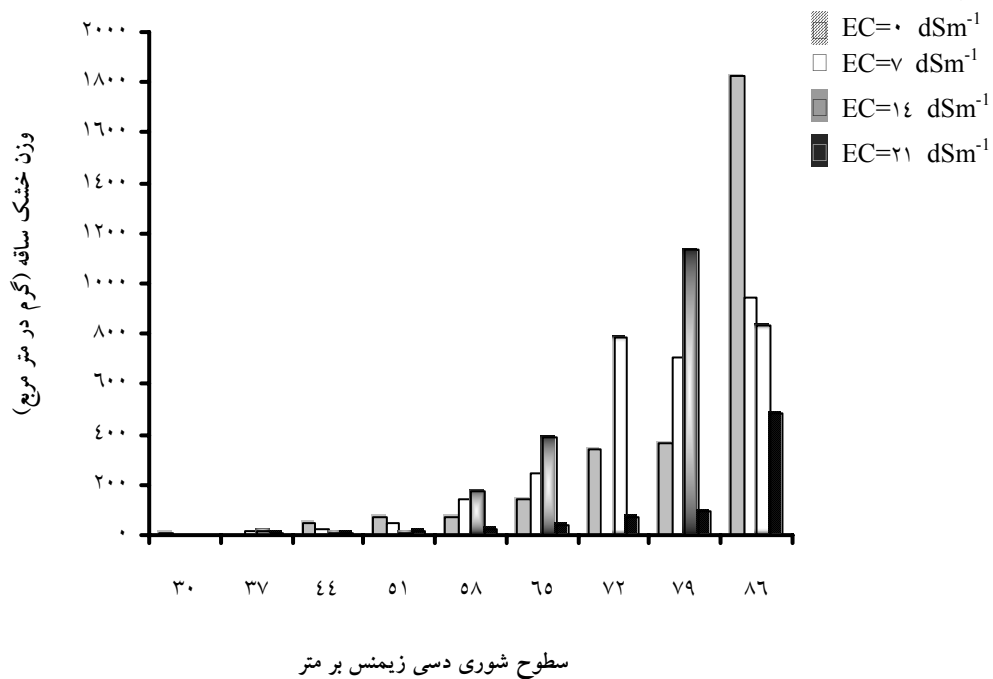
شکل ۱- اثر سطوح مختلف شوری بر وزن تر برگ گیاه خرفه (LSD = ۱۰۹۴)



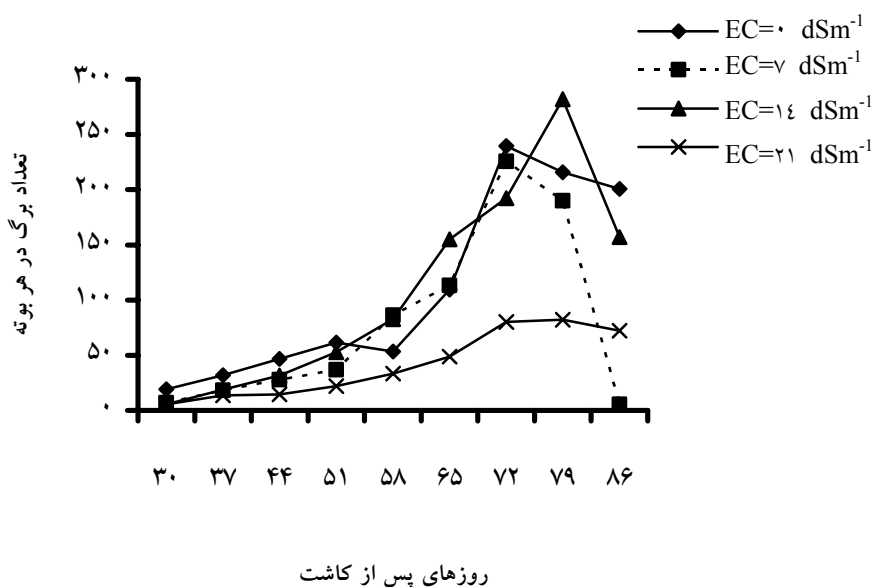
شکل ۲- برهم کنش شوری و زمان بر وزن خشک برگ خرفه (LSD = ۸۸/۴۷)



شکل ۳- برهم کنش شوری و زمان بر وزن تر ساقه خرفه (LSD = ۲۰۷۶)

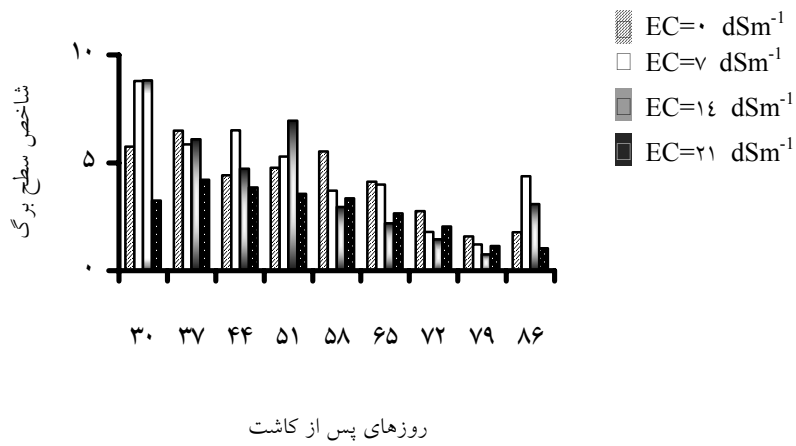


شکل ۴- برهم کنش شوری و زمان بر وزن خشک ساقه خرفه (LSD = ۵۳۰/۲)

