



مدیریت آب و آبیاری

دوره ۹ ■ شماره ۲ ■ پاییز و زمستان ۱۳۹۸

صفحه‌های ۲۷۵-۲۶۳

امکان‌سنجی استفاده از آب دریای خزر جهت آبیاری گیاه اسفناج (*Spinacia oleracea* L.)

صابر جمالی^۱، فراسات سجادی^۲، ابوطالب هزارجریبی^{۳*}

۱. دانشجوی دکتری، گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، ایران.

۲. دانشجوی دکتری، گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده مهندسی آب و خاک، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ایران.

۳. دانشیار، گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده مهندسی آب و خاک، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ایران.

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۸/۱۰/۲۶

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۸/۰۸/۱۱

چکیده

این تحقیق با هدف بررسی اثر مدیریت‌های تلفیقی آب دریا با آب چاه بر خواص رشدی گیاه اسفناج در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان در سال ۱۳۹۵ انجام شد. تیمارهای مورد استفاده در این پژوهش شامل چهار مدیریت آبیاری (آب چاه، آبیاری یک در میان، نیم در میان و اختلاط ۳۰ درصدی آب دریا و آب چاه) بود. نتایج نشان داد که مدیریت‌های آبیاری در سطح یک درصد بر وزن تر و خشک بوته و وزن خشک ریشه معنی‌دار شده، ولی بر تعداد برگ، وزن تر ریشه، ارتفاع بوته و کلروفیل در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار شد. بیش‌ترین میزان وزن تر و خشک اندام هوایی در تیمار شاهد به ترتیب ۹۶ و ۱۹/۲ گرم بود. با توجه به این‌که در اکثر صفات آبیاری نیم در میان آب دریا و آب چاه نسبت به تیمارهای دیگر (۳۰ درصد و یک در میان) منجر به افت کم‌تر شده، لذا این تیمار جهت آبیاری گیاه اسفناج در شرایط آبیاری با آب شور دریای خزر توصیه می‌شود. تیمار نیم در میان آب دریا و آب چاه منجر به کاهش ۱/۰۵ و ۱/۱ درصدی وزن تر و خشک اندام هوایی شد.

کلیدواژه‌ها: آب نامتعارف، اسفناج، رژیم اختلاطی، رژیم تناوبی، شرایط گلخانه‌ای.

Feasibility of Using Caspian Seawater to Irrigate Spinach (*Spinacia oleracea* L.)

Saber Jamali¹, Farasat Sajadi², Aboutaleb Hezarjaribi^{3*}

1. Ph.D. Candidate, Department of Water Engineering, Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.

2. Ph.D. Candidate, Department of Water Engineering, Faculty of soil and water engineering, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran.

3. Associate Professor, Department of Water Engineering, Faculty of soil and water engineering, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran.

Received: November 02, 2019

Accepted: January 16, 2020

Abstract

The goal of this study was to investigate the effect of conjunctive irrigation with seawater and fresh water on the growth properties of Spinach (*Spinacia oleracea* L.) in greenhouse condition. In this study, four conjunctive use of seawater and fresh water (tap water, irrigation with 1/2 of seawater with tap water, alternate irrigation with seawater and tap water, the mixture of seawater and tap water) is evaluated on yield and yield components of Spinach. The research was done based on completely randomized design including 3 replications as pot planting in Gorgan University of agricultural sciences and natural resources during 2016. The results indicated that the effect of different moderation of irrigation regimes on the shoot and root dry weights, shoot fresh weight was highly significant ($P < 0.01$), but root fresh weights, leaf number, plant height, and chlorophyll were significant at 5 percent levels ($P < 0.05$). The result showed that the highest yield and yield components of Spinach in control treatment and afterward 1/2 seawater followed by 1/2 freshwater irrigation regime compared to other regimes (a mixture of 30:70 seawater and freshwater, alternate regimes), was measured. half alternate of sea water and tap water has resulted in decreasing of shoot fresh and dry weights 1.05 and 1.1 percent, respectively.

Keywords: Conjunctive irrigation, Greenhouse, Spinach, Mixture of water regimes, Unconventional water.

مقدمه

کمیت و کیفیت آب عوامل بسیار مهمی در توسعه کشاورزی می‌باشند. توان آبی کشور بیانگر محدودیت شدید منابع آبی است. از طرف دیگر، افزایش تولید نیز عمدتاً در گرو توسعه کشتزارهای فاریاب می‌باشد. استفاده از آب‌های با کیفیت پایین به‌عنوان یک منبع آب آبیاری در برنامه آینده توسعه کشتزارهای آبی با اعمال روش‌های مدیریتی صحیح جهت تداوم پایداری کشاورزی و نیل به عملکرد معقول بایستی مورد توجه جدی قرار گیرد. افزایش و رشد جمعیت دنیا و نیاز بیش‌تر انسان‌ها به تولیدات کشاورزی از مسائل مهمی است که امروزه بشر با آن روبه‌رو است. یکی از ویژگی‌های نواحی خشک و نیمه‌خشک که اکثر نقاط ایران را شامل می‌شود، شوری و سدیمی بودن اراضی و منابع آبی است که برای آبیاری مصرف می‌شود (۱۲). بحران آب یکی از مسائلی است که در سال‌های اخیر به‌دلیل خشکسالی‌های پی در پی به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک حادث شده است. استفاده از آب‌های نامتعارف جهت جبران کمبود منابع آبی و مدیریت آن (نظیر روش تناوبی و اختلاطی)، روشی است که مورد توجه مسئولین مربوطه قرار گرفته است (۱۳). آب دریا از جمله این منابع می‌باشد که در صورتی که تأثیر منفی بر خصوصیات خاک و همچنین آب مناطق نداشته باشد، می‌تواند در طرح‌های مختلفی از جمله طرح‌های بیابان زدایی جهت آبیاری گیاهان مورد استفاده قرار گیرد (۱). تنش‌های محیطی مانند شوری منجر به کاهش رشد و عملکرد گیاهان زراعی می‌گردند، لذا بررسی پاسخ گیاهان به تنش‌های محیطی در گیاهان مختلف حائز اهمیت است (۱۰ و ۱۸)، از این‌رو پژوهش‌گران مختلفی بر روی اثر تنش شوری بر روی گیاهان مختلف پژوهش و تحقیقاتی داشته‌اند که مختصراً در ذیل بدان‌ها اشاره می‌شود.

ارس و سوارز (۲۷) در پژوهشی بر روی گیاه اسفناج نشان دادند که افزایش شوری تا ۷ دسی‌زیمنس بر متر نسبت

به تیمار شاهد منجر به افزایش معنی‌دار وزن خشک ریشه و گیاه، ارتفاع گیاه، طول ریشه و شاخص سطح برگ شده است. همچنین ایشان نشان دادند که افزایش شوری بیش از ۷ دسی‌زیمنس بر متر منجر به کاهش تمامی صفات مذکور خواهد شد. عالی‌نژادیان و همکاران (۱۱) در تحقیقی که به منظور بررسی اثر شوری بر رشد و غلظت عناصر غذایی اسفناج انجام شد، نتایج نشان داد که افزایش شوری منجر به کاهش ارتفاع، تعداد برگ، شاخص سطح برگ و کلروفیل برگ شد. همچنین ایشان اظهار داشتند که افزایش شوری به میزان ۳ دسی‌زیمنس بر متر منجر به کاهش معنی‌دار پتاسیم و افزایش فسفر و نیتروژن به‌طور غیر معنی‌دار شد. ارس و سوارز (۲۸) در تحقیقی دیگر به‌منظور بررسی تحمل شوری گیاه اسفناج در تغییرات آب‌وهوای فصلی نشان دادند که با افزایش شوری مقادیر کلروفیل در آزمایش‌های ماه دسامبر بیش‌تر شد. همچنین افزایش شوری تا ۷ دسی‌زیمنس بر متر در ماه ژوئن باعث افزایش معنی‌دار ارتفاع ساقه، سطح برگ و وزن خشک شد و افزایش شوری بیش از ۷ دسی‌زیمنس بر متر باعث کاهش تمامی صفات مذکور در این ماه شد. همچنین تعداد برگ‌ها، ارتفاع ساقه، سطح برگ و وزن خشک گیاه در ماه دسامبر نسبت به ماه ژوئن کم‌تر بود. موازی و همکاران (۲۵) در پژوهش خود که به‌منظور ارزیابی اثرات شوری بر رشد اسفناج تحت شرایط هیدروپونیک اجرا کردند، نشان دادند که شوری اثر منفی روی رشد رویشی و تأثیرات مثبت بر کیفیت (محتوای قندی) دارد. ایشان اظهار داشتند از ۷ تا ۱۴ روز پس از نشاکاری، با افزایش شوری تعداد برگ‌ها کاهش یافت اما از ۲۱ تا ۳۵ روز بعد تعداد برگ‌ها به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای افزایش یافت. به‌طورکلی افزایش شوری تا ۵ ppt نسبت به تیمار شاهد منجر به تفاوت معنی‌داری در ارتفاع گیاه، تعداد برگ و کیفیت رشد اسفناج نشد. در پژوهشی دیگر گونسر و ملیس (۲۰) بیان کردند که رشد اسفناج با افزایش غلظت NaCl تا ۴۰۰ میلی‌مولار

در هر بوته در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود. تیمار متناوب نیم در میان، متناوب یک در میان و اختلاط آب دریا منجر به کاهش ۲۸/۷، ۲۶/۴ و ۵۵/۸ درصدی عملکرد شد. با توجه به این‌که خشکی و کم‌آبی در ایران همواره از مهم‌ترین مسائل و مشکلات کشاورزی است و از این پدیده طبیعی و غیرقابل تغییر راه فراری نیست و با عنایت به تأثیر منفی خشکی در محدود نمودن تولید محصولات، نیاز به معرفی روش‌های مدیریتی نظیر استفاده از آب‌های نامتعارف مانند آب دریا و مدیریت‌های مختلف استفاده از آب‌های شور (آب دریا) می‌باشد. با توجه به شوری بخشی از اراضی استان گلستان، کمبود منابع آب چاه و اهمیت گیاه اسفناج در سبد غذایی مردم به‌عنوان سبزی، این تحقیق با هدف امکان‌سنجی استفاده از آب دریا و تأثیر رژیم‌های تلفیقی جهت آبیاری گیاه اسفناج انجام گردید.

مواد و روش‌ها

محل انجام آزمایش

این پژوهش با هدف بررسی اثر مدیریت تلفیقی آب دریا بر توسعه ریشه گیاه دارویی اسفناج در گلخانه تحقیقاتی گروه مهندسی آب دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان با طول جغرافیایی ۵۴ درجه و ۱۶ دقیقه، عرض ۳۶ درجه و ۵۱ دقیقه و ارتفاع ۱۳/۳ متر از سطح دریا در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار بر پایه کشت گلدانی در سال ۱۳۹۵ بر روی گیاه اسفناج با نام علمی (*Spinacia oleracea L.*)، اجرا گردید.

آماده‌سازی بستر و آزمایش‌های قبل از انجام پژوهش

با توجه به این‌که پژوهش مذکور بر پایه کشت گلدانی بوده در ابتدا ۱۲ گلدان به قطر ۲۰ و ارتفاع ۳۰ سانتی‌متر که دارای زهکش انتهایی بودند، تهیه گردید. ابتدا به مقدار مساوی سنگ‌ریزه در کف هرکدام از گلدان‌ها جهت بهبود تهویه و

کاهش پیدا کرد و تأثیرات شوری بر برگ‌های گیاه شدیدتر از ریشه‌ها بوده است. کاهش وزن تر برگ ۷-۹ درصد و وزن ریشه ۵ درصد بود. نتایج پژوهش یوسف و همکاران (۳۲) نشان داد که استفاده از نمک کلریدکلسیم، وزن خشک اسفناج رقم آبی کاهش و وزن خشک رقم نیوزلند افزایش پیدا کرده است. همچنین نتایج نشان داد که سازگاری اسفناج رقم نیوزلند در مقایسه با اسفناج رقم آبی بیش‌تر است. شیخی و رونقی (۹) اظهار داشتند که میزان شوری تا ۸ دسی‌زیمنس بر متر (۲ گرم کلریدسدیم) اثر معنی‌داری بر کاهش عملکرد اندام هوایی اسفناج رقم ویروفلی نداشت و تنها در سطح ۱۱/۵ دسی‌زیمنس بر متر (۳ گرم کلریدسدیم) کاهش معنی‌دار در عملکرد رقم مورد آزمایش مشاهده شد. جمالی و همکاران (۴) در تحقیقی که به‌منظور بررسی اثر رژیم‌های تلفیقی آب دریا (نیم در میان، یک در میان و اختلاط ۵۰:۵۰ آب دریا و آب چاه) بر عملکرد و اجزای عملکرد تره ایرانی اجرا کردند، نشان دادند که رژیم‌های آبیاری بر صفات شاخص سبزی‌نگی، وزن تر اندام هوایی، ارتفاع بوته، تعداد برگ در بوته، وزن تر و خشک ریشه در سطح ۱ درصد و بر وزن خشک اندام هوایی و طول ریشه در سطح ۵ درصد معنی‌دار بود. تیمار متناوب نیم در میان، متناوب یک در میان و اختلاط آب شور دریا به کاهش ۱۲/۱، ۲۴/۹ و ۳۳/۷ درصدی عملکرد انجامید. ایشان اظهار کردند که تیمار آبیاری نیم در میان به‌دلیل اعمال شوری خاک کم‌تر و امکان دستیابی بیش‌تر به آب معمولی در لایه سطحی، بهترین عملکرد را در مقایسه با تیمارهای شوری مورد بررسی داشت. جمالی و همکاران (۵) در مطالعه‌ای به‌منظور بررسی اثر رژیم‌های تلفیقی آب دریا بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه جعفری نشان دادند که رژیم‌های مختلف آبیاری بر وزن تر و خشک ریشه، ارتفاع ریشه، ارتفاع بوته و وزن خشک اندام هوایی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بوده ولی بر وزن تر اندام هوایی و تعداد برگ

قابلیت هدایت الکتریکی خاک در عصاره گل اشباع به وسیله هدایت سنج الکتریکی و اسیدیته خاک در گل اشباع با استفاده از اسیدیته سنج، چگالی ظاهری خاک به روش استوانه‌ای (در مزرعه) اندازه‌گیری شد. خاک مورد استفاده دارای بافت سیلتی رسی بوده که دارای EC و pH به ترتیب برابر با ۰/۶ و ۷/۵۳ بود. لازم به ذکر است که خاک مورد استفاده دارای چگالی ظاهری برابر با ۱/۶۲ گرم در سانتی متر مکعب بود (جدول ۱).

مراحل کاشت، داشت و برداشت

تیمارهای آبیاری در چهار سطح شامل W_1 : تیمار شاهد (آبیاری با آب چاه در تمام طول فصل رشد)، W_2 : نیم در میان حجمی (اعمال آبیاری به صورت رژیم‌های تناوبی حجمی بوده، به طوری که نیمی از حجم آبیاری در ابتدا با آب دریا آبیاری شده و پس از این که آب در خاک نفوذ کرد، نیمی دیگر از حجم آبیاری با آب چاه آبیاری می‌شود)، W_3 : اختلاط ۳۰ درصدی آب دریا (مخزنی برای این تیمار تعبیه شده، به طوری که برای هر دوره آبیاری ۳۰ درصد از حجم مورد نیاز از آب دریا و ۷۰ درصد از آب چاه) و W_4 : تیمار یک در میان زمانی (آبیاری به صورت یک در میان، یکبار آب دریا و بار دیگر با آب چاه) بوده و از مرحله چهار برگی شدن بوته‌ها اعمال شد. خصوصیات شیمیایی آب دریا و شهری در جدول (۲) ارائه شده است. در تاریخ ۱ آذر ۱۳۹۵، ۱۰ بذر گیاه اسفناج توده محلی گرگان در عمق ۲ سانتی متری کشت شد. پس از رسیدن به مرحله ۴ برگچه‌ای تراکم بوته‌ها در هر گلدان به ۴ بوته تقلیل یافت. دور آبیاری و عمق آبیاری در این طرح ثابت بوده که با استفاده از روش وزنی میزان آب آبیاری تعیین شد. ۲۰ روز پس از کشت گیاه و زمانی که گیاه در خاک مستقر شد، آبیاری تمام تیمارها به یک مقدار مشابه و به میزان ظرفیت زراعی (FC) انجام شد. سپس اعمال تیمارها صورت پذیرفت.

زهکشی قرار داده و ۵ سانتی متر بالایی گلدان‌ها به منظور اعمال آبیاری خالی در نظر گرفته و بقیه حجم خالی گلدان‌ها از خاک مرکب با استفاده از ترازو به صورت هم‌وزن پر شدند. سپس با افزودن آب، خاک هر گلدان را به درجه اشباع رسانده و به مدت ۴۸ ساعت روی سطح مشبک قرار داده شدند تا هر گلدان پس از زهکشی آب اضافی به ظرفیت زراعی برسد. در این مرحله گلدان‌ها به سرعت وزن شده و خاک آن‌ها در دمای ۱۰۵ درجه به مدت ۴۸ ساعت کاملاً خشک گردید. در ادامه پس از مشخص شدن درصد وزنی رطوبت خاک در ظرفیت زراعی مزرعه، میزان رطوبت موجود در خاک برای اعمال تیمارهای رطوبتی مختلف مشخص شد تا با توزین روزانه گلدان نمونه در هر تیمار، کسری آب محاسبه شد و مقدار آب مورد نیاز به گلدان‌ها در روز سوم اضافه شد (لازم به ذکر است در این پژوهش ۳۰ درصد آبشویی در نظر گرفته شده است). برای کنترل وزن خشک بوته‌ها، هر تیمار رطوبتی دارای گلدان اضافی بود تا وزن خشک بوته‌ها به وزن خشک گلدان‌ها اضافه شود و مقدار صحیحی از آب در زمان اعمال تیمارهای رطوبتی به هر گلدان اختصاص یابد. جهت جلوگیری از نشست خاک در گلدان و رسیدن به وزن مخصوص ظاهری خاک مزرعه، پر کردن خاک گلدان به صورت تدریجی و در لابه‌های پنج سانتی متری همراه با کوبش انجام شد. به منظور از بین بردن شوری، محیط کشت گلدان‌ها را با آب چاه اشباع کرده و اجازه داده شد که آب از زهکشی‌های آن خارج شود. قبل از کاشت، نمونه مرکبی از خاک مزرعه با نسبت ۵۰ درصد خاک (سرنده شده با الک شماره ۴)، ۳۰ درصد کود گاوی پوسیده و ۲۰ درصد پرلیت تهیه شده و جهت تجزیه‌های فیزیکی و شیمیایی خاک به آزمایشگاه آبیاری و زهکشی انتقال داده شد. برای تعیین توزیع اندازه ذرات خاک از روش هیدرومتری استفاده شد.

امکان‌سنجی استفاده از آب دریای خزر جهت آبیاری گیاه اسفناج (*Spinacia oleracea L.*)

جدول ۱. برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

بافت خاک	رطوبت وزنی (%)		هدایت الکتریکی (dSm ⁻¹)	pH	نیترژن (%)	فسفر (mgKg ⁻¹)	پتاسیم (mgKg ⁻¹)
	حد ظرفیت زراعی	حد پژمردگی دائم					
سیلتی رسی	۳۶	۱۷	۰/۶	۷/۵۳	۰/۲۳	۷/۸	۳۷۱

جدول ۲. خصوصیات شیمیایی آب آبیاری مورد استفاده

کیفیت آب	SAR	Cl (meq/L)	Na (meq/L)	K (meq/L)	Ca (meq/L)	Mg (meq/L)	SO ₄ (meq/L)	HCO ₃ (meq/L)	EC ₂₅ (dS/m)	pH
آب چاه	۰/۱۴	۱	۰/۲۷	۰/۴۸	۴/۴	۲/۸	۰/۷	۷	۰/۵	۷/۰۵
اختلاط ۳۰:۷۰ آب دریا و چاه	۱۴/۵	۴۳/۷	۴۸/۳	۳/۷	۹/۲	۱۳/۱	۱۰/۸	۱۳/۲	۷/۵	۷/۳۵
آب دریا	۳۶	۲۲۱	۲۳۷/۹	۸/۲۱	۲۵/۲	۶۱/۷۱	۲۴/۵	۳۱/۵	۲۵/۴	۸

با استفاده از نرم‌افزار SAS. Ver. 9.0 و مقایسه میانگین تیمارها با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد و رسم نمودار با استفاده از نرم‌افزار Excel انجام گرفت.

نتایج و بحث

پس از اجرای طرح و کف‌بری گیاهان خاک آنها نیز مورد آزمایش قرار گرفته و در جدول (۳) شوری و pH خاک قبل و بعد از اجرای آزمایش نشان داده شده است. نتایج آزمایش خاک نشان داد که استفاده از آب دریا به‌صورت نیم در میان حجمی نسبت به سایر روش‌های تلفیقی مورد استفاده تجمع املاح کم‌تری را داشته است. پس از این تیمار، تیمار آبیاری یک در میان با آب دریا و چاه نیز پروفیل خاک را کم‌تر از رژیم اختلاطی مورد خطر تجمع نمک قرار داده است.

مطابق جدول تجزیه واریانس (جدول ۴) نتایج نشان‌دهنده معنی‌داری در سطح یک درصد شوری آب آبیاری بر روی وزن تر بوته، وزن خشک بوته و ریشه بوده ولی بر روی تعداد برگ در بوته، وزن تر ریشه، ارتفاع بوته و شاخص کلروفیل در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد. نتایج تجزیه واریانس نشان‌دهنده عدم معنی‌داری شوری بر روی طول ریشه است.

EC₂₅ هدایت الکتریکی آب در دما ۲۵ درجه سانتی‌گراد
دور آبیاری براساس نیاز آبی گیاه دو روز در میان در نظر گرفته شد. پس از برداشت بوته‌ها، آثار مدیریت‌های مختلف تلفیقی آب دریا بر صفات مورفولوژیک گیاه اسفناج با اندازه‌گیری پارامترهای وزن تر و خشک ریشه و بوته، ارتفاع بوته، طول ریشه، شاخص سبزیگی و تعداد برگ در بوته مورد بررسی قرار گرفت. برای این منظور قسمت هوایی بوته‌ها پس از اتمام فصل رشد (در تاریخ ۱ بهمن ۱۳۹۵)، قطع و ریشه گیاه با خارج کردن خاک گلدان‌ها به‌صورت یک‌جا خارج شد. ریشه‌های هر گلدان پس از چندین بار شست‌وشو از خاک جدا شدند. برای اندازه‌گیری وزن ریشه‌ها در حالت تر و خشک از روش توزین با ترازوی دیجیتالی دارای دقت ۰/۰۰۱ گرم استفاده شد. برای این منظور ریشه‌ها درون پاکت قرار گرفتند و وزن ریشه‌های تر به‌دست آمد. در گام بعدی پاکت‌ها با قرارگرفتن در درون آون با دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۴۸ ساعت خشک شده و وزن ریشه‌های خشک به‌دست آمد. طول ریشه نیز برحسب سانتی‌متر با استفاده از خط‌کش با دقت ۰/۱ میلی‌متر در هر تیمار گیاه اسفناج تخمین زده شد.

تحلیل آماری

در پایان بعد از جمع‌آوری داده‌ها، تجزیه و تحلیل داده‌ها

جدول ۳. تغییرات شوری و pH خاک در تیمارهای مختلف مدیریت آب دریا تحت کشت اسفناج

تیمار	EC		pH	
	در زمان کاشت	بعد از اعمال تیمار	در زمان کاشت	بعد از اعمال تیمار
شاهد		۳/۷		۷/۵۹
نیم در میان	۰/۶	۹/۹	۷/۵۳	۷/۴۹
یک در میان		۱۴/۸		۷/۵۲
اختلاط ۳۰:۷۰ آب دریا و چاه		۲۳/۲		۷/۵۷

جدول ۴. تجزیه واریانس شاخص‌های رشدی و عملکرد گیاه اسفناج

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات					
		تعداد برگ	وزن تر	وزن تر	ارتفاع	طول	وزن خشک
شوری آب آبیاری	۳	۱/۳۳*	۱۶۰۲/۲**	۹/۵*	۶۲/۰۸*	۴/۱ ^{ns}	۶۴/۱**
خطا	۸	۰/۳۴	۳۵/۶	۰/۲	۴/۶	۳/۵	۱/۴
ضریب تغییرات		۶/۲	۷/۲	۸/۱	۱۱/۳	۱۲/۶	۷/۲

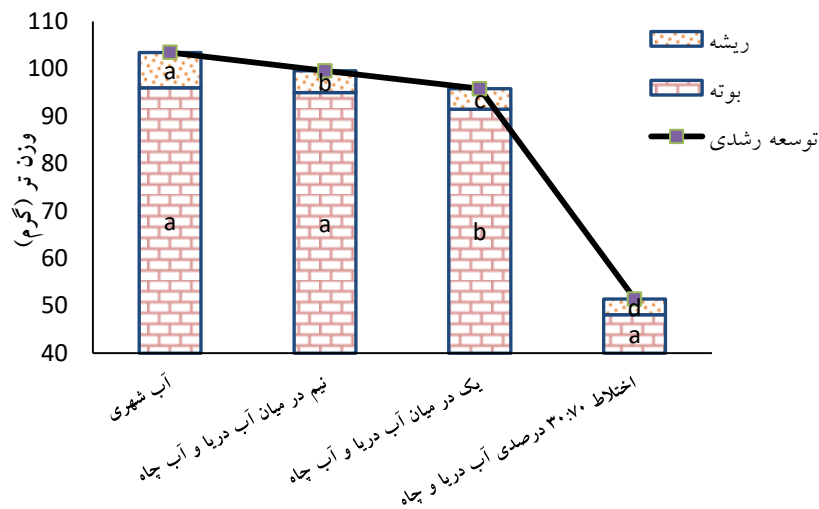
***، ** و ns اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد و نبود اختلاف معنی‌دار.

وزن تر بوته و ریشه

مطابق نتایج نشان داده شده در شکل (۱) شوری آب آبیاری بر روی مقایسه میانگین‌های وزن تر بوته اثر معنی‌داری در سطح ۵ درصد نشان داده است. نتایج گویای این موضوع است که بین سطوح شوری یک در میان و نیم در میان اختلاط آب دریا و آب چاه در سطح پنج درصد اختلاف معنی‌داری وجود نداشته است. مطابق شکل (۱) بیش‌ترین میزان وزن تر بوته مربوط به تیمار شاهد (۹۶ گرم) و کم‌ترین میزان این صفت نیز در تیمار آبیاری به میزان ۳۰ درصد اختلاط آب دریا و آب چاه (۴۸/۱ گرم) مشاهده شد. افزودن آب شور به آب آبیاری به میزان نیم در میان و ۳۰ درصد به‌ترتیب منجر به کاهش ۱/۰۵ و ۵۰/۱ درصدی وزن تر بوته شده است، هم‌چنین نتایج نشان داد که رژیم تلفیقی یک در میان آب دریا و آب چاه منجر به کاهش ۴/۷ درصدی وزن تر بوته شده است. مطابق نتایج به‌دست‌آمده و از آنجایی که از برگ‌های

گیاه اسفناج استفاده می‌شود و با عنایت به موضوع کمبود منابع آب چاه در ایران می‌توان از تیمارهای نیم در میان و یک در میان آب دریا و آب چاه با در نظر گرفتن معضلات زیست‌محیطی استفاده از آب دریا بر روی شوری خاک (این تحقیق با هدف استفاده از آب دریا در مناطقی از استان گلستان نظیر آق‌قلا که خاک شور است، اجرا شده است) استفاده کرد. نتایج مقایسه میانگین‌های وزن تر ریشه مطابق شکل (۱) گویای این موضوع است که شوری آب آبیاری بر روی وزن تر ریشه اثر معنی‌داری در سطح ۵ درصد نشان داده است. مطابق شکل (۱) بیش‌ترین میزان وزن تر ریشه در تیمار شاهد با ۷/۴۵ گرم و کم‌ترین مقدار آن نیز در تیمار آبیاری به میزان ۳۰ درصد اختلاط آب دریا و آب چاه با ۳/۳۲ گرم مشاهده شد. همان‌طور که در شکل (۱) مشاهده می‌شود آبیاری با آب شور منجر به کاهش توسعه رشدی گیاه شده و در تیمار ۳۰ درصد اختلاط آب دریا به حداقل توسعه رشدی رسیده است.

امکان‌سنجی استفاده از آب دریای خزر جهت آبیاری گیاه اسفناج (*Spinacia oleracea L.*)



شکل ۱. تغییرات وزن تر بوته، ریشه و توسعه رشدی گیاه اسفناج تحت رژیم‌های تلفیقی آب دریا و چاه

وزن خشک بوته و ریشه

مطابق شکل (۲) نتایج مقایسه میانگین‌های وزن خشک بوته و ریشه نشان داد که افزایش شوری به میزان نیم در میان و استفاده یک در میان آب دریا و آب چاه نسبت به تیمار شاهد در صفت وزن خشک بوته تفاوت معنی‌داری در سطح ۵ درصد ایجاد نکرده ولی افزایش ۳۰ درصدی آب دریا به آب چاه منجر به تفاوت معنی‌دار این صفت نسبت به تیمار شاهد شده است. در صفت وزن خشک ریشه نیز نتایج گویای این موضوع است که افزودن نیم در میانی آب دریا به آب آبیاری و استفاده یک در میان آب دریا و چاه در سطح احتمال ۵ درصد دارای اختلاف معنی‌داری در مقایسه میانگین‌ها نیستند. بیش‌ترین میزان از وزن خشک بوته و ریشه به ترتیب در تیمار شاهد با ۱۹/۲ و ۱/۱۲ گرم مشاهده شده و کم‌ترین مقدار این صفات نیز با ۹/۶۲ گرم وزن خشک بوته و ۰/۵ گرم وزن خشک ریشه در تیمار استفاده از اختلاط ۳۰ درصدی آب دریا و آب چاه در آبیاری مشاهده شد.

ارتفاع گیاه

مطابق نتایج نشان داده شده در شکل (۳) شوری آب آبیاری

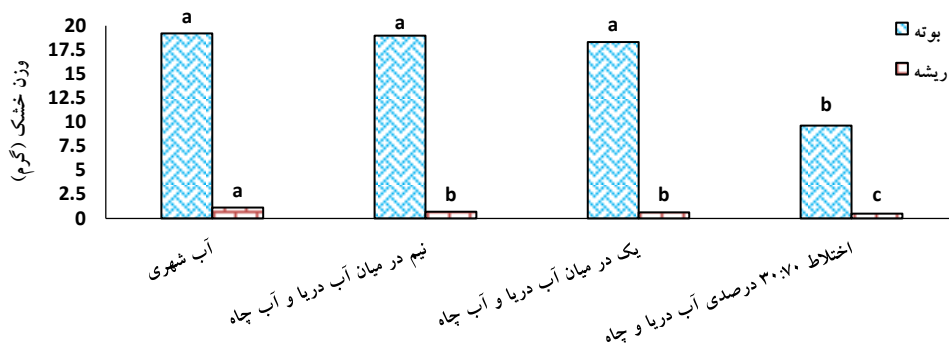
بر روی مقایسه میانگین‌های ارتفاع بوته اثر معنی‌داری در سطح ۵ درصد نشان داده است. نتایج گویای این موضوع است که بین سطوح شوری یک در میان و نیم در میان اختلاف آب دریا و آب چاه در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌داری وجود نداشته است. مطابق شکل (۳) بیش‌ترین میزان ارتفاع بوته مربوط به تیمار شاهد (۲۴ سانتی‌متر) و کم‌ترین میزان این صفت نیز در تیمار آبیاری به میزان ۳۰ درصد اختلاط آب دریا و آب چاه (۱۲/۹ سانتی‌متر) مشاهده شد. افزودن آب شور به آب آبیاری به میزان نیم در میان و ۳۰ درصد به ترتیب منجر به کاهش ۱۷/۷ و ۴۶ درصدی ارتفاع بوته شده است، هم‌چنین نتایج نشان داد که رژیم تلفیقی یک در میان آب دریا و آب چاه منجر به کاهش ۱۸/۸ درصدی ارتفاع بوته شده است.

شاخص سبزی‌نگی و تعداد برگ در بوته

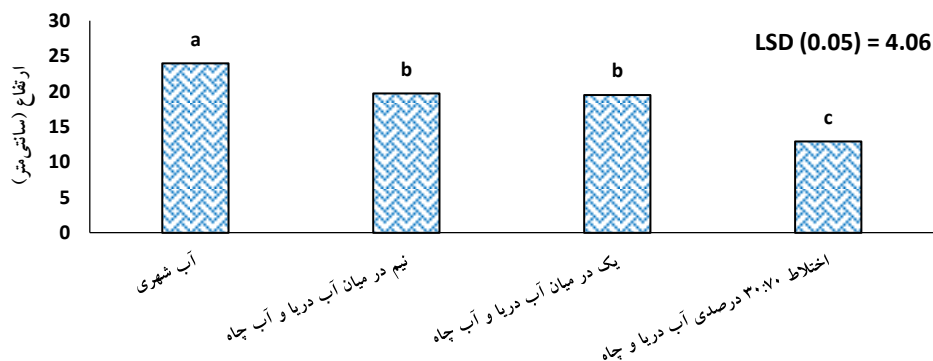
مطابق شکل‌های (۴) و (۵) نتایج مقایسه میانگین‌های شاخص سبزی‌نگی و تعداد برگ در بوته نشان داد که افزایش شوری به میزان نیم در میان و ۳۰ درصدی آب دریا و آب چاه نسبت به تیمار شاهد در صفت شاخص سبزی‌نگی

برگ در بوته به ترتیب در تیمار شاهد با ۵۳/۴ و ۹/۷ برگ (میانگین سه تکرار است) مشاهده شده و کمترین مقدار شاخص سبزینگی با ۳۸/۴ گرم در تیمار آبیاری یک در میان و ۸/۳ برگ (میانگین سه تکرار است) در تیمار استفاده از اختلاط ۳۰ درصدی آب دریا و آب چاه در آبیاری مشاهده شد.

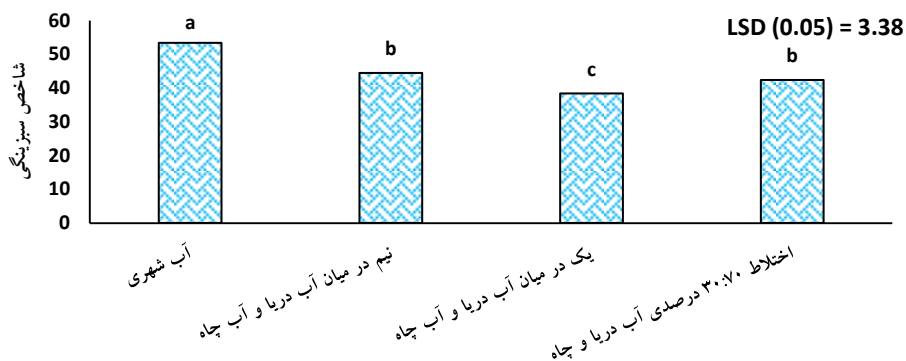
تفاوت معنی داری در سطح ۵ درصد ایجاد نکرده است. در صفت تعداد برگ در بوته نیز نتایج گویای این موضوع است که افزودن نیم در میانی آب دریا به آب آبیاری و استفاده یک در میان آب دریا و چاه در سطح احتمال ۵ درصد دارای اختلاف معنی داری در مقایسه میانگین‌ها نسبت به تیمار شاهد نیستند. بیشترین میزان از شاخص سبزینگی و تعداد



شکل ۲. تغییرات وزن خشک بوته و ریشه گیاه اسفناج تحت رژیم‌های تلفیقی آب دریا و چاه

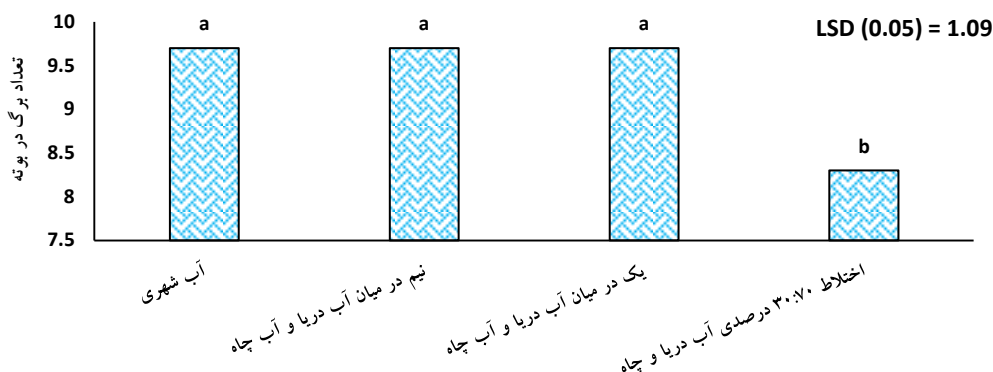


شکل ۳. تغییرات ارتفاع گیاه اسفناج تحت رژیم‌های تلفیقی آب دریا و چاه



شکل ۴. تغییرات شاخص سبزینگی گیاه اسفناج تحت رژیم‌های تلفیقی آب دریا و چاه

امکان‌سنجی استفاده از آب دریای خزر جهت آبیاری گیاه اسفناج (*Spinacia oleracea L.*)



شکل ۵. تغییرات تعداد برگ گیاه اسفناج تحت رژیم‌های تلفیقی آب دریا و چاه

اسمزی، یونها در واکنش‌ها، سیتوسول و دیگر اندامک‌ها انباشته شوند (۱۴). کاهش رشد گیاه تحت شوری ممکن است بر اثر اختلال جذب عناصر غذایی، بر هم زدن تعادل یونی یا کاهش پتانسیل آب در خاک و تنش اسمزی یا به علت تغییر فراهمی آنزیم‌های مؤثر در فعالیت دستگاه فتوسنتزکننده گیاه ایجاد شده باشد. طول ساقه و ریشه مهم‌ترین پارامترهای مونیتورینگ آثار تنش‌های محیطی، به ویژه تنش‌های شوری و خشکی محسوب می‌شوند؛ زیرا ریشه در تماس مستقیم با خاک بوده و آب و املاح را از خاک جذب می‌کند و ساقه آن را به سایر قسمت‌های گیاه منتقل می‌کند. بنابراین، تغییرات طولی این دو پارامتر (ساقه و ریشه)، نشانه مهمی برای پاسخ گیاهان به تنش شوری به حساب می‌آید (۲۱). از طرفی کاهش تعداد برگ‌ها و شاخساره‌ها منجر به کاهش فعالیت‌های فتوسنتزی گیاهان شده، به طوری که وزن ریشه‌ها نیز که خود مصرف‌کننده مواد حاصل از فتوسنتز گیاهان است، کاهش می‌یابد (۲۳). هم‌چنین پژوهش‌گران اظهار داشته‌اند که غلظت بالای املاح در آب‌های شور منجر به اختلال در پتانسیل آب و تعادل یونی در گیاهان شده، به طوری که این اختلالات منجر به آسیب‌های جبران‌ناپذیری در سطح مولکولی شده که با ادامه این شرایط باعث توقف رشد و مرگ گیاه

وزن خشک اندام هوایی گیاه هم از طریق کاهش رشد رویشی و هم از طریق کاهش فتوسنتز تحت تأثیر قرار می‌گیرد (۲). با توجه به کاهش سطح و تعداد برگ با افزایش شوری، چنین برداشتی می‌شود که میزان دریافت نور و در نتیجه فتوسنتز خالص و تجمع ماده خشک کاهش یافته و وزن خشک قسمت هوایی که مجموع وزن خشک ساقه و برگ است کاهش می‌یابد. کاهش عملکرد در شرایط شوری احتمالاً به علت تغییر در انتقال فرآورده‌های فتوسنتزی به ریشه‌ها، کاهش رشد بخش هوایی (به ویژه برگ‌ها) و یا به دلیل بسته شدن جزئی یا کلی روزنه‌ها یا به علت اثر مستقیم نمک بر سیستم فتوسنتزی و یا تأثیر بر توازن یونی در گیاهان است (۸). از طرفی با گذشت زمان، کاهش حجیم شدن سلول و نیز کندی تقسیم سلولی برگ مشاهده شده و اندازه نهایی آن کوچک می‌شود. با ادامه یافتن تنش شوری، غلظت یونها در برگ‌های مسن به حد سمیت رسیده، بنابراین آنها زودتر می‌میرند (۲۴). هم‌چنین در شرایط تنش شوری، گیاه به منظور حفظ فعالیت‌های متابولیکی خود نیازمند تولید حفاظت‌کننده‌های اسمزی و نیز تنظیم اسمزی به منظور حفاظت پروتئین‌های غشای سلولی و نیز حفاظت آنزیم‌ها از تخریب می‌باشد و باید برای تعادل فشار

است (۳). یکی از تغییرات بیوشیمیایی که در تنش‌های محیطی از جمله تنش شوری رخ می‌دهد، تولید انواع گونه‌های فعال اکسیژن می‌باشد (۱۹). تنش اکسیداتیو در سطح کل گیاه نیز توقف رشد طولی ریشه و ساقه و کاهش ماده‌سازی را به دنبال خواهد داشت (۲۹) و به دنبال کاهش رشد طولی ریشه، وزن تر و خشک ریشه نیز کاهش می‌یابد. استرس شوری باعث برهم خوردن موازنه آب آپوپلاستی و سیمپلاستی می‌شود و نهایتاً باعث کاهش تورژسانس سلولی می‌گردد. گیاه برای برقراری مجدد موازنه آب اقدام به ساخت ترکیبات و محافظت‌کننده‌های اسمزی می‌نماید. در صورت ازدست رفتن میزان زیاد آب، رشد گیاه به شدت تحت تأثیر قرار خواهد گرفت (۷). کلروفیل برگ یکی از مهم‌ترین شاخص‌های نشان‌دهنده فشار محیطی وارد بر گیاه است، مقدار کلروفیل در گیاهان تحت تنش کاهش می‌یابد و باعث تغییر در نسبت جذب نور و در نتیجه کاهش کل جذب نور توسط گیاه می‌شود، تغییر سطوح کلروفیل برگ سبب تغییر ویژگی‌های جذب نور شده و میزان جذب تشعشع و بازتابش نور تغییر می‌یابد. از طرفی به نظر می‌رسد افزایش میزان کلروفیل در اثر تنش به دلیل افزایش وزن مخصوص برگ باشد، وقوع تنش میزان سطح برگ را کاهش می‌دهد که ناشی از کاهش اندازه سلول است بنابراین در طی بروز تنش به دلیل وجود سلول‌های بیش‌تر در واحد وزن برگ میزان کلروفیل نیز افزایش می‌یابد (۲۶). کاهش در غلظت کلروفیل احتمالاً به علت اثر مهاری یون‌های تجمع‌یافته نمک‌های مختلف بر روی زیست‌آزمایی کلروفیل است. به علاوه در گیاهان تحت تنش شوری، تخریب فراساختار کلروپلاست شامل غشای پلاستییدی، تیلاکوئیدها (۳۱) و دستگاه‌های فتوسنتزی ممکن است منجر به سمیت مستقیم یون سدیم یا آسیب اکسایشی القاشده توسط تنش شود (۲۲). نتایج این تحقیق با نتایج برخی پژوهش‌گران بر روی اسفناج و کینوا مطابقت داشت (۶، ۹، ۱۱ و ۲۸).

می‌شود (۱۷). کاهش رشد رویشی و وزن خشک به دلیل کاهش آماس سلول‌ها در شرایط شور، متأثر از فرایندهای اسمزی است. از علل دیگر کاهش رشد و عملکرد گیاه در اثر شوری بالا رفتن مصرف انرژی در گیاه برای خروج یون‌های سدیم مهاجم که در محیط به وفور وجود دارند و در نتیجه مصرف مقدار زیادی از انرژی سلولی برای سازش و مقابله با تنش شوری است که به این ترتیب رشد و عملکرد گیاه در نهایت کاهش نشان می‌دهد (۱۶). کاهش وزن خشک ریشه همانند سایر اندام‌های گیاهی در نتیجه اثرات منفی تنش شوری روی می‌دهد. از جمله اثرات مضر شوری بر روی گیاهان می‌توان به سمیت یونی، اختلال در تعادل عناصر غذایی و اختلال در تنظیم اسمزی اشاره کرد. با توجه به این‌که جذب آب و مواد غذایی بر عهده ریشه گیاه بوده و ریشه به عنوان اولین اندامی که با تنش شوری مواجه است، بیش‌ترین اثرات تنش شوری بر گیاه از ناحیه ریشه به گیاه وارد می‌شود. یکی از راه‌کارهای مقابله گیاه با تنش شوری، حفظ آماس سلولی است، که خود نتیجه تنظیم اسمزی به وسیله گیاه می‌باشد. گیاه از طریق جذب نمک، مواد آلی (گلاسیسین بتائین، سوربیتول، مانیتول و پرولین) مورد نیاز تنظیم اسمزی را فراهم کرده، به طوری که ساخت این مواد با صرف انرژی زیادی همراه است. از طرفی صرف انرژی توسط گیاه منجر به کاهش رشد و توسعه ریشه، وزن ریشه و کارایی ریشه برای تأمین و جذب آب و مواد غذایی مورد نیاز برای سایر اندام‌ها می‌شود (۱۵ و ۳۰). بنابراین براساس نتایج به دست آمده می‌توان به این نتیجه رسید که صدمه اسمزی، سمیت یون‌ها و تغییر در تعادل مواد غذایی قابل دسترس از جمله عوامل دخیل در کاهش ارتفاع در محیط شور هستند. از دلایل کاهش ارتفاع گیاه در اثر شوری به خشکی فیزیولوژیکی در محیط ریشه و رقابت بین یون‌های کلر، سولفات و نترات اشاره شده

نتیجه‌گیری

یافته‌های پژوهش حاضر بیانگر این بود که بیش‌ترین وزن تر اندام هوایی (۹۶ گرم) و تعداد برگ (۹/۷ عدد) که از جمله مهم‌ترین پارامترهای عملکردی گیاه اسفناج است، در تیمار شاهد مشاهده شده و کم‌ترین میزان آنها نیز به‌ترتیب با ۴۸/۱ گرم و ۸/۳ عدد در تیمار آبیاری با اختلاط ۳۰ درصدی آب دریا و آب چاه به‌دست آمد. افزودن آب شور به آب آبیاری به میزان نیم در میان و ۳۰ درصد به‌ترتیب منجر به کاهش ۱/۰۵ و ۵۰/۱ درصدی وزن تر بوته شده است، هم‌چنین نتایج نشان داد که رژیم تلفیقی یک در میان آب دریا و آب چاه منجر به کاهش ۴/۷ درصدی وزن تر بوته شده است. مطابق نتایج به‌دست‌آمده و از آنجایی‌که از برگ‌های گیاه اسفناج استفاده می‌شود و با عنایت به موضوع کمبود منابع آب چاه در ایران می‌توان از تیمارهای نیم در میان و یک در میان آب دریا و آب چاه با در نظر گرفتن معضلات زیست‌محیطی استفاده از آب دریا بر روی شوری خاک (این تحقیق با هدف استفاده از آب دریا در مناطقی از استان گلستان نظیر آق‌قلا که خاک شور است، اجرا شده است) استفاده کرد. بنابراین استفاده از مدیریت تلفیقی و کاربرد آب‌های نامتعارف و با کیفیت پایین مثل آب دریا برای آبیاری محصولات کشاورزی در کشور با مدیریت مناسب و مطلوب می‌تواند به‌عنوان 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.

منابع

۱. یافته‌های پژوهش حاضر بیانگر این بود که بیش‌ترین وزن تر اندام هوایی (۹۶ گرم) و تعداد برگ (۹/۷ عدد) که از جمله مهم‌ترین پارامترهای عملکردی گیاه اسفناج است، در تیمار شاهد مشاهده شده و کم‌ترین میزان آنها نیز به‌ترتیب با ۴۸/۱ گرم و ۸/۳ عدد در تیمار آبیاری با اختلاط ۳۰ درصدی آب دریا و آب چاه به‌دست آمد.
۲. افزودن آب شور به آب آبیاری به میزان نیم در میان و ۳۰ درصد به‌ترتیب منجر به کاهش ۱/۰۵ و ۵۰/۱ درصدی وزن تر بوته شده است، هم‌چنین نتایج نشان داد که رژیم تلفیقی یک در میان آب دریا و آب چاه منجر به کاهش ۴/۷ درصدی وزن تر بوته شده است. مطابق نتایج به‌دست‌آمده و از آنجایی‌که از برگ‌های گیاه اسفناج استفاده می‌شود و با عنایت به موضوع کمبود منابع آب چاه در ایران می‌توان از تیمارهای نیم در میان و یک در میان آب دریا و آب چاه با در نظر گرفتن معضلات زیست‌محیطی استفاده از آب دریا بر روی شوری خاک (این تحقیق با هدف استفاده از آب دریا در مناطقی از استان گلستان نظیر آق‌قلا که خاک شور است، اجرا شده است) استفاده کرد.
۳. بنابراین استفاده از مدیریت تلفیقی و کاربرد آب‌های نامتعارف و با کیفیت پایین مثل آب دریا برای آبیاری محصولات کشاورزی در کشور با مدیریت مناسب و مطلوب می‌تواند به‌عنوان 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.
۴. خان‌شهر یزد. چهارمین کنفرانس بین‌المللی برنامه ریزی و مدیریت محیط‌زیست. دانشکده محیط‌زیست دانشگاه تهران. تهران. ایران. ۱-۶.
۵. اکبری ا.، ایزدی دربندی ع.، برزویی ا. و مجدآبادی ع. (۱۳۸۹). بررسی تغییرات مورفولوژیک ژنوتیپ‌های گندم در شرایط تنش شوری. علوم و فنون کشت‌های گلخانه‌ای. ۴: ۷۱-۸۲.
۶. زمانی ص.ع.، نظامی م.ط.، حبیبی د. و بایوردی ا. (۱۳۸۸). بررسی عملکرد و اجزای عملکرد ارقام کلزای پاییزه در شرایط تنش شوری. تنش‌های محیطی در علوم گیاهی. ۱(۱): ۶۹-۸۳.
۷. جمالی ص.، شریفان ح. و سجادی ف. (۱۳۹۶). امکان‌سنجی استفاده از آب دریای خزر جهت آبیاری گیاه تره ایرانی. مدیریت آب و آبیاری. ۷(۱): ۲۹-۴۲.
۸. جمالی ص.، شریفان ح. و سجادی ف. (۱۳۹۶). بررسی اثر آبیاری با روش تلفیق آب دریای خزر و آب چاه بر خواص فیزیولوژیکی و بهره‌وری آب در گیاه جعفری. آبیاری و زهکشی ایران. ۱۱(۶): ۹۳۵-۹۴۶.
۹. جمالی ص.، شریفان ح. و سجادی ف. (۱۳۹۷). اثر توأم رژیم‌های مختلف آب دریا و کم‌آبیاری بر خصوصیات برگ گیاه کینوا (*Titicaca*). مدیریت آب و آبیاری. ۸(۲): ۱۷۷-۱۹۱.
۱۰. چنارانی م.، صفی‌پور افشار ا. و سعید نعمت‌پور ف. (۱۳۹۴). پاسخ‌های فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گیاه نخود زراعی (*Cicer arietinum L.*) به آسکوربیک اسید در تنش شوری. فیزیولوژی و بیوشیمی گیاهی ایران. ۱(۱): ۶۳-۷۶.
۱۱. حیدری شریف‌آباد ح. (۱۳۸۰). گیاه و شوری. انتشارات مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع. تهران. ۱۹۰ صفحه.
۱۲. شیخی ج. و رونقی ع. (۱۳۹۳). اثر سطوح نیتروژن و

16. Arvin, P. (2015) Effect of gibberellin on some morphological traits, photosynthetic pigments content and proline in savory (*Satureja hortensis* L.) under salinity stress conditions. *Crop Production Research*, 7(2), 89-104.
 17. Demiral, T. & Turkan, I. (2004). Comparative lipid peroxidation, antioxidant defense systems and proline content in roots of two rice cultivars differing in salt tolerance. *Environmental and Experimental Botany*, 53, 247-257.
 18. Flowers, T.J. & Flowers, S.A. (2005). Why does salinity pose such a different problem for plant breeders. *Agricultural Water Management*, 78, 15-24.
 19. Garratt, L.C., Janagoudar, B.S., Lowe, K.C., Power, J.B. & Davey, M.R. (2002). Salinity tolerance and antioxidant status in cotton cultures. *Free Radical Biology and Medicine*, 33, 502-511.
 20. Guenther, J.E. & Melis, A. (1987) Targets of salinity stress in spinach. In *Progress in photosynthesis research*. 189-192. Springer, Dordrecht.
 21. Jamil, M., Lee, C.C., Rehman, S.U., Lee, D.B., Ashraf, M. & Rha, E.S. (2005). Salinity (NaCl) tolerance of Brassica species at germination and early seedling growth. *Environmental, Agricultural and Food Chemistry*, 4, 970-976.
 22. Mittler, R. (2002). Oxidative stress, antioxidants and stress tolerance. *Trends Plant Science*, 7, 405-410.
 23. Munns, R., Guo, J., Passioura, J.B. & Cramer, G.R. (2000). Leaf water status controls daytime but not daily rates of leaf expansion in salt-treated barley. *Australian journal of Plant Physiology*, 27, 949-957.
 24. Munns, R. & Tester, M. (2008). Mechanisms of salinity tolerance. *Annual Review of Plant Biology*, 59, 651-681.
 25. Mwazi, F.N., Amoonga, SYLVIA. & Mubiana, F.S. (2010). Evaluation of the effects of salinity on spinach (*Beta vulgaris* var. cicla) grown in a hydroponic system along the coast of Namibia. *Agricola*, 20, 14-17.
 26. Nonami, H. & Boyer, J.S. (1990). Primary events regulating stem growth at low water potentials. *Plant Physiology*, 94, 1601-1609.
 27. Ors, S. & Suarez, D.L. (2017). Spinach biomass yield and physiological response to interactive salinity and water stress. *Agricultural Water Management*, 190, 31-41.
 28. Ors, S. & Suarez, D.L. (2016). Salt tolerance of spinach as related to seasonal climate. *Horticultural Science*, 43, 33-41.
- شوری بر عملکرد، جذب نیتروژن، غلظت نترات و کلروفیل اسفناج و برخی ویژگی‌های خاک پس از برداشت در یک خاک آهکی. علوم و فنون کشت‌های گلخانه‌ای. ۱۲: ۱-۱۱.
۱۰. صالحی م.ر.، امینی ا. و مجیدی هروان ا. (۱۳۹۷). بررسی تأثیر تنش شوری بر شاخص‌های جوانه‌زنی در ارقام و لاین‌های پیشرفته گندم. دومین همایش ملی دانش و فناوری علوم کشاورزی، منابع طