تحقیقات آب و خاک ایران، دوره ۴۹، شماره ۳، مرداد و شهریور ۱۳۹۷ (ص ۶۵۱-۶۴۱) DOI: 10.22059/ijswr.2017.236843.667714

تأثیر مقدار و شوری آب بر شوری خاک و رشد و غلظت عناصر غذایی اسفناج در گلدان

افسانه عالی نژادیان بیدآبادی[1*]، مریم حسنی[2]، عباس ملکی[3]

۱. استادیار گروه علوم و مهندسی خاک دانشکده کشاورزی دانشگاه لرستان، خرم‌آباد

۲. دانش‌آموخته کارشناسی ارشد علوم و مهندسی خاک دانشکده کشاورزی دانشگاه لرستان، خرم‌آباد

۳. استادیار گروه مهندسی آب دانشکده کشاورزی دانشگاه لرستان، خرم‌آباد

(تاریخ دریافت: ۱/ ۵/ ۱۳۹۶- تاریخ بازنگری: ۲۱/ ۶/ ۱۳۹۶- تاریخ تصویب: ۳۰/ ۷/ ۱۳۹۶)

چکیده

پژوهش حاضر با هدف بررسی تأثیر سطوح شوری آب آبیاری، ۰/۵ dSm^{-1}، ۳ و ۶ ناشی از کلریدسدیم (به ترتیب $S_{0.5}$، S_3 و S_6) و سطوح آبیاری ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه (به ترتیب E_{60}، E_{80}، E_{100}) بر عناصر غذایی و رشد اسفناج و پروفیل شوری خاک به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در چهار تکرار در گلدان اجرا گردید. بر اساس یافته‌ها، ارتفاع گیاه، تعداد برگ، شاخص سطح برگ و کلروفیل به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر میزان شوری و آب قرار گرفتند به گونه‌ای که با افزایش مقدار نمک در آب آبیاری و کاهش مصرف آب، شاخص کلروفیل، شاخص سطح برگ، ارتفاع گیاه و تعداد برگ کاهش یافت. با افزایش شوری تا ۳ dSm^{-1}، میزان فسفر و نیتروژن گیاه نسبت به تیمار $S_{0.5}$ افزایش غیر معنی‌دار و پتاسیم کاهش معنی‌داری نشان دادند. کاهش فسفر و نیتروژن در تیمار E_{60} نسبت به E_{100} به‌ترتیب ۱/۳ و ۰/۴۶ درصد و افزایش پتاسیم ۱/۶۲ درصد به‌دست آمد که هیچکدام معنی‌دار نگردید. نیمرخ شوری خاک نیز بیانگر افزایش حدود ۲۳ و ۵۳ درصدی شوری در لایه‌ی ۶-۰ سانتی‌متری در تیمار S_3 و S_6 نسبت به $S_{0.5}$ بود و با کاربرد آب با شوری ۶ dSm^{-1}، متوسط شوری خاک در حد قابل قبول به‌دست آمد.

واژه‌های کلیدی: پروفیل شوری، صفات رشد، فسفر و نیتروژن، کلرید سدیم، کم‌آبیاری

مقدمه

یکی از مؤلفه‌های مهم کشاورزی پایدار مخصوصاً در مناطق خشک و نیمه‌خشک کمّیت و کیفیت آب آبیاری است. از طرفی با توجه به ارزش آب در کشاورزی و محدودیت این منبع مهم و حیاتی و وجود خشکسالی‌های متناوب در کشور ایران، صرفه‌جویی در مصرف آب و استفاده بهینه از آب موجود، امری ضروری به نظر می‌رسد (Khalili-Rad *et al.*, 2010). از این رو در چنین مناطقی وقوع تنش خشکی در طول دوره‌ی رشد گیاهان امری اجتناب‌ناپذیر است. پژوهش‌گران گزارش نمودند واکنش گیاهان مختلف و حتی ارقام مختلف یک گیاه نسبت به تنش خشکی متفاوت است (Vieira *et al.*, 1992). تحقیقات متعدد بیانگر کاهش رشد، عملکرد و حتی مرگ گیاه در نتیجه شرایط نامساعد و قرار گرفتن در شرایط تنش می‌باشد (Kanesaki *et al.*, 2002). بنابراین استفاده از آب‌های با کیفیت پایین و یا کاربرد روش‌های کم‌آبیاری علاوه بر شناخت آثار آنها بر پایداری کشاورزی، می‌تواند به‌عنوان یک گزینه مطلوب برای ارتقاء بهره‌وری آب، عملکرد و بهبود شرایط کم‌آبی مورد کنکاش قرار گیرد (Karimi *et al.*, 2010).

شرایط شوری بالا در خاک‌های کشاورزی و آب آبیاری نیز گیاه را با تنش شوری مواجه می‌کند و یکی از مشکلات اساسی تولید محصولات کشاورزی است (Xu and Mou, 2016). وقوع تنش شدید و یا ادامه آن برای مدت طولانی، ممکن است منجر به ایجاد وضعیت غیر قابل تحمل متابولیک در سلول‌های گیاهی گردد و از آنجا که در گیاهان مختلف میزان تحمل متفاوت است، این تغییرات موجب کاهش رشد و در شرایط ویژه منجر به مرگ گیاه می‌گردد (Karimi Afshar *et. al.*, 2015). گیاه با قرار گرفتن در محیط شور با منفی‌تر شدن پتانسیل اسمزی محلول خاک و انباشتگی یون‌هایی مانند سدیم و کلر صدمه می‌بیند (Baibordi et *al.*, 2010).

کاتیون‌ها و آنیون‌های اصلی مهم در خاک‌های شور شامل سدیم، کلسیم، منیزیم، پتاسیم، کلرید، سولفات، بیکربنات، کربنات و نیترات هستند (Kant *et al.*, 2008)، با این حال کلریدسدیم محلول‌ترین و فراوان‌ترین نمک در جهان (Torabi, 2014) و عامل اصلی شوری در بیشتر مناطق است و بر همین

* نویسنده مسئول: alinejadian@yahoo.com

اساس بیشتر پژوهش‌های شوری روی اثر کلرید سدیم متمرکز شده است (Mahmoudi *et al.*, 2016).

در پژوهشی محققان مشاهده کردند وزن خشک اسفناج رقم نیوزیلند با کاربرد شوری کلریدسدیم افزایش و وزن خشک اسفناج رقم آبی کاهش پیدا کرد. آنها بیان کردند عموماً شوری رشد گلیکوفیت‌ها را کاهش و رشد هالوفیت‌ها را بهبود می‌بخشد و نتیجه گرفتند که اسفناج رقم نیوزیلند هالوفیت محسوب می‌شود و سازگاری آن به شوری در مقایسه با اسفناج رقم آبی بیشتر است (Yousif *et al.*, 2010). در تحقیقی که در فرانسه روی اسفناج و هویج صورت گرفت، مشاهده شد که بیش‌آبیاری و کم‌آبیاری اسفناج توانست روی کاهش محصول و افت کیفیت آن تأثیر معنی‌داری بگذارد (Bonpont, 1988). Mazloomi and Ronaghi (2012) در پژوهشی بر دو رقم اسفناج مشاهده کردند که افزایش شوری ناشی از کلریدسدیم عملکرد اندام هوایی دو رقم اسفناج مورد مطالعه را افزایش داد. تحریک رشد به وسیله سدیم که اثر آن به‌طور عمده بر رشد سلول و موازنه‌ی آب است باعث گردید که کاربرد دو گرم کلریدسدیم در کیلوگرم خاک، وزن تر ارقام خاردار و ویروفلی و وزن خشک رقم ویروفلی را در مقایسه با شاهد به ترتیب ۱۶، ۱۷ و ۱۷ درصد افزایش دهد. پژوهشگران گزارش کردند که شوری ناشی از کلریدسدیم باعث کاهش وزن تر و خشک برگ و ریشه، درصد مواد آلی، پتاسیم و افزایش سدیم در گیاه خرفه گردید (Rahimi and Kafi, 2010).

اسفناج با نام علمی (*Spinacia oleracea* L.) و از خانواده‌ی Chenopodiaceae بومی مناطق مرکزی آسیا و به احتمال قوی ایران است (Erfani *et al.*, 2006) که از سبزی‌های دیگر به شوری مقاوم‌تر است (Khoshkhouy Zehtab *et al.*, 1985). این سبزی جز سبزی‌های نیمه حساس به شوری است (Xu and Mou, 2016). این گیاه مقدار زیادی از ترکیبات فعال زیستی (مانند مشتقات کوماریک اسید که خاصیت آنتی اکسیدانی دارد و همچنین مشتقات گلوکورونیک اسید از فلانوئیدها) که در سبزی‌های دیگر وجود ندارد را دارا می‌باشد (Xu and Mou, 2016). از آنجایی که یکی از مشکلات کشت محصولات گلخانه‌ای، کم بودن کارآیی مصرف آب به ویژه در خاک شور است، استفاده از راهکارهای مختلفی مانند معرفی ارقام مقاوم و روش‌های اصلاح، مناسب‌سازی شرایط کشت و مدیریت آبیاری برای افزایش تولید به وسیله متخصصین کشاورزی شایان توجه است (Lotfy *et al.*, 2016). با توجه به موقعیت کشور ایران و وجود بحران آب، استفاده از روش‌هایی نظیر کم‌آبیاری، استفاده از منابع آب با کیفیت پایین (شور و لب‌شور) و استفاده از گیاهان خشک‌زیست و شورزیست در تولید محصولات کشاورزی، راهبردی مدیریتی جهت تعدیل وضعیت خشکسالی و بحران آب قلمداد شده و از اولویت خاصی برخوردار می‌باشد (Safari Mohamadiyeh *et al.*, 2015). بنابراین، کاربرد توام کم‌آبیاری و آب با کیفیت پایین مثل آب شور با مدیریت مناسب می‌تواند به عنوان یک راهکار مناسب جهت آبیاری محصولات کشاورزی در شرایط بحران آبی تلقی شود. بر این اساس، پژوهش حاضر به منظور بررسی همزمان کم آبیاری و شوری ناشی از کلریدسدیم بر رشد (ارتفاع گیاه، شاخص سطح برگ، تعداد برگ، کلروفیل برگ)، میزان برخی عناصر غذایی اسفناج و نیمرخ شوری خاک در شرایط گلخانه‌ای در خاک لومی رسی در منطقه‌ی خرم‌آباد استان لرستان اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

این پژوهش به روش فاکتوریل در قالب طرح آماری کاملاً تصادفی با دو عامل میزان آب آبیاری در سه سطح (۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ درصد آبیاری کامل به‌ترتیب E_{60}، E_{80} و E_{100}) و شوری آب آبیاری ناشی از انحلال نمک کلریدسدیم در آب مقطر در سه سطح (۰/۵، ۳ و ۶ دسی‌زیمنس بر متر به‌ترتیب $S_{0.5}$، S_3 و S_6) در گلخانه‌ی پژوهشی دانشکده‌ی کشاورزی دانشگاه لرستان در سال ۱۳۹۴ در چهار تکرار به‌صورت گلدانی اجرا گردید (شکل ۱ و ۲). جهت انجام این پژوهش قبل از کاشت، از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری خاک مزرعه دانشکده کشاورزی دانشگاه لرستان مقداری خاک به‌طور تصادفی نمونه‌برداری شد و پس از مخلوط و هوا خشک کردن و عبور از الک دو میلی‌متری برخی ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی خاک تعیین شدند (جدول ۱). قبل از کاشت بذرها، خاک‌ها با توجه به نتایج آزمون خاک، عناصر غذایی مورد نیاز جهت جلوگیری از کمبود احتمالی را دریافت نمودند و در گلدان‌های پلاستیکی با قطر دهانه‌ی ۱۴ سانتی‌متری و ارتفاع ۲۰ سانتی‌متری که دارای زهکش بودند، ریخته شدند. در هر گلدان پنج عدد بذر اسفناج (*Spinacia oleracea* L.) رقم *Viroflay* در عمق حدود سه سانتی‌متری از سطح خاک کاشته شد و پس از استقرار گیاه (۲ تا ۳ برگی شدن بوته)، بوته‌ای که نسبت به بقیه مقاوم‌تر بود نگهداشته و بقیه از گلدان خارج شدند. پس از آن تیمارهای شوری و آبیاری مورد نظر اعمال گردیدند. آبیاری گلدان‌ها با توجه به تیمارهای آزمایش تا رسیدن رطوبت خاک به گنجایش زراعی صورت پذیرفت و سایر تیمارها با توجه به درصدی از آبیاری کامل اعمال گردیدند. بدین صورت که برای تعیین مقدار آب مورد نیاز گیاه، وزن گلدان‌ها در هر مرتبه آبیاری در رطوبت ظرفیت زراعی تعیین گردید و با توجه به اختلاف وزن آن با وزن در ظرفیت زراعی و در نظر گرفتن تیمارهای آبیاری (E_{60}، E_{80}،

(E_{100}) میزان آب مورد نیاز برای هر گلدان به دست آمد. از آنجا که آب مورد نیاز در این پژوهش شامل سه سطح شوری بود (۰/۵، ۳ و ۶ دسی‌زیمنس بر متر)، لذا این کیفیت از طریق حل کردن میزان نمک کلریدسدیم مورد نیاز در آب مقطر و اندازه‌گیری مداوم شوری با هدایت سنج الکتریکی تهیه گردید. در پایان دوره‌ی رشد (۷۰ روز پس از کاشت)، نمونه‌برداری از گیاه صورت پذیرفت. برای تجزیه‌ی شیمیایی گیاه، اندام هوایی و ریشه گیاه پس از خشک شدن در دمای ۶۵ درجه‌ی سلسیوس، با آسیاب برقی به صورت پودر درآمدند. ارتفاع گیاه به وسیله‌ی خط‌کش از انتهای ریشه تا انتهای قسمت هوایی گیاه بر حسب سانتی‌متر اندازه‌گیری گردید. تعداد برگ‌ها به صورت دستی شمارش و شاخص کلروفیل برگ‌ها قبل از برداشت با استفاده از دستگاه کلروفیل‌سنج دستی مدل SPAD502 اندازه‌گیری شد. شاخص سطح برگ از نسبت سطح برگ هر بوته (LA) که به روش وزنی اندازه‌گیری شد، به سطح خاک گلدان که توسط بوته اشغال شده بود (GA) طبق رابطه‌ی زیر محاسبه شد (Majidian and Ghadiri, 2002).

$$LAI = \frac{LA}{GA}$$ (رابطه ۱)

که در این رابطه، LA= سطح برگ‌ها در هر بوته و GA= سطح خاک گلدان که توسط بوته اشغال می‌شود.

پس از اتمام پژوهش، در ریشه و اندام هوایی گیاه، نیتروژن کل توسط دستگاه کجلدال (Bremner, 1996)، فسفر با دستگاه اسپکتروفتومتر (Watanabe and Olson, 1965)، پتاسیم و سدیم به روش شعله‌سنجی و کلر محلول به روش تیتراسیون (Nelson and Sommers, 1996) اندازه‌گیری شد. پس از برداشت گیاه در گلدان‌ها، از اعماق ۶-۰، ۱۲-۶ و ۱۸-۱۲ سانتی‌متری هر گلدان نمونه خاک برداشته شد و در عصاره‌ی سوسپانسیون یک به پنج خاک به آب هدایت الکتریکی به وسیله هدایت‌سنج الکتریکی (مدل ۴۵۱۰ مارک JENWAY) (Rhoades, 1996) اندازه‌گیری شد. برای تجزیه و تحلیل آماری و همچنین مقایسه میانگین داده‌ها به روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن، از نرم‌افزار SAS (نسخه‌ی ۹/۱) و برای رسم نمودارها از محیط نرم‌افزاری اکسل استفاده شد.

$E_{60}S_{0.5}$	$E_{80}S_{0.5}$	$E_{60}S_{6}$	$E_{100}S_{0.5}$	$E_{80}S_{3}$	$E_{80}S_{6}$	$E_{60}S_{3}$	$E_{100}S_{3}$	$E_{100}S_{6}$
$E_{100}S_{3}$	$E_{80}S_{6}$	$E_{60}S_{6}$	$E_{60}S_{0.5}$	$E_{100}S_{0.5}$	$E_{60}S_{3}$	$E_{80}S_{0.5}$	$E_{100}S_{6}$	$E_{80}S_{3}$
$E_{80}S_{0.5}$	$E_{100}S_{3}$	$E_{80}S_{3}$	$E_{60}S_{3}$	$E_{80}S_{6}$	$E_{100}S_{6}$	$E_{100}S_{0.5}$	$E_{60}S_{0.5}$	$E_{60}S_{6}$
$E_{80}S_{6}$	$E_{100}S_{6}$	$E_{100}S_{0.5}$	$E_{60}S_{0.5}$	$E_{80}S_{3}$	$E_{80}S_{0.5}$	$E_{100}S_{3}$	$E_{60}S_{6}$	$E_{60}S_{3}$

شکل ۱. نقشه‌ی اجرای طرح

شکل ۲. نمای کلی از گلدان‌های مورد آزمایش در گلخانه

جدول ۱. برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده قبل از کشت

pH	EC	نیتروژن	فسفر	پتاسیم	سدیم	کلر	ρs	ρb	رس	شن	سیلت
-	$dS\ m^{-1}$	%	$mg\ kg^{-1}$	$mg\ kg^{-1}$	$meq.l^{-1}$	$meq.l^{-1}$	$g.cm^{-3}$	$g.cm^{-3}$	%	%	%
۷/۴۳	۰/۳	۰/۰۶۲	۷/۳	۱۸۳	۱/۱۸	۰/۹۶	۲/۶۵	۱/۳	۳۳	۲۸	۳۹

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس در جدول (۲) نشان می‌دهد که ارتفاع بوته، تعداد برگ، شاخص سطح برگ و شاخص کلروفیل تحت تأثیر مقدار و شوری آب آبیاری قرار گرفته است.

تأثیر مقدار و شوری آب آبیاری بر ارتفاع گیاه و تعداد برگ اسفناج

نتایج حاصل از مقایسه میانگین داده‌های پژوهش حاضر نشان داد که بیشترین و کمترین ارتفاع گیاه ۳۴/۵۸ و ۲۴/۸ سانتی‌متر و تعداد برگ اسفناج ۱۹ و ۱۶ عدد به‌ترتیب در تیمار شاهد (۰/۵ دسی‌زیمنس بر متر) و تیمار ۶ دسی‌زیمنس بر متر مشاهده شد (جدول ۳). درصد کاهش ارتفاع گیاه و تعداد برگ اسفناج در تیمار S_6 نسبت به تیمار شاهد ($S_{0.5}$) به ترتیب ۲۸/۹۱ و ۱۱/۱۱ درصد به‌دست آمد. همچنین در تمامی سطوح مختلف آب اعمال شده مشاهده گردید که با افزایش تنش آبی، ارتفاع گیاه و تعداد برگ به طور معنی‌داری کاهش پیدا کرد (جدول ۳). به طوری‌که مقدار آنها در تیمار ۶۰ درصد آبیاری کامل به‌ترتیب با میانگین ۲۷/۰۸ سانتی‌متر و ۱۶ عدد در مقایسه با تیمار ۱۰۰ درصد آبیاری کامل به ترتیب با میانگین ۳۲/۴۱ سانتی‌متر و ۱۸ عدد به حداقل مقدار خود رسید. درصد کاهش ارتفاع و تعداد برگ در تیمار تحت تنش نسبت به تیمار شاهد به ترتیب ۱۶/۴۴ و ۱۰/۲۲ درصد به‌دست آمد. رشد و ارتفاع گیاه به شرایط محیطی که گیاه در آن رشد می‌کند، وابسته است. یکی از این شرایط، فراهم بودن آب کافی برای گیاه است. در صورت عدم تأمین آب مورد نیاز گیاه، فشار تورژسانس سلول‌ها کاهش می‌یابد و با اثر بر طول سلول‌ها و تقسیم سلولی، کاهش ارتفاع رخ می‌دهد (Mortazaeinejad, 2006). طبیعتاً در شرایط تنش آبی، گیاه با کاهش تعداد و کوچک کردن برگ، سطح فتوسنتز کننده‌ی خود را کاهش می‌دهد و به دنبال کاهش سطح برگ، ظرفیت فتوسنتزی گیاه کاهش می‌یابد و این رویداد باعث تلفات بیش‌تر برگ و کاهش سطح فتوسنتز کننده می‌گردد. Teimouri and Jafari (2010) به این نتیجه دست یافتند که افزایش شوری باعث کاهش جذب و انتقال مواد از ریشه به برگ و منجر به کاهش رشد و ارتفاع سه گونه سالسولا گردید. همچنین در پژوهشی کاهش ارتفاع نعناع سبز در شرایط تنش شوری به دلیل کاهش فتوسنتز به دست آمد (Safari Mohamadiyeh *et al.*, 2015) که با یافته‌های پژوهش حاضر مطابقت داشت. طبق گزارش پژوهشگران، شوری باعث کاهش ارتفاع یازده ژنوتیپ نخود (Zare Mehrjerdi *et al.*, 2011)، ذرت علوفه‌ای (Nabati *et al.*, 2012) و گیاه شوید (Najafi and Sarhangzadeh, 2012) گردید که با یافته‌های پژوهش حاضر همخوانی داشت. نتایج پژوهش حاضر از جنبه‌ی تأثیر شوری بر کاهش تعداد برگ و ارتفاع گیاه با نتایج (Archangi *et al.*, 2012) بر روی گیاه شنبلیله همخوانی نشان داد.

جدول ۲. نتایج تجزیه واریانس (مقدار F) اثر مقادیر مختلف شوری و آب بر برخی ویژگی‌های رشدی گیاه اسفناج

منابع تغییرات	درجه آزادی	ارتفاع گیاه (cm)	تعداد برگ	شاخص سطح برگ	شاخص کلروفیل
مقدار شوری	۲	۲۳/۱۳*	۱۹/۸۳*	۱۳/۰۲*	۶/۸۱*
میزان آب	۲	۶/۵۸*	۷/۹۲*	۴۸/۷۲*	۱۵/۳۵*
مقدار شوری×میزان آب	۴	۱/۰۲ ns	۰/۴۱ns	۵/۹۹*	۰/۷۱ns
خطا	۲۷				
کل	۳۵				

*، ns به ترتیب اختلاف غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح پنج درصد وجود دارد.

جدول ۳. مقایسه میانگین برخی ویژگی‌های رشد گیاه اسفناج تحت تأثیر مقادیر مختلف شوری و آب

تیمار شوری آب آبیاری و میزان آب آبیاری	ارتفاع گیاه (cm)	تعداد برگ	شاخص کلروفیل	شاخص سطح برگ
$S_{0.5}$	۳۴/۵۸a	۱۹a	۷۳/۷۱a	۰/۸۹a
S_3	۲۹/۹۱b	۱۷b	۶۹/۱۱b	۰/۶۸b
S_6	۲۴/۸۵c	۱۶b	۶۶/۱۴b	۰/۶۰b
E_{60}	۲۷/۰۸b	۱۶b	۶۳/۱۶b	۰/۴۴c
E_{80}	۲۹/۵۸ab	۱۷b	۷۱/۸۰a	۰/۷۴b
E_{100}	۳۲/۴۱a	۱۸a	۷۴a	۱/۰۱a

داده‌ها متوسط چهار تکرار می‌باشند. میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند، تفاوت معنی‌داری باهم ندارند.

تأثیر مقدار و شوری آب آبیاری بر شاخص کلروفیل و شاخص سطح برگ

اثر سطوح مختلف شوری بر شاخص کلروفیل و شاخص سطح برگ اسفناج در سطح پنج درصد معنی‌دار گردید (جدول ۲). طبق نتایج به‌دست آمده با افزایش غلظت نمک در آب آبیاری، از مقدار این شاخص‌ها کاسته شد. بیشترین مقدار شاخص کلروفیل و شاخص سطح برگ به ترتیب با میانگین ۷۳/۷۱ و ۰/۸۹ در تیمار شاهد و کمترین مقدار آن‌ها در تیمار ۶ دسی‌زیمنس بر متر به ترتیب با میانگین ۶۶/۱۴ و ۰/۶۰ مشاهده شد (جدول ۳). نتایج حاصل از مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که در سطوح مختلف آبیاری شاخص کلروفیل و شاخص سطح برگ گیاه اسفناج اختلاف معنی‌داری را بروز دادند. بیشترین مقدار آن‌ها در تیمار آبیاری کامل (E_{100}) به ترتیب با میانگین ۷۴ و ۱/۰۱ و کمترین مقدار آن در تیمار دریافت‌کننده‌ی ۶۰ درصد آبیاری کامل (E_{60}) با میانگین ۶۳/۱۶ و ۰/۴۴ مشاهده شد.

کاهش کلروفیل و شاخص سطح برگ، اولین واکنش بسیاری از گیاهان در برابر شوری می‌باشد (Khorsandi *et al.*, 2010). کاهش شاخص سطح برگ می‌تواند به دلیل اثر مستقیم نمک بر سرعت تقسیم سلولی یا کاهش مدت زمان توسعه سلولی باشد. چنین به نظر می‌رسد که در گیاهان، سرعت انتقال نمک از ریشه به اندام هوایی بیش از ظرفیت ذخیره برگ‌ها برای نمک می‌باشد که باعث کند شدن آهنگ رشد برگ می‌شود و در نهایت سبب کاهش شاخص سطح برگ و فتوسنتز می‌گردد (udagawa *et al.*,1995; Khorsandi *et al.*, 2010). تنش شوری از طریق کاهش جذب عناصر غذایی، کمبود آب قابل استفاده در گیاه و سمیت عناصر، قدرت رشد سلولی را کاهش داده و باعث کاهش سطح برگ، کلروفیل و کاهش فتوسنتز می‌گردد (Safari Mohamadiyeh *et al.*, 2015). بر اثر تنش شوری، تغذیه گیاه مختل شده و کلروفیل یا کم تشکیل شده و یا این که تجزیه می‌شود. در نتیجه، غلظت آن کاهش یافته و دستگاه کلروفیل سنج عدد کمتری را نشان می‌دهد (Najafi and Sarhangzadeh, 2012). به طور کلی حفظ غلظت کلروفیل و دوام فتوسنتز در شرایط تنش کمبود آب یکی از شاخص‌های فیزیولوژیکی تحمل خشکی است. در شرایط تنش به واسطه افزایش فعالیت آنزیم‌های کلروفیلاز و پراکسیداز، افزایش ترکیبات فنلی و کاهش جذب نیتروژن از غلظت کلروفیل برگ کاسته می‌شود (Rassam *et al.*, 2015). مطالعات پیشین نشان داده است که میزان کلروفیل اسفناج با کاربرد کلرید سدیم با غلظت‌های بالای ۲۰۰ یا ۱۷۲ میلی‌مول کاهش یافته است در حالی‌که فلورسنس کلروفیل تحت تأثیر قرار نگرفته است (Xu and Mou, 2016). در پژوهشی گزارش گردید که با افزایش کلرید سدیم تا ۶۰ میلی‌مول محتوای کلروفیل گیاه اسفناج کاهش یافته است (Kaya *et al.*, 2002) که با پژوهش حاضر مطابقت نشان داد ولیکن مطالعه‌ی حاضر در مورد مقدار شاخص کلروفیل با تحقیق این پژوهشگران همخوانی نداشت. در حقیقت تفاوت در شدت شوری، نوع نمک، مرحله و روش‌های کاربرد شوری می‌تواند دلیل عدم همخوانی در این زمینه باشد.

تأثیر مقدار و شوری آب آبیاری بر غلظت عناصر در اندام هوایی و ریشه‌ی اسفناج

نیتروژن

اثر سطوح مختلف شوری بر غلظت نیتروژن در اندام هوایی و ریشه‌ی اسفناج در سطح پنج درصد معنی‌دار گردید (جدول ۴ و ۵). نتایج حاصل از مقایسه میانگین داده‌های پژوهش حاضر نشان داد که تیمارهای دریافت‌کننده‌ی سطوح شوری در مقایسه با تیمار شاهد ($S_{0.5}$) از غلظت نیتروژن کمتری در اندام هوایی و ریشه‌ی اسفناج برخوردارند و در سطح پنج درصد اختلاف معنی‌داری نشان دادند (شکل ۳ و ۴). کمترین مقدار نیتروژن در اندام هوایی و ریشه در تیمار ۶ دسی‌زیمنس بر متر (S_6) به ترتیب با میانگین ۳/۶۵ و ۱/۳۶ درصد مشاهده شد. نتایج به‌دست آمده از غلظت نیتروژن نشان داد که این عنصر با افزایش غلظت کلرید سدیم در مقایسه با تیمار شاهد ۴/۷۰ و ۱/۷۸ درصد کاهش یافت (شکل ۳ و ۴). احتمالاً دلیل کاهش جذب نیتروژن در اندام هوایی و ریشه‌ی اسفناج می‌تواند رابطه‌ی رقابتی فسفات با آنیون‌های کلر و نیترات برای جذب توسط ریشه اسفناج و کاهش تراوایی ریشه گیاه در محیط شور و کاهش جذب نیترات در اثر عرضه‌ی زیاد آنیون کلر در محیط ریشه‌ی گیاه باشد (Kafkafi *et al.*, 1982). اثر تیمارهای مقادیر مختلف آب بر غلظت نیتروژن در اندام هوایی و ریشه‌ی اسفناج در سطح پنج درصد معنی‌دار نگردید اما کمترین غلظت نیتروژن در تیمار E_{60} و بیشترین غلظت آن در تیمار E_{100} مشاهده شد. با اعمال کم آبیاری غلظت نیتروژن در تیمار ۸۰ و ۶۰ درصد آبیاری کامل نسبت به تیمار شاهد در اندام هوایی به ترتیب ۰/۴۶ درصد افزایش و ۰/۴۶ درصد کاهش و در ریشه به ترتیب ۱/۱ درصد افزایش و ۵/۰۳ درصد کاهش نشان داد ولیکن بین تیمارهای مختلف آبیاری اختلاف معنی‌داری مشاهده نگردید (شکل ۳ و ۴).

جدول ۴. نتایج تجزیه واریانس (مقدار F) اثر مقادیر مختلف شوری و آب بر غلظت برخی عناصر غذایی اندام هوایی

منابع تغییرات	درجه آزادی	نیتروژن (%)	فسفر (%)	پتاسیم (%)	سدیم ($mg.kg^{-1}$)	کلر ($mg.kg^{-1}$)
مقدار شوری	۲	۴۵/۰۲*	۷۷/۲۲*	۴۴/۹۵*	۲۶۷/۳۹*	۸۸/۵۰*
میزان آب	۲	۰/۰۴ ns	۱/۷۳ ns	۱/۲۴ ns	۰/۲۵ ns	۰/۰۱ ns
مقدار شوری×میزان آب	۴	۰/۹۵ ns	۲/۰۹ ns	۰/۳۷ ns	۱/۷۰ ns	۱/۰۳ ns
خطا	۲۷					
کل	۳۵					

*، ns به ترتیب اختلاف غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح پنج درصد وجود دارد.

جدول ۵. نتایج تجزیه واریانس (مقدار F) اثر مقادیر مختلف شوری و آب بر غلظت برخی عناصر غذایی ریشه

منابع تغییرات	درجه آزادی	نیتروژن (%)	فسفر (%)	پتاسیم (%)	سدیم ($mg.kg^{-1}$)	کلر ($mg.kg^{-1}$)
مقدار شوری	۲	۴۲/۶۰*	۳۴/۳۹*	۶۱/۸۸*	۳۹/۸۶*	۸۹/۳*
میزان آب	۲	۱/۷۳ ns	۰/۱۲ ns	۰/۵ ns	۰/۰۸ ns	۰/۷۳ ns
مقدار شوری×میزان آب	۴	۱/۳۹ ns	۰/۱۴ ns	۰/۶۸ ns	۰/۵۴ ns	۰/۸۸ ns
خطا	۲۷					
کل	۳۵					

*، ns به ترتیب اختلاف غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح پنج درصد وجود دارد.

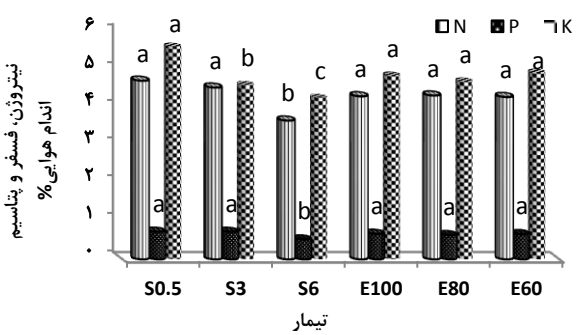
فسفر

بررسی نتایج اثر شوری نشان داد که با افزایش غلظت نمک کلرید سدیم غلظت فسفر اندام هوایی و ریشه‌ی اسفناج روندی کاهشی نشان داد و در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار گردید (جدول ۴ و ۵). درصد کاهش فسفر در تیمارهای با شوری ۳ و ۶ دسی‌زیمنس بر متر در اندام هوایی به ترتیب ۰/۲۷ و ۲۸/۰۷ درصد و در ریشه به ترتیب ۱/۴۰ و ۱۸/۴۵ درصد نسبت به تیمار شاهد ($S_{0.5}$) بود. بیشترین غلظت فسفر در اندام هوایی و ریشه به ترتیب با میانگین ۰/۷۲ و ۰/۴۳ درصد در تیمار ۰/۵ دسی‌زیمنس بر متر و کم‌ترین مقدار آن در اندام هوایی و ریشه به ترتیب با مقدار ۰/۵۲ و ۰/۳۵ درصد در تیماری با شوری ۶ دسی‌زیمنس بر متر به‌دست آمد. شوری می‌تواند کاهش جریان فسفر در آوند چوبی را به دنبال داشته باشد (Navarro *et al.*, 2001). از طرف دیگر سطوح بالای نمک، فسفر ذخیره شده در واکوئل را کاهش می‌دهد و از این طریق سبب کاهش فسفر در گیاه می‌شود (Navarro *et al.*, 2001). پژوهشگران در مطالعه‌ی خود بیان نمودند که تحت شرایط شوری، غلظت فسفر در اسفناج و کاهو کاهش یافت (Kaya *et al.*, 2002). تأثیر مقادیر مختلف آب آبیاری بر غلظت فسفر در اندام هوایی و ریشه‌ی اسفناج در سطح آماری پنج درصد معنی‌دار نگردید. به طوری که بیشترین غلظت فسفر در اندام هوایی و ریشه به ترتیب در تیمار ۱۰۰ و ۸۰ درصد آبیاری کامل با میانگین ۰/۶۷ و ۰/۴۰ درصد و کمترین مقدار آن به ترتیب در تیمار ۸۰ و ۶۰ درصد آبیاری کامل با میانگین ۰/۶۳ و ۰/۴۰ درصد به‌دست آمد (شکل ۳ و ۴). با کاهش مقدار آب در خاک، رشد و نفوذپذیری ریشه کاهش و در نتیجه جذب فسفر نیز کاهش می‌یابد. طبق گزارش پژوهشگران (Palomo *et al.*, 1999) میزان جذب فسفر در کلزا تحت تنش خشکی کاهش یافت.

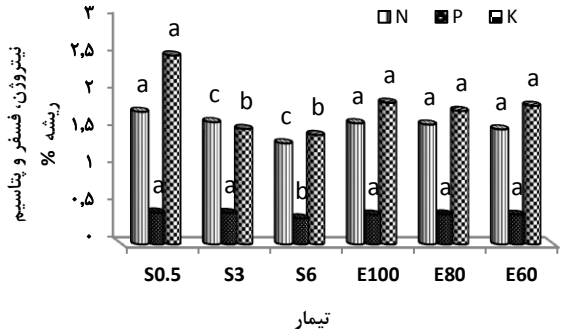
پتاسیم

نتایج به‌دست آمده از تجزیه واریانس بیانگر این است که اثر شوری بر غلظت پتاسیم اندام هوایی و ریشه در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار گشت (جدول ۴ و ۵). همان‌طور که شکل‌های (۳ و ۴) نشان می‌دهد، با افزایش غلظت نمک کلرید سدیم غلظت پتاسیم در اندام هوایی و ریشه‌ی اسفناج به ترتیب ۲۴/۱۰ و ۴۱/۸۹ درصد کاهش یافت. در اندام هوایی و ریشه بیشترین غلظت پتاسیم در تیمار با شوری ۰/۵ دسی‌زیمنس بر متر و کم‌ترین مقدار آن در تیماری با شوری ۶ دسی‌زیمنس بر متر به دست آمد. در واقع احتمالاً اعمال شوری از طریق اختلال در مکانیسم جذب پتاسیم به وسیله ریشه، توانسته است باعث کاهش غلظت پتاسیم اندام‌های گیاه شود (Sheidaei *et al.*, 2010). در شرایط شور، فراوانی یون سدیم در سطح ریشه از جذب پتاسیم جلوگیری کرده و با این عنصر برای محل‌های

اتصال درون سلول رقابت نموده و سبب جذب غیرفعال پتاسیم می‌گردد (Baghalian *et al.*, 2008). محققین بیان کردند که بالا رفتن سطح کلرید سدیم در محیط ریشه، جذب عناصر غذایی مخصوصاً پتاسیم و کلسیم را کاهش می‌دهد که با نتایج تحقیق حاضر مطابقت داشت (Ajmal Khan and Gulzar, 2003). همچنین پژوهشگران دیگر بیان نمودند که گیاهانی که در معرض شوری قرار می‌گیرند میزان زیادی سدیم جذب می‌کنند که در نهایت سبب کاهش پتاسیم گیاه می‌گردد (Hasegawa *et al.*, 2000). اثر مقادیر مختلف آب بر غلظت پتاسیم اندام هوایی و ریشه در سطح احتمال پنج درصد غیر معنی‌دار بود، اما با اعمال کم آبیاری غلظت پتاسیم در اندام هوایی اسفناج در تیمار ۸۰ درصد آبیاری کامل در مقایسه با تیمار ۱۰۰ درصد آبیاری کامل، ۳/۳۰ درصد کاهش و در تیمار ۶۰ درصد آبیاری کامل در مقایسه با تیمار ۱۰۰ درصد آبیاری کامل ۱/۴۴ درصد افزایش یافت. در اندام هوایی بیش‌ترین غلظت پتاسیم در تیمار ۶۰ درصد آبیاری کامل با میانگین ۴/۹۱ درصد و کم‌ترین مقدار آن در تیمار ۸۰ درصد آبیاری کامل با میانگین ۴/۶۸ درصد به دست آمد (شکل ۳ و ۴). محققان در پژوهشی در ژاپن دریافتند که افزایش تنش آبی در سبزی‌های برگی (از جمله گیاه اسفناج) سبب تجمع پتاسیم در برگ گیاه گردید (Sugiyama *et al.*, 1999) که در این زمینه با یافته‌ی پژوهش حاضر همخوانی داشت. پتاسیم به دلیل نقش‌های آنزیمی و کوآنزیمی، با تنظیم فشار اسمزی سلول‌های روزنه برگ، گیاه را در برابر خشکی مقاوم می‌سازد (Malakouti and Homaee, 2004). در مطالعه‌ی حاضر با افزایش تنش آبی مقدار آب در خاک کم شده در نتیجه پتانسیل آب در خاک کاهش و به دنبال آن جذب عناصر توسط ریشه‌ی اسفناج کاهش یافته است. یافته‌های Mozafari and Omidi (2012) با تحقیق بر روی صفات مورفولوژیک و فیزیولوژیک پسته از جنبه‌ی اثر شوری بر غلظت پتاسیم گیاه با پژوهش حاضر نتایج مشابهی را نشان داد.



شکل ۳. مقایسه میانگین اثر مقادیر مختلف شوری و آب بر میزان نیتروژن، فسفر و پتاسیم اندام هوایی اسفناج



شکل ۴. مقایسه میانگین اثر مقادیر مختلف شوری و آب بر میزان نیتروژن، فسفر و پتاسیم ریشه‌ی اسفناج

سدیم

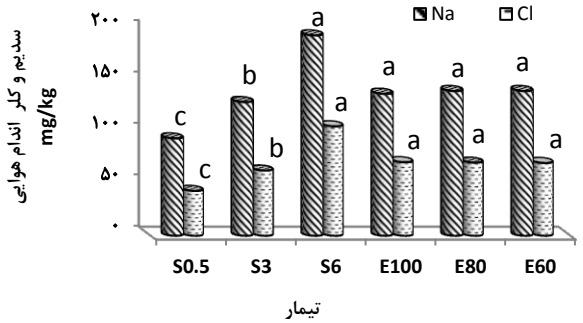
تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که با افزایش شوری غلظت سدیم در اندام هوایی و ریشه‌ی اسفناج افزایش یافت و در سطح پنج درصد معنی‌دار شد (جدول ۴ و ۵). افزایش شوری جذب سدیم را به میزان زیادی افزایش داده است به طوری‌که غلظت آن به ترتیب در اندام هوایی و ریشه از ۹۴/۵۹ و ۱۰۳/۸۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم در تیمار شاهد ($S_{0.5}$) به ۱۹۳/۸۸ و ۱۶۴/۲۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم در تیمار S_6 رسیده است (شکل ۵ و ۶). با افزایش کلرید سدیم، غلظت سدیم در محلول خاک و در نتیجه جذب آن توسط گیاه افزایش می‌یابد و می‌تواند در گیاه سمیت ایجاد نموده و سبب ایجاد عدم توازن یونی در گیاه شود. نتایج پژوهش Mazloomi and Ronaghi (2012) و Archangi *et al.*, (2012) نیز افزایش معنی‌دار غلظت سدیم در گیاه را در حضور شوری نشان داد که با پژوهش حاضر همخوانی داشت. پژوهش‌گران دیگری نیز گزارش کردند که در ارقام نیوزیلندی و آبی اسفناج با اعمال شوری افزایش معنی‌دار غلظت و جذب سدیم به‌دست آمد (Yousif *et al.*, 2010).

همچنین مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که در تمامی تیمارهای آبیاری اعمال شده، غلظت سدیم اندام هوایی و ریشه‌ی اسفناج اختلاف معنی‌داری را در سطح پنج درصد نشان ندادند. تیمار ۶۰ و ۸۰ درصد آبیاری کامل نسبت به تیمار ۱۰۰ درصد آبیاری کامل گیاه به ترتیب ۱/۹۴ و ۱/۹۶ درصد افزایش را در اندام هوایی و ۱/۷۴ درصد افزایش و ۰/۵۴ درصد کاهش را در ریشه‌ی گیاه نشان دادند.

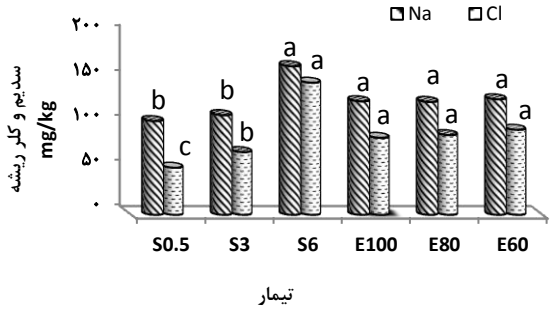
کلر

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که با افزایش شوری، غلظت کلر اندام هوایی و ریشه افزایش یافت و در سطح پنج درصد معنی‌دار شد (جدول ۴ و ۵). بیشترین غلظت کلر در اندام هوایی و ریشه متعلق به تیمار S_6 به ترتیب با میانگین ۱۰۶/۲۶ و ۱۴۶/۱۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم و کم‌ترین غلظت آن در تیمار شاهد ($S_{0.5}$)

با میانگین ۴۳/۵۷ و ۵۲/۱۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم مشاهده شد (شکل ۵ و ۶). در حضور کلرید سدیم، میزان سدیم و کلر در اندام‌های گیاه افزایش و تجمع می‌یابد و این یون‌ها می‌توانند جذب سایر عناصر معدنی را در برهمکنش‌های رقابتی یا به وسیله انتخاب‌پذیری یونی غشا تحت تأثیر قرار دهند و سبب کمبود عناصر غذایی در گیاهان شوند (Mazloomi and Ronaghi, 2012). یافته‌های (Yousif *et al.*, 2010) و (Zahedifar *et al.*, 2010) با نتایج تحقیق حاضر در این زمینه همخوانی داشتند. همچنین مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که اثر تیمارهای آبیاری اعمال شده بر غلظت کلر اندام هوایی و ریشه غیر معنی‌دار شد. تیمار ۶۰ و ۸۰ درصد آبیاری کامل نسبت به تیمار ۱۰۰ درصد آبیاری کامل به ترتیب ۱/۰۲ و ۰/۵۷ درصد کاهش را در اندام هوایی و ۱۰/۴۲ و ۳/۵۸ درصد افزایش را در ریشه‌ی گیاه نشان داد.



شکل ۵. مقایسه میانگین اثر مقادیر مختلف شوری و آب بر میزان سدیم و کلر اندام هوایی اسفناج



شکل ۶. مقایسه میانگین اثر مقادیر مختلف شوری و آب بر میزان سدیم و کلر ریشه‌ی اسفناج

تغییرات شوری در نیمرخ خاک

نتایج تجزیه واریانس مقادیر شوری خاک در عمق‌های مختلف نشان داد که تأثیر تیمارهای میزان آب آبیاری فقط در تیمار صفر تا شش سانتی‌متری (لایه‌ی سطحی خاک) در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار است؛ ولیکن میزان شوری آب آبیاری بر شوری خاک در تمام لایه‌های خاک مورد بررسی، در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار گردید (جدول ۶). مقایسه میانگین داده‌ها با آزمون دانکن نیز بیانگر این است که با افزایش شوری آب آبیاری شوری خاک به‌طور معنی‌داری افزایش یافته است (جدول ۷). ارزیابی هدایت الکتریکی خاک در کشت اسفناج نشان داد که با استفاده از آبیاری با شوری ناشی از نمک کلریدسدیم، شوری خاک افزایش یافته است. نتایج مشابهی توسط (Soltani *et al.*, (2008 برای گیاه کلزا در گلدان گزارش شد. در همه‌ی تیمارها، شوری خاک تا عمق ۶ سانتی‌متری در انتهای آزمایش نسبت به زمان قبل از آزمایش افزایش یافت و با افزایش شوری آب آبیاری این تفاوت بیشتر مشهود بود به گونه‌ای که در لایه‌ی سطحی ۰ تا ۶ سانتی‌متری در تیمار ۳ و ۶ دسی زیمنس بر متر به ترتیب ۲۳/۰۳ و ۵۲/۸۰ درصد افزایش در هدایت الکتریکی خاک مشاهده شد.

جدول ۶. نتایج تجزیه واریانس (مقدار F) اثر مقادیر مختلف شوری و آب بر شوری لایه‌های مختلف خاک

منابع تغییرات	۰-۶ cm	۶-۱۲ cm	۱۲-۱۸ cm
مقدار شوری	۲۰/۰۴*	۳۳/۷۶*	۱۹/۳۱*
میزان آب	۲۶/۹۵*	۲/۰۹ns	۱/۴۴ns
مقدار شوری×میزان آب	۱/۲۸ ns	۱/۲۰ns	۰/۸۳ns
خطا			
کل			

*، ns به ترتیب اختلاف غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح پنج درصد وجود دارد.

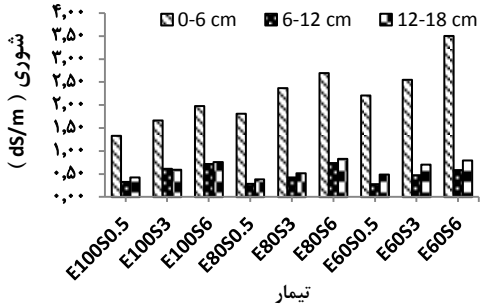
جدول ۷. مقایسه میانگین شوری تحت تأثیر مقادیر مختلف شوری و آب در لایه‌های مختلف خاک

تیمار شوری آب آبیاری و میزان آب آبیاری	۰-۶ cm	۶-۱۲ cm	۱۲-۱۸ cm
$S_{0.5}$	۱/۷۸c	۰/۴۳c	۰/۳۰c
S_3	۲/۱۹b	۰/۶۰b	۰/۵۱b
S_6	۲/۷۲a	۰/۸۰a	۰/۶۹a
E_{60}	۲/۷۵a	۰/۶۶a	۰/۴۵a
E_{80}	۲/۲۹b	۰/۵۹a	۰/۴۹a
E_{100}	۱/۶۶c	۰/۵۸a	۰/۵۵a

داده‌ها متوسط چهار تکرار می‌باشند. میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند، تفاوت معنی‌داری باهم ندارند.

ارزیابی شوری در تمام تیمارها نشان داد که با افزایش شوری آب آبیاری، شوری نیمرخ خاک نیز افزایش یافته است. شکل (۷) تغییرات شوری نیمرخ خاک را برای تیمارهای مختلف نشان می‌دهد. در لایه‌ی صفر تا شش سانتی‌متر خاک بیشترین شوری مشاهده می‌گردد که دلیل آن می‌تواند تبخیر از سطح خاک و باقیماندن نمک در لایه سطحی خاک باشد. از سطح

خاک به عمق خاک تقریباً روند کاهشی در شوری خاک مشاهده می‌گردد که دلیل آن آبشویی نمک‌ها از ناحیه‌ی ریشه گیاه در هنگام آبیاری و یا حرکت املاح به سمت بالا در اثر تبخیر می‌باشد. غلظت نمک در لایه‌ی ۱۸-۱۲ سانتی‌متری سطح خاک به دلیل شسته شدن نمک‌ها نسبت به لایه میانی بیشتر ولی نسبت به لایه‌ی سطحی کمتر بود. در دو عمق میانی و پایینی میزان آب آبیاری تأثیر معنی‌داری را بر شوری خاک نشان نداده است (جدول ۷) و این دو عمق تنها تحت تأثیر شوری قرار گرفته است و تغییر در مقدار رطوبت لایه‌ها، تغییر چندانی را در شوری لایه‌ها ایجاد نکرده است.



شکل ۷. نیمرخ شوری لایه‌های مختلف خاک در تیمارهای مقادیر مختلف شوری و آب

نتیجه‌گیری کلی

یافته‌های پژوهش حاضر بیانگر این بود که بیشترین ارتفاع گیاه (۳۴/۵۸)، تعداد برگ (۱۹)، شاخص سطح برگ (۰/۸۹) و شاخص کلروفیل (۷۳/۷۱) در تیمار با شوری ۰/۵ دسی‌زیمنس بر متر و کمترین ارتفاع گیاه (۲۴/۸)، تعداد برگ (۱۶)، شاخص سطح برگ (۰/۶۰) و شاخص کلروفیل (۶۶/۱۴) در تیمار با شوری ۶ دسی‌زیمنس بر متر مشاهده گردید. همچنین بیشترین ارتفاع گیاه (۳۲/۴۱)، تعداد برگ (۱۸)، شاخص سطح برگ (۱/۰۱) و شاخص کلروفیل (۷۴) در تیمار ۱۰۰ درصد آبیاری کامل و کمترین ارتفاع گیاه (۲۷/۰۸)، تعداد برگ (۱۶)، شاخص سطح برگ (۰/۴۴) و شاخص کلروفیل (۶۳/۱۶) در تیمار ۶۰ درصد آبیاری کامل به دست آمد.

نتایج به‌دست آمده از غلظت نیتروژن نشان داد که کمترین مقدار در اندام هوایی و ریشه در تیمار ۶ دسی زیمنس بر متر (S_6) به ترتیب با میانگین ۳/۶۵ و ۱/۳۶ درصد مشاهده شد. اثر مقادیر مختلف آب بر غلظت نیتروژن در اندام هوایی و ریشه‌ی اسفناج در سطح پنج درصد معنی‌دار نگردید اما کمترین غلظت نیتروژن در تیمار E_{60} و بیشترین غلظت آن در تیمار E_{100} مشاهده شد. بیشترین غلظت فسفر در اندام هوایی و ریشه به ترتیب با میانگین ۰/۷۲ و ۰/۴۳ درصد در تیمار ۰/۵ دسی‌زیمنس بر متر و کمترین مقدار آن به ترتیب با مقدار ۰/۵۲ و ۰/۳۵ درصد در تیمار ۶ دسی‌زیمنس بر متر به‌دست آمد. غلظت فسفر در اندام هوایی و ریشه به ترتیب در تیمار ۱۰۰ و ۸۰ درصد آبیاری کامل با میانگین ۰/۶۷ و ۰/۴۰ درصد و کمترین مقدار آن به ترتیب در تیمار ۸۰ و ۶۰ درصد آبیاری کامل با میانگین ۰/۶۳ و ۰/۴۰ درصد به‌دست آمد. در اندام هوایی و ریشه بیشترین غلظت پتاسیم در تیمار با شوری ۰/۵ دسی‌زیمنس بر متر و کمترین مقدار آن در تیماری با شوری ۶ دسی‌زیمنس بر متر حاصل شد. اثر مقادیر مختلف آب بر غلظت پتاسیم اندام هوایی و ریشه در سطح پنج درصد غیر معنی‌دار بود. افزایش شوری جذب سدیم را به میزان زیادی افزایش داد به طوری‌که غلظت آن به ترتیب در اندام هوایی و ریشه از ۹۴/۵۹ و ۱۰۳/۸۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم در تیمار شاهد ($S_{0.5}$) به ۱۹۳/۸۸ و ۱۶۴/۲۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم در تیمار بیشترین شوری (S_6) رسید. همچنین در تمام تیمارهای آبیاری اعمال شده، غلظت سدیم اندام هوایی و ریشه‌ی اسفناج اختلاف معنی‌داری را در سطح پنج درصد نشان ندادند. بیشترین غلظت کلر در اندام هوایی و ریشه متعلق به تیمار S_6 به ترتیب با میانگین ۱۰۶/۲۶ و ۱۴۶/۱۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم و کمترین غلظت آن در تیمار شاهد ($S_{0.5}$) با میانگین ۴۳/۵۷ و ۵۲/۱۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم مشاهده شد. تیمار ۶۰ و ۸۰ درصد آبیاری کامل نسبت به تیمار ۱۰۰ درصد آبیاری کامل به ترتیب ۱/۰۲ و ۰/۵۷ درصد کاهش را در اندام هوایی و ۱۰/۴۲ و ۳/۵۸ درصد افزایش را در ریشه‌ی گیاه نشان داد.

بررسی نیمرخ شوری پس از اتمام پژوهش در خاک گلدان‌ها نیز نشانگر این بود که بیشترین شوری در لایه‌ی سطحی (۶-۰ سانتی‌متری) و کمترین تجمع نمک در لایه‌ی میانی (۱۲-۶ سانتی‌متری) که منطقه توسعه ریشه بود به‌دست آمد؛ اما میزان آب آبیاری بر میزان شوری در این لایه‌ها اثر معنی‌داری نشان نداد.

بنابراین استفاده از کم‌آبیاری و کاربرد آب‌های نامتعارف و با کیفیت پایین مثل آب‌های شور برای آبیاری محصولات کشاورزی در کشور با مدیریت مناسب و مطلوب می‌تواند به عنوان یک راهکار مناسب جهت استفاده در شرایط بحران آب توصیه شود هرچند که لازم است آزمایش‌های بیشتری، به‌ویژه در شرایط مزرعه‌ای، جهت تأیید نتایج پژوهش حاضر انجام شود.

REFERENCES

Ajmal Khan, M. and Gulzar, S. (2003). Germination responses of *Sporobolus ioclados*: A saline desert grass. *Journal of Arid Environments*. 53, 387-394.

Archangi A, Khodambashi M, Mohammadkhani A. (2012). The effect of salt stress on orphological characteristics and Na+, K+ and Ca+ ion contents in medicinal plant fenugreek (Trigonella foenum graecum L.) under hydroponic culture. *Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture*, 3 (2), 33-41. (In Farsi)**.**

Baghalian, K, Haghiry, A. Naghavi, M. R. and Mohammadi, A. (2008). Effect of saline irrigation on agronomical and phytochemical characters of chamomile (Matricaria recutita L). *Scientia Horticulturae*, 116(4), 437-441.

Baibordi A., Seidtabtabai, S.J. Ahmadof, A. (2010). NaCl Salinity Effect on Qualitative, Quantitative and Physiological Attributes of Winter Canola (Brassica napusL.) Cultivars. *Journal of Water and Soil*, 24(2), 334-246. (In Farsi)**.**

Bonpont, A. (1988). Water requirement of spinach and carrot. UNILEC Information, (Union Nationale Interprofessionnelle des Legumes de Conserve). August. 28 pages.

Bremner, J. M. (1996). Nitrogen- total. PP. 1085-1121. In*:* Sparks, D.L. (Ed.), Methods of Soil Analysis, Part 3, *Chemical Methods*. SSSA and ASA. Madison, WI.

Erfani, F. Hassandokht, M. R. Barzegar, M. and Jabbari, A. (2006). Determination and Comparison of Chemical Properties of Seven Iranian Spinach Cultivars. *Journal of Food Science and Technology*, 3(2), 27-34**.** (In Farsi)**.**

Hasegawa, P. M. Bressnan, R. A. Zhu, J. K. and Bohnert, H. J. (2000). Plant cellular and molecular responses to high salinity. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, 51, 463-499.

Kafkafi, U. Valoras, N. and Letay, J. (1982). Chloride interaction with NO_3 and phosphate nutrition in tomato. *Journal of Plant Nutr*ition, 5: 1369-1385.

Kanesaki, Y, Suzuki, I. Allakhverdiev, S. I. Mikami, K. and Murata, N. (2002). Salt stress and hyperosmotic stress regulate the expression of different sets of genes in *Synechocystis* sp. PCC 6803. *Biochemical and Biophysical Research Communication*, 290 (1), 339-348.

Kant, C, Aydin, A. and Turan, M. (2008). Ameliorative effect of hydro gel substrate on growth, inorganic ions, proline and nitrate contents of bean under salinity stress. *Journal of Plant Nutrition*, 31(7), 1420-1439.

Karimi Afshar, A. Baghizadeh A, Mohammadi nejad, Gh. (2015). Physiological assessment of drought tolerance of two ecotypes of cumin (Cuminum cyminum L.) under greenhouse conditions. *Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture*, 6(3),175-185. (In Farsi).

Karimi, N. Sadraddini, A. A. Nazemi, A. H. Farsadizadeh, D. Hossienzadeh Dalir, A. Dehghani, F. (2010). Effects of Deficit Irrigation on Yield and Growth of Greenhouse Cucumber. *Water and Soil Science*, 20(1), 15-25. (In Farsi).

Kaya, C. Higgs, D. and Sakar. E. 2002. Response of two leafy vegetables grown at high salinity to supplementary potassium and phosphorus during different growth stages. *Journal of plant nutrition*, 25(12), 2663–2676.

Khalili-Rad, R. Mirnia, S. and Bahrami, H . (2010). Assessing Different Soil Water Contents on Corn Root Development. *Journal of Water and Soil*, 24(3), 557-564. (In Farsi).

Khorsandi, O. Hassani, A. Sefidkon, F. Shirzad, H. and Khorsandi, A. (2010). Effect of salinity (NaCl) on growth, yield,essential oil content and composition of Agastache foeniculum kuntz. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*. 26(3), 438-451. (In Farsi).

Khoshkhouy Zehtab, M., Sheybani, B., Rouhani, A. and Tafazoli Bandari, A. (1985). Principles of gardening, (19th ed.). Shiraz, Shiraz University.

Lotfy, F. Sodaeizadeh, H. Mirmohammady Maibody, S. A. M. and Mosleh Arani, A. (2016). Ameliorative effects of Stockosorb and Xanous superabsorbents on cucumber growth under saline-soil conditions. *Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture*, 7 (2), 1-9. (In Farsi).

Mahmoudi, S. Mohammadkhani, A. and Rouhi, V. (2016). Effects of sodium chloride and calcium chloride on growth, gel content and concentration of some nutrients in Aloe vera under greenhouse conditions. *Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture*,7 (2), 85-97. (In Farsi).

Majidian, M. and Ghadiri, H. (2002). Effect of water stress and different levels of nitrogen fertilizer during different growth stage on grain yield, yield components, water use efficiency, and some physical characteristics of Corn (*Zea mays* L.). *Iranian Journal of Agriculture Science*. 33(3), 521-533. (In Farsi).

Malakouti, M, J. and Homaee, M. (2004). Fertility of arid and semi-arid soils "Problems and Solutions".Tarbiat Modares University, Tehran, Iran. (In Farsi).

Mazloomi, F. and Ronaghi, A. (2012). Effect of salinity and phosphorus on growth and chemical composition of two varieties of spinach. *Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture*, 3(1), 85-96. (In Farsi).

Mortazaeinejad, F. (2006). Study of some parameters of yield and proline in rice plants under NaCl salinity stress. *Agroecology Journal*, 2(3), 93-98. (In Farsi).

Mozafari, V. and Omidi, L. (2012). Effects of Potassium and Salinity Application on Morphological and Physiological Parameters of Pistachio Seedling in Perlit. *Journal of Water and Soil*, 26(3), 637-647. (In Farsi).

Nabati, J. Kafi, M. Nezami, A. Rezvani Moghaddam, P. Masoumi, A. and Zare Mehrjerdi, A. (2012). Evaluation of quantitative and qualitative characteristic of forage kochia in different growth under salinity stress. Electronic *Journal of Crop Production*, 5(2), 111-128. (In Farsi).

Najafi, N. and Sarhangzadeh, E. (2012). Effect of NaCl salinity and soil waterlogging on growth

characteristics of forage corn in greenhouse conditions. *Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture*, 3 (2), 1-15. (In Farsi).

Navarro, J. M. Botella, M. A. Cerda, A. and Martineze, V. (2001). Phosphorus uptake and translocation in salt stressed melon plants. *Journal of Plant Physiology*, 158(3), 375-381.

Nelson, D.W. and Sommers, L.E. (1996). Total carbon, organic carbon, and organic matter. PP. 961-1010. In*:* Sparks, D.L. (Ed.), Methods of Soil Analysis, Part 3, *Chemical Methods*, SSSA and ASA, Madison, WI.

Palomo, I. R., Baioni, S. S., Fioretti, M. N. and Brevedan, R. E. (1999). Canola under water deficiency in Southern Argentina. *10th International Rapeseed Congress*, 26-29 Sep., Canberra, Australia, pp. 465-469.

Rahimi, Z. and Kafi, M. (2010). Effects of Salinity and Silicon Application on Biomass Accumulation, Sodium and Potassium Content of Leaves and Roots of Purslane (Portulaca oleracea L.). *Journal of Water and Soil*, 24(2), 374-367. (In Farsi).

Rassam, G. Dadkhah, A. and Khoshnoud Yazdi, A. (2015). Evaluation of Water Deficit on Morphological and Physiological Traits of Hyssop (Hyssopus officinalis L.). *Journal of Agronomy Sciences*. 5(10),1-12. (In Farsi).

Rhoades, J. D. 1996. Salinity: Electrical conductivity and total dissolved solids. PP. 417-435. In*:* Sparks, D.L. (Ed.), Methods of Soil Analysis, Part 3, *Chemical Methods*, SSSA and ASA, Madison, WI.

Safari Mohamadiyeh, Z. Moghaddam, M. Abedy, B. and Samiei, L. (2015). Effects of salinity stress on some yield parameters and morphological characteristics of spearmint (Mentha spicata L.) in hydroponic conditions. *Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture*, 6(3), 97-107. (In Farsi).

Sheidaei, S, Zahedi, M. and Mir Mohammadi Meibodo, S. A. M. (2010). Effect of salinity stress on dry matter accumulation and ion distribution pattern in five safflower (Carthamus tinctorius L.) genotypes. *Iranian Journal of Field Crop Science*, 41(4): 811-819 (In Farsi).

Soltani, S. Mousavi, S. F. and Mostafazadeh-Fard, B. (2008). Simultaneous effect of deficit irrigation and salinity on Canola (brassica napus L.) Nutrients Concentrations, Dry matter and soil salinity profile in Greenhouse Condition. *Iranian Water Research Journal*, 3, 65-76. (In Farsi).

Sugiyama, N., M, Hayashi and M. Uehara. (1999). Effect of water stress on Oxalic Acid concentration in spinach leaves. *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science*, 68(6), 1155-1157.

Teimouri, A, and Jafari, M. (2010). The effects of salinity stress on some of anatomical and morphological characteristics in three Salsola species: S. rigida, S. dendroides, S. richteri. *Iranian Journal of Range and Desert Research*, 17(1), 21-34. (In Farsi).

Torabi, M. (2014). Physiological and biochemical responses of plants to salt stress. *The 1st International conference on New ideas in agriculture*, 26-27 Jan., Islamic azad university Khorasgan Branch, Isfahan, Iran.

Udagawa, Y. Ito, T. Tognoni, F. Nukaya, A. and Maruo, T. (1995). Some responses of dill Anethum graveolens and Thymus vulgaris, grown in hydroponics to the concentration of nutrient solution. *Acta Horticulturae*, 396: 203-210.

Vieira, R. D. TeKrony, D. M. and Egli. D. B. (1992). Effect of drought and defoliation stress in the field on soybean seed germination and vigor. *Crop Science Society America*, 32(2), 471-475.

Watanabe, F. S. and Olson, S. R. (1965). Test of an ascorbic acid method for determining phosphorus in water and NaHCO3 extracts from soil. *Soil Science Society America Journal*. 29(6), 677-678.

Xu, C. and Mou, B. (2016). Responses of Spinach to Salinity and Nutrient Deficiency in Growth, Physiology, and Nutritional Value. *Journal of American Society Horticulture Science*, 141(1), 12–21.

Yousif, B. S. Nguyen, N. T. Fukuda, Y. Hakata, H. Okamoto, Y. Masaoka, Y. and Saneoka, H. (2010). Effect of salinity on growth, mineral composition, photosynthesis and water relations of two vegetable crops; New Zealand Spinach (Tetragonia tetragonioides) and water spinach (Ipomoea). *International Journal of Agricultural and Biology*, 12(2), 211-216.

Zahedifar, M. Ronagh,i A. M. Moosavi, S. A. A. and Safarzadeh Shirazi, S. (2010). Influence of Salinity and Nitrogen Levels on Growth, Yield and Nutrients Uptake of Tomato in Hydroponics Culture. *Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture*, 1(2), 31-41. (In Farsi).

Zare Mehrjerdi, M. Nabati, J. Massomi, A. Bagheri, A. R. and Kafi, M. (2011). Evaluation of tolerance to salinity based on root and shoot growth of 11 drought tolerant and sensitive chickpea genotypes at hydroponics conditions. *Iranian Journal of Pulses Research*, 2(2), 83-96.