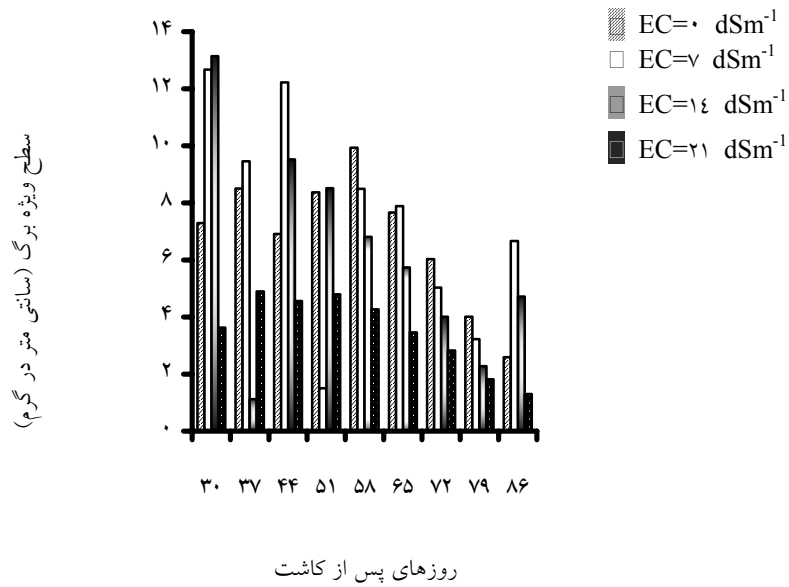


شکل ۵- برهم کنش شوری و زمان بر تعداد برگ خرفه (LSD = ۳۸/۶۲)

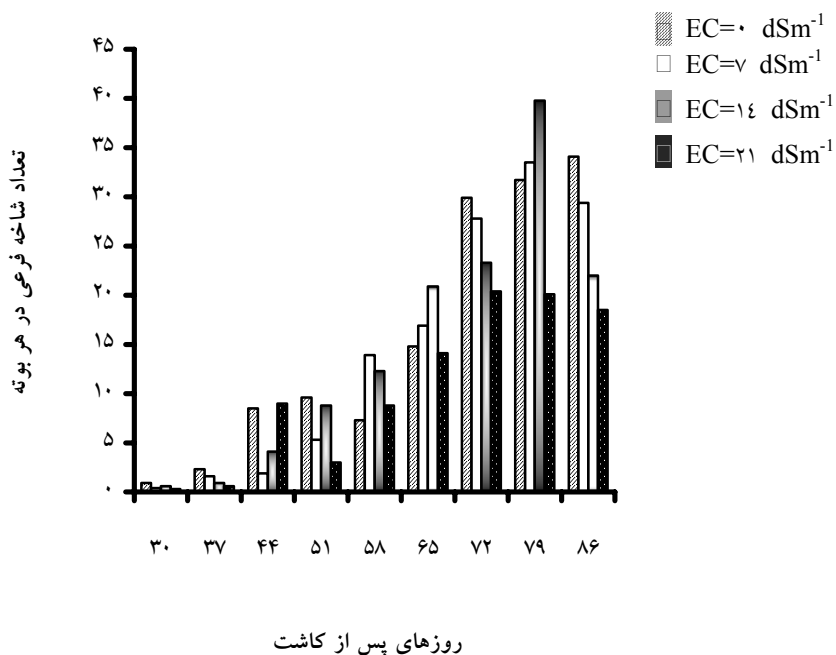




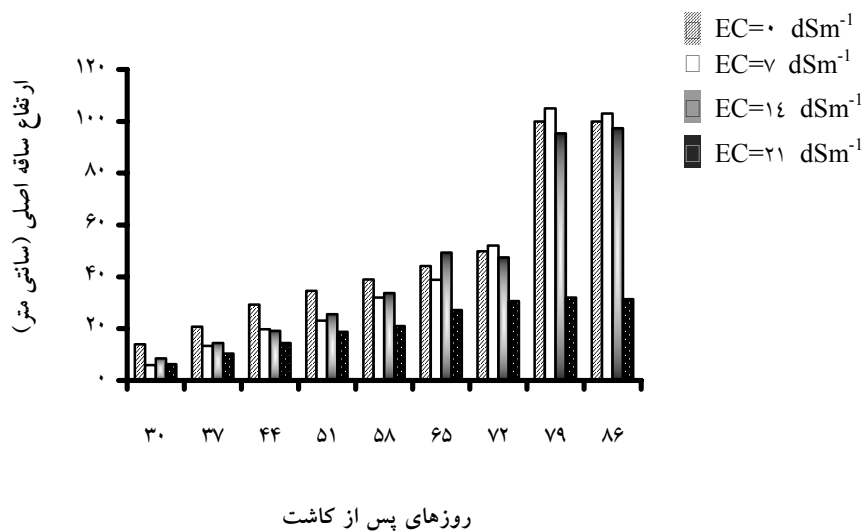
شکل ۶- برهم کنش شوری و زمان بر شاخص سطح برگ خرفه (LSD = ۱/۳۷۸)



شکل ۷- برهم کنش شوری و زمان بر سطح ویژه برگ خرفه (LSD = ۲/۳۷۱)



شکل ۸- برهم کنش شوری و زمان بر تعداد شاخه‌های فرعی (شاخساره) در هر بوته خرفه (LSD = ۶/۳۵۵)



شکل ۹- برهم کنش شوری و زمان بر ارتفاع ساقه اصلی خرفه (LSD = ۹/۳۰۲)

جدول ۱- میانگین مربعات ویژگی‌های رشد خرفه در طی فصل رشد

| منابع تغییرات    | درجه آزادی | وزن تر برگ | وزن تر ساقه | مقدار آب برگ | مقدار آب ساقه | تعداد برگ در هر بوته | شاخص سطح برگ | وزن ویژه برگ | سطح ویژه برگ | تعداد انشعابات (شاخه فرعی) | تعداد گره در ساقه اصلی | ارتفاع ساقه اصلی | وزن خشک برگ | وزن خشک ساقه |
|------------------|------------|------------|-------------|--------------|---------------|----------------------|--------------|--------------|--------------|----------------------------|------------------------|------------------|-------------|--------------|
| سیلیسیم          | ۱          | ۳۹۶۷۷۳۳    | ۶۸۶۸۹۶      | ۳۶۷۳۳۴۱      | ۴۶۲۸۰۱        | ۵۳۵۵ **              | ۸/۳۳۶ **     | ۰/۰۰۰۰۰۶۷    | ۰/۲۷         | ۶۳/۴۵                      | ۱۲/۱۶۳                 | ۳۶/۷             | ۷۲۵۵        | ۲۲۰۵۱        |
| شوری و سیلیسیم   | ۳          | ۳۱۲۶۶۶۰۳ * | ۹۹۳۴۴۴۴۱ *  | ۲۷۶۰۵۶۰۹ *   | ۸۰۸۹۱۴۵۳ *    | ۵۷۶۲۳ *              | ۱۳۴/۹۹۸ *    | ۰/۰۰۰۰۹۱۶۵ * | ۲۴۶/۳۳۳ *    | ۳۶۵/۷۴ *                   | ۲۷۰/۸۸۵ *              | ۳۸۶۹/۰ *         | ۱۲۰۶۲۷ *    | ۹۵۲۱۵۴ *     |
| خطای اصلی        | ۳          | ۶۳۱۸۱۹۳    | ۱۴۱۵۴۷۴۰ *  | ۶۱۲۷۲۹۷      | ۱۲۰۸۳۶۵۳ **   | ۳۱۲۱ **              | ۱۰/۳۸۲ *     | ۰/۰۰۰۰۲۶۱    | ۱۷/۱۱۵ *     | ۴۲/۲۸                      | ۳/۹۸۸                  | ۶۲/۶             | ۱۱۵۶۳       | ۸۳۰۹۲        |
| زمان و سیلیسیم   | ۱۴         | ۷۰۱۹۳۰۰    | ۱۴۸۸۴۲۲۰    | ۶۶۸۴۲۹۰      | ۱۵۷۷۴۱۴۸      | ۳۳۲۱                 | ۹/۵۵۴        | ۱/۰۰۰۰۲۵۱    | ۷/۸۰۸        | ۱۳۶/۴۳                     | ۱۶/۰۹۸                 | ۴۳۷              | ۱۸۶۸۸       | ۳۴۴۷۷۱       |
| زمان و سیلیسیم   | ۸          | ۸۷۹۳۰۳۶۴ * | ۳۷۶۲۱۹۳۶۸ * | ۷۵۶۹۱۲۷۳ *   | ۳۲۰۱۴۱۴۹۷ *   | ۱۲۸۸۳۸ *             | ۱۹۳/۶۳۱ *    | ۰/۰۰۰۱۶۳۵ *  | ۱۲۳/۵۳۳ *    | ۳۳۰/۱۹۴                    | ۳۲۴/۹۰۵ *              | ۸۸۶۲/۴ *         | ۴۸۸۶۰۶ *    | ۲۹۲۳۶۷۲ *    |
| زمان و سیلیسیم   | ۸          | ۸۱۱۳۶۳     | ۲۰۲۱۹۳۲     | ۷۵۳۱۷۴       | ۱۴۵۶۴۷۶       | ۹۵۰                  | ۰/۸۸۹        | ۰/۰۰۰۰۳۰۴    | ۱/۴۱۲        | ۱۵/۶۲                      | ۲/۵۴۳                  | ۱۰۶/۰            | ۱۳۶۲        | ۵۵۳۷۲        |
| زمان و شوری      | ۲۴         | ۳۲۹۱۱۴۹    | ۱۶۵۰۹۳۴۴ *  | ۳۰۹۷۸۶۷      | ۱۳۵۴۲۱۰۹      | ۶۸۳۳ *               | ۱۰/۷۱۰ *     | ۰/۰۰۰۰۷۸۱ *  | ۱۵/۹۳۲ *     | ۸۱/۲۵ *                    | ۱۱/۱۴۹ *               | ۷۷۲/۹ *          | ۲۶۰۱۲ *     | ۳۷۹۸۱۴ *     |
| خطای اصلی و شوری | ۲۴         | ۲۷۳۰۳۸۴    | ۷۱۷۹۵۳۶ *   | ۲۶۰۵۶۹۹      | ۶۴۶۸۱۵۳       | ۱۵۵۷                 | ۲/۲۶۸        | ۰/۰۰۰۰۲۶۷    | ۳/۴۴۲        | ۳۲/۹۶                      | ۴/۱۹۰ *                | ۸۰/۷             | ۶۴۲۱        | ۳۱۰۰۰ *      |
| خطای فرعی        | ۱۲۸        | ۳۷۸۸۶۹۳    | ۳۳۰۲۸۷۷     | ۳۶۸۴۳۲۴      | ۳۱۷۱۵۳۸       | ۱۱۴۳                 | ۱/۴۵۴        | ۰/۰۰۰۰۴۱۸    | ۴/۳۰۸        | ۳۰/۹۵                      | ۱/۹۸۲                  | ۹۶/۶             | ۵۹۹۸        | ۲۱۵۳۷۷       |

\* و \*\* به ترتیب معنی دار بودن در سطح ۰.۵٪ و ۱٪ را نشان می‌دهند.

جدول ۲- مقایسه‌های میانگین ویژگی‌های رشدی خرفه در طی فصل رشد در سطوح مختلف شوری

| ۲۱       | ۱۴       | ۷        | ۰        | سطوح شوری ( $\text{dSm}^{-1}$ )               |
|----------|----------|----------|----------|---|
| ۲۰۵۷/۵ b | ۵۰۹۰/۰ a | ۴۳۸۲/۱ a | ۴۶۴۷/۸ a | وزن تر ساقه ( $\text{g m}^{-2}$ )             |
| ۱۰۹/۲ b  | ۲۲۴/۲ a  | ۱۷۴/۳ a  | ۱۷۷/۴ a  | وزن خشک برگ ( $\text{g m}^{-2}$ )             |
| ۸۰/۹ b   | ۳۸۳/۵ a  | ۳۱۲/۶ ab | ۳۲۰/۱ ab | وزن خشک ساقه ( $\text{g m}^{-2}$ )            |
| ۴۱/۵ b   | ۱۰۸/۷ a  | ۱۰۲/۱ a  | ۱۰۸/۷ a  | تعداد برگ در بوته                             |
| ۱/۵۵۴ b  | ۴/۷۰۱ a  | ۴/۴۴۷ a  | ۴/۹۲۸ a  | شاخص سطح برگ                                  |
| ۰/۰۱۶ b  | ۰/۰۰۸ a  | ۰/۰۰۷ a  | ۰/۰۰۷ a  | وزن مخصوص برگ ( $\text{g cm}^{-2}$ )          |
| ۳/۴۶۲ b  | ۷/۲۱ a   | ۸/۴۶۲ a  | ۶/۸۱۵ a  | سطح مخصوص برگ ( $\text{cm}^2 \text{g}^{-1}$ ) |
| ۹/۶ b    | ۱۴/۸ a   | ۱۴/۵ a   | ۱۵/۱ a   | تعداد شاخه فرعی (انشعابات) در بوته            |
| ۲۱/۳۹ b  | ۴۴/۴۹ a  | ۴۳/۸۰ a  | ۴۸/۰۶ a  | ارتفاع ساقه اصلی (cm)                         |

در هر ردیف میانگین‌های دارای حروف غیرمشترک دارای اختلاف معنی‌دار در سطح ۰.۵٪ در آزمون دانکن می‌باشند.

جدول ۳- مقایسه‌های میانگین ویژگی‌های رشد خرفه در طی فصل رشد در زمان‌های مختلف نمونه‌برداری

| ۸۶       | ۷۹        | ۷۲       | ۶۵       | ۵۸       | ۵۱        | ۴۴      | ۳۷       | ۳۰      | روزهای پس از کاشت                   |
|----------|-----------|----------|----------|----------|-----------|---------|----------|---------|-------------------------------------|
| ۳۷۴۶ b   | ۵۰۵۱ a    | ۵۴۵۲ a   | ۲۸۹۶ bc  | ۱۸۷۱ cd  | ۱۱۸۳ def  | ۱۵۸۰ de | ۵۰۳/۳ ef | ۱۷۳/۷ f | وزن تر برگ ( $\text{g m}^{-2}$ )    |
| ۸۷۸۱/۰ b | ۱۰۱۳۰/۰ a | ۸۰۰۰/۰ b | ۴۶۷۴/۰ c | ۲۱۱۷/۰ d | ۱۳۱۰/۰ de | ۸۲۸/۸ e | ۳۷۰/۶ e  | ۱۸۸/۱ e | وزن تر ساقه ( $\text{g m}^{-2}$ )   |
| ۳۴۴/۷ a  | ۳۳۹/۸ a   | ۳۶۷/۹ a  | ۱۸۰/۷ b  | ۱۲۱/۶ c  | ۶۹/۸ d    | ۵۳/۹ d  | ۳۳/۴ d   | ۲۹/۷ d  | وزن خشک برگ ( $\text{g m}^{-2}$ )   |
| ۱۰۲۳/۰ a | ۵۷۵/۴ b   | ۴۶۸/۵ b  | ۲۰۲/۶ c  | ۱۰۱/۸ c  | ۵۲/۲ c    | ۲۸/۷ c  | ۱۳/۱ c   | ۳/۴ c   | وزن خشک ساقه ( $\text{g m}^{-2}$ )  |
| ۱۵۴/۹ b  | ۱۹۸/۴ a   | ۱۸۴/۶ a  | ۱۰۶/۶ c  | ۶۳/۹ d   | ۴۳/۴ e    | ۳۰/۲ ef | ۲۰/۸ fg  | ۹/۳ g   | تعداد برگ در بوته                   |
| ۳۱۲/۶ b  | ۴۰۴/۰ a   | ۴۴۰/۳ a  | ۲۳۴/۷ c  | ۱۶۲/۳ d  | ۱۱۲/۳ e   | ۸۶/۶ ef | ۵۲/۱ fg  | ۱۷/۱ g  | شاخص سطح برگ                        |
| ۰/۰۱۵ a  | ۰/۰۱۱ a   | ۰/۰۱۱ a  | ۰/۰۰۹ a  | ۰/۰۰۸ a  | ۰/۰۰۸ a   | ۰/۰۰۷ a | ۰/۰۰۷ a  | ۰/۰۰۷ a | وزن ویژه برگ ( $\text{g cm}^{-2}$ ) |
| ۳/۸۲۲    | ۲/۸۳۵     | ۴/۴۷۶    | ۶/۱۹۰    | ۷/۲۷۹    | ۷/۹۴۷     | ۸/۳۰۵   | ۸/۲۴۵    | ۹/۱۸۵   | سطح ویژه برگ ( $\text{cm g}^{-1}$ ) |
| ۲۶/۰ b   | ۳۱/۳ a    | ۲۵/۳ b   | ۱۶/۷ c   | ۱۰/۶ d   | ۶/۷ e     | ۳/۲ f   | ۱/۳ f    | ۰/۵ f   | تعداد شاخه فرعی (انشعابات) در بوته  |
| ۸۳/۷ b   | ۸۵/۰ a    | ۴۵/۰ b   | ۳۹/۹ b   | ۳۱/۵ c   | ۲۵/۶ d    | ۲۰/۷ d  | ۱۴/۸ e   | ۸/۷ f   | ارتفاع ساقه اصلی (cm)               |

در هر ردیف میانگین‌های دارای حروف غیرمشترک دارای اختلاف معنی‌دار در سطح ۰.۵٪ در آزمون دانکن می‌باشند.

جدول ۴- مقایسه‌های میانگین عامل‌های رشد خرفه در طی فصل رشد در سطوح مختلف سیلیسیم

| ۱       | ۰       | سطوح سیلیسیم (mM)     |
|---------|---------|-----------------------|
| ۹۵/۲ a  | ۸۵/۳ b  | تعداد برگ در بوته     |
| ۴/۱۰۴ a | ۳/۷۱۱ b | شاخص سطح برگ          |
| ۴۰/۵۴ a | ۳۸/۳۴ b | ارتفاع ساقه اصلی (cm) |

در هر ردیف میانگین‌های دارای حروف غیرمشترک دارای اختلاف معنی‌دار در سطح ۰.۵٪ در آزمون دانکن می‌باشند.

جدول ۵- مقایسه‌های میانگین عامل‌های رشد خرفه در طی فصل رشد در اثر متقابل شوری و سیلیسیم

| سطوح شوری ( $\text{dSm}^{-1}$ ) |         | ۰        |         | ۷        |          | ۱۴       |          | ۲۱ |   | سطوح سیلیسیم (mM)                    |
|---------------------------------|---------|----------|---------|----------|----------|----------|----------|----|---|--------------------------------------|
| ۱                               | ۰       | ۱        | ۰       | ۱        | ۰        | ۱        | ۰        | ۱  | ۰ |                                      |
| ۲۲۴۹ bc                         | ۱۸۶۶ c  | ۴۳۸۹ ab  | ۵۷۹۱ a  | ۴۷۲۰ ab  | ۴۰۴۴ abc | ۵۰۴۵ a   | ۴۲۵۱ abc |    |   | وزن تر ساقه ( $\text{g m}^{-2}$ )    |
| ۴۵/۹ b                          | ۳۷/۱ b  | ۱۰۳/۸ a  | ۱۱۳/۵ a | ۱۰۹/۰ a  | ۹۵/۲ a   | ۱۲۲/۲ a  | ۹۵/۲ a   |    |   | تعداد برگ در هر بوته                 |
| ۱/۶۷۴ b                         | ۱/۴۳۵ b | ۴/۴۷۴ a  | ۴/۹۲۸ a | ۴/۵۲۸ a  | ۴/۳۶۶ a  | ۵/۷۴ a   | ۴/۱۱۷ ab |    |   | شاخص سطح برگ                         |
| ۰/۰۱۷ a                         | ۰/۰۱۵ a | ۰/۰۰۷ b  | ۰/۰۰۸ b | ۰/۰۰۷ b  | ۰/۰۰۷ b  | ۰/۰۰۷ b  | ۰/۰۰۷ b  |    |   | وزن مخصوص برگ ( $\text{g cm}^{-2}$ ) |
| ۳/۴۴۷ c                         | ۳/۴۷۶ c | ۷/۷۷۱ ab | ۶/۶۴۹ b | ۷/۷۳۱ ab | ۹/۱۹۳ a  | ۷/۱۴۱ ab | ۶/۴۸۹ b  |    |   | سطح مخصوص برگ ( $\text{cm g}^{-1}$ ) |
| ۲۱/۶۵ b                         | ۲۱/۱۴ b | ۴۳/۳۳ a  | ۴۵/۶۵ a | ۴۷/۰۲ a  | ۴۰/۵۹ a  | ۵۰/۱۴ a  | ۴۵/۹۷a   |    |   | ارتفاع ساقه اصلی (cm)                |

در هر ردیف میانگین‌های دارای حروف غیرمشترک دارای اختلاف معنی‌دار در سطح ۰.۵٪ در آزمون دانکن می‌باشند.

## بحث

از دلایل کاهش رشد گیاه در محیط شور، تجمع یون‌های سمی نظیر سدیم و کلر در بافت‌های گیاهی می‌باشد که سبب کاهش فعالیت‌های آنزیمی و تغییر الگوی توزیع کربوهیدرات‌ها می‌شود (طبایی عقداپی، ۱۳۷۹). اما گیاهان هالوفیت با مکانیسم‌های خاصی مثل تقسیم‌بندی یون‌ها در واکوئل‌هایشان تا حد زیادی از کاهش رشد در شرایط شور جلوگیری کرده و حتی برخی از آنها در این شرایط به حداکثر رشد خود خواهند رسید (Gorham, 1996). به عنوان مثال، در گونه‌ای آرتروکنوم (*Arthrocnemum macrostachyum*) از خانواده چغندر، وزن تر اندام هوایی تا شوری ۴۰۰ میلی‌مولار افزایش ولی در ۸۰۰ میلی‌مولار کاهش معنی‌داری یافت. همچنین شوری تأثیر معنی‌داری بر وزن خشک ساقه و برگ گذاشت. وزن خشک اندام هوایی در شوری‌های ۲۰۰ و ۴۰۰ میلی‌مولار به حداکثر خود رسید و نسبت به شاهد (بدون شوری) دو برابر شد (Gorham, 1996). در سوئدا فروتیکوزا (*Suaeda fruticosa*) وزن خشک اندام هوایی تا شوری ۲۰۰ و ۴۰۰ مول در مترمکعب افزایش یافت، ولی عملکرد اندام هوایی با شوری بیشتر کاهش یافت

(Khan et al., 2000). عدم تفاوت معنی‌دار تا سطح

شوری ۱۴ دسی‌زیمنس بر متر کلرید سدیم در وزن تر و خشک برگ و ساقه خرفه نیز در این آزمایش مؤید آن است که این گیاه تا حد زیادی به شوری مقاومت داشته و توانسته‌است بیومس مناسبی را در شرایط شور تولید کند. از دلایل کاهش فراهمی مواد فتوسنتزی در گیاهان تحت تنش، کم شدن سطح فتوسنتزکننده به دلیل کاهش تعداد و اندازه برگ است (Jefferies et al., 1979؛ امام و نیک‌نژاد، ۱۳۸۳). با کاهش سطح اندام‌های فتوسنتزکننده (برگ‌ها) و کاهش میزان فتوسنتز در محیط شور تولید ماده خشک اندام‌های رویشی گیاه کاهش می‌یابد (Gorham, 1996). شوری بر شاخص سطح برگ گیاهان دیگر نیز تأثیر منفی داشته‌است. به عنوان مثال، شاخص سطح برگ گلرنگ و گندم نیز با افزایش شوری در تمام مراحل رشد کاهش یافتند (کامکار، ۱۳۷۹؛ یزدی، ۱۳۸۳؛ امام و نیک‌نژاد، ۱۳۸۳). به نظر می‌رسد کاهش شاخص سطح برگ در گیاه مخصوصاً در مراحل آغازی رشد به علت کاهش توانایی جذب آب توسط گیاه به واسطه تنش اسمزی حاصل از شوری باشد، در حالی‌که در مراحل بعدی احتمالاً تجمع عناصر در اندام‌های هوایی افزایش

ایجاد کرده و بیشترین ارتفاع بوته مربوط به شاهد و کمترین ارتفاع بوته مربوط به سطح شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر می‌باشد (مکی‌زاده تفتی و همکاران، ۱۳۸۷). تحقیقات نشان می‌دهد در اثر تنش شوری ارتفاع گیاه و سطح برگ خیلی سریع تر از سایر پارامترهای فنولوژیکی کاهش می‌یابد، زیرا تجمع ماده خشک، حاصل میزان فتوسنتز خالص و سطح فتوسنتزکننده گیاهی می‌باشد (میرمحمدی میبدی و قره‌یاضی، ۱۳۸۱). در گیاه کوشیا (*Kochia prostrata*) که متحمل به شوری می‌باشد، ارتفاع ساقه در شوری‌های پایین تغییری نکرد و تنها در شوری‌های بالا کاهش معنی‌داری یافت (Karimi et al., 2005).

با توجه به نتایج فوق می‌توان به این جمع‌بندی رسید که گیاه خرفه این پتانسیل را داراست که به‌عنوان یک گیاه هالوفیت دارویی ارزشمند در مناطق دارای محدودیت آب و خاک مناسب کشاورزی مورد توجه قرار گیرد. همچنین شاید به‌توان از سیلیسیم به‌عنوان یک عنصر مفید در افزایش عملکرد گیاهان زراعی و همچنین افزایش مقاومت آنها به تنش‌های محیطی استفاده کرد.

### منابع مورد استفاده

- امام، ی. و نیک‌نژاد، م.، ۱۳۸۳. مقدمه‌ای بر فیزیولوژی عملکرد گیاهان زراعی (ترجمه). انتشارات دانشگاه شیراز، شیراز، ۵۷۶ صفحه.
- باباخانلو، پ.، میرزا، م.، سفیدکن، ف.، احمدی، ل.م.، برازنده، م. و عسگری، ف. ۱۳۷۷. تحقیقات گیاهان دارویی و معطر، جلد اول، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع، ۲۰۰ صفحه.
- بندانی، م. و عبدل‌زاده، ا.، ۱۳۸۶. اثر تغذیه سیلیکون در تحمل به شوری گیاه پوکسینلیا دیستنس (*Puccinellia distans*). علوم کشاورزی و منابع طبیعی، ۱۴(۳): ۱۱۹-۱۱۱.
- طبایی‌عقدایی، س.ر.، ۱۳۷۹. بررسی بیان ژن در واکنش به تنش‌های محیطی در سه گونه گراس مرتعی. پژوهش و سازندگی، ۱۳(۱): ۴۷-۴۴.

یافته و باعث پیری زودرس برگ‌ها و ریزش آنها شده و بدنبال آن سطح برگ گیاه کاهش می‌یابد (یزدی، ۱۳۸۳). از دلایل افزایش وزن ویژه برگ با افزایش سطوح شوری، افزایش تجمع یون سدیم در برگ‌ها می‌باشد و هر چه وزن ویژه برگ بیشتر باشد از مقدار مواد آلی برگ کم شده و وزن مواد معدنی و یون‌های سمی جایگزین آنها شده و کارایی فتوسنتزی برگ پایین می‌آید که می‌تواند علت کاهش رشد گیاه در تنش شدید شوری باشد. در گیاهان دیگر نیز همانند خرفه با افزایش شوری سطح ویژه برگ کاهش یافته‌است. مثلاً در گیاه چغندر علوفه‌ای سطح ویژه برگ با افزایش شوری ۴۷٪ و در چغندر قند ۳۶٪ کاهش یافت (Niazi, 2007). با افزایش شوری، از رشد برگ کاسته شده و سطح ویژه برگ کاهش می‌یابد و می‌تواند از علت‌های اصلی کاهش رشد گیاه در تنش شوری باشد، که البته هر چه گیاه به شوری مقاوم‌تر باشد، این کاهش دیرتر رخ می‌دهد. گیاه خرفه تا حد زیادی به تنش شوری مقاومت نشان داد و تا حد زیادی سطح ویژه برگ خود را در حد بالایی نگه داشت.

کاهش رشد و ارتفاع گیاه از اثرهای مشهود شوری بر گیاهان رشد یافته در این محیط می‌باشد (امام و نیک‌نژاد، ۱۳۸۳). علت کاهش ارتفاع بوته تأثیر شوری بر سطح برگ و کاهش آن به‌خصوص در اواخر رشد رویشی و پس از ورود گیاه به مرحله گلدهی می‌باشد که برگ‌ها به تدریج از پایین شروع به ریزش نمودند (نبی‌زاده، ۱۳۸۱). در تحقیق مشابهی روی گیاه خرفه در ۷۰ میلی‌مولار کلرید سدیم اثری بر روی طول اندام هوایی خرفه دیده نشد. هر چند طول اندام هوایی در ۱۴۰ میلی‌مولار در ۱۸ و ۳۰ روز بعد کاهش یافت (Yazici et al., 2007). در اثر تنش شوری ارتفاع بوته گیاه زیره سبز نیز به‌طور معنی‌داری کاهش یافت (نبی‌زاده، ۱۳۸۱). شوری کاهش معنی‌داری در ارتفاع گیاه گاوزبان

- Khan, M.A., Ungar, I.A. and Showalter, A.M., 2000. The effect of salinity on the growth, water status, and ion content of a leaf succulent perennial halophyte, *Suaeda fruticosa* (L.) Forssk. *Journal of Arid Environments*, 45(1): 73-84
- Kumamoto, J., Scora, R.W., Clerx, W.A., M. Matsumura, Layfield, D. and Grieve, C.M., 1990. Purslane: a potential new vegetable crop rich in omega-3 fatty acid with controllable sodium chloride content: 229-233. In: Naqvi, H.H., Estilai, A., Ting, I.P. (Eds.). *Proceedings of the First International Conference on New Industrial Crops and Products*, Riverside.
- Liang, Y.C., Chen, Q., Liu, Q., Shang, W.H. and Ding, R.X., 2003. Exogenous silicon (Si) increases antioxidant enzyme activity and reduces lipid peroxidation in roots of salt-stressed barley (*Hordeum vulgare* L.). *Journal of Plant Physiology*, 160: 1157-1164.
- Liu, L., Howe, P., Zhou, Y.F., Xu, Z.Q., Hocart, C. and Zhang, R., 2000. Fatty acids and  $\beta$ -carotene in Australian purslane (*Portulaca oleracea*) varieties. *Journal of Chromatography A*, 893(1): 207-213.
- Malcolm, C.V., 1991. The potential of halophytes for rehabilitation of degraded lands. *Proceeding of Workshop on Productive Use of Saline Land*, Perth, Western Australia, 10-14 May: 8-11.
- Munns, R., 1993. Physiological processes limiting plant growth in saline soils: some dogmas and hypotheses. *Plant cell and Environment*, 16(1): 15-24.
- Niazi, B.H., 2007. The Response of Fodder beet to Salinity: Introduction of a non-conventional fodder crop (Fodder beet) to salt affected lands of Pakistan. PhD-thesis, Vrije Universiteit, Amsterdam.
- Raven, J.A., 1983. The transport and function of silicon in plants. *Biological Reviews*, 58(2): 179-207.
- Samy, J., Sugumaran, M., Lee, K.L.W. and Wong, K.M., 2005. Herbs of Malaysia: An Introduction to the medicinal, culinary, aromatic and cosmetic use of herbs. Selangor: Federal Publications, 244p.
- Simopoulos, A.P., Norman, H.A., Gillasp, J.E. and Duke, J.A., 1992. Common purslane: a source of omega-3 fatty acids and antioxidants. *Journal of the American College of Nutrition*, 11(4): 374-382.
- Xie, Z.F., 2002. *Classified Dictionary of Traditional Chinese Medicine*. Foreign Languages Press, Beijing, China, 1057p.
- Yazici, I., Turkan, I., Sekmen, A.H. and Demiral, T., 2007. Salinity tolerance of purslane (*Portulaca oleracea* L.) is achieved by enhanced antioxidative system, lower level of lipid peroxidation and proline accumulation. *Environmental and Experimental Botany*, 61(1): 49-57.
- قنبری، ا.، حیدری، م.، فخریه، ا. و سارانی، ش.ا.، ۱۳۸۵. بررسی تحمل شوری ۴ گونه *Atriplex* در شرایط اکولوژیکی زاهدان. تحقیقات ژنتیک و اصلاح گیاهان مرتعی و جنگلی ایران، ۱۴(۴): ۲۵۰-۲۴۱.
- کامکار. ب.، ۱۳۷۹. تعیین حساسترین دوره فنولوژیک و تغییرات فیزیولوژیک گندم تحت شرایط تنش شوری. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه فردوسی مشهد.
- مکی‌زاده تفتی، م.، توکل‌افشاری، ر.، مجنون‌حسینی، ن. و نقدی‌بادی، ح.ع.، ۱۳۸۷. بررسی تحمل به شوری و میزان جذب املاح گیاه گاوزبان (*Borago officinalis* L.). تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران، ۲۴(۳): ۲۶۲-۲۵۳.
- میرمحمدی میبدی، س.ع.م. و قره‌یاضی، ب.، ۱۳۸۱. جنبه‌های فیزیولوژیک و به‌نژادی تنش شوری گیاهان. انتشارات دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ۲۸۸ صفحه.
- نبی‌زاده مروست، م.ر.، ۱۳۸۱. اثرات شوری بر رشد، عملکرد، تجمع املاح و درصد اسانس زیره سبز. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه فردوسی مشهد.
- یزدی، م.، ۱۳۸۳. ارزیابی تحمل به شوری ارقام گلرنگ با استفاده از آب شور. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه فردوسی مشهد.
- Epstein, E., 1999. Silicon. *Annuals Review Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, 50: 641-664.
- Gorham, J., 1996. Mechanisms of Salt Tolerance of Halophytes: 31-53. In: Choukr-Allah, R., Malcolm, C.V. and Hamdy, A., (Eds.). *Halophytes and Biosaline Agriculture*. Marcel Dekker, New York, 400p.
- Hodson, M.J. and Evans, D.E., 1995. Aluminium/silicon interactions in higher plants. *Journal of Experimental Botany*, 46(2): 161-171.
- Hu, Y. and Schmidhalter, U., 2005. Drought and salinity: a comparison of their effects on mineral nutrition of plants. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 168: 541-549.
- Jefferies, R.L., Davy, A.J. and Rudmik, T., 1979. The Growth Strategies of Coastal Halophytes: 243-263. In: Jefferies, R.L. and Davy, A.A., (Eds.). *Ecological Pocesess Coastal Environments*. Blackwell, oxford, 672p.
- Karimi, G., Ghorbanli, M., Heidari, H., Khavari Nejad, R.A. and Assareh, M.H., 2005. The effects of NaCl on growth, water relations, osmolytes and ion content in *Kochia prostrate*. *Journal Biologia Plantarum*, 49(2): 301-304.
- Khan, M.A. and Weber, D.J. 2006. *Ecophysiology of High Salinity Tolerant Plants (Tasks for Vegetation Science)*. Springer, Netherlands, 399p.

## Effect of salinity and silicon on some morphophysiological characters of purslane (*Portulaca oleracea* L.)

Z. Rahimi<sup>1\*</sup>, M. Kafi<sup>2</sup>, A. Nezami<sup>2</sup> and H.R. Khozaie<sup>2</sup>

1\*- Corresponding author, Faculty of Agronomy and Plant Breeding, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran, E-mail: zrahimi2007@yahoo.com.

2- Faculty of Agronomy and Plant Breeding, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

Received: November 2009

Revised: December 2010

Accepted: December 2010

### Abstract

Purslane (*Portulaca oleracea* L.) is an annual salt-tolerant species, which could be considered as vegetable, fodder or medicinal plant in saline conditions. Silicon is the second mineral element in the earth's crust after oxygen. Although its role is not so clear in plant nutrition, silicon has positive effects on plant's yield and resistance to biotic and abiotic stresses. In order to study the effects of salinity and silicon application on some morphophysiological parameters of purslane (*Portulaca oleracea* L.), a greenhouse experiment was conducted at Ferdowsi University of Mashhad in a split-plot arrangement based on completely randomized block design with 3 replications during summer 2008. Four salinity levels of NaCl (0.6, 7, 14, 21 dS/m) were in main plots and two silicon levels (application of one mMol sodium silicate and not application) allocated to the subplots. The results showed that salinity up to 14 dS/m did not impose any significant differences in fresh and dry weight of leaves and stem, number of leaves, branches, leaf area index, specific leaf area and height of main stem compared with control but at 21 dS/m salinity all the above mentioned parameters decreased significantly, while specific leaf weight increased with increasing salinity. Application of silicon had a positive effect on number of leaves per plant, leaf area index and height of main stem. The results indicated that purslane (*Portulaca oleracea* L.) could sufficiently tolerate saline conditions and can be considered as a medicinal plant in saline soils and arid regions. Also silicon application may improve plant's yield and tolerance to environmental stresses.

**Key words:** *Portulaca oleracea* L., leaf, stem, foliage branch, NaCl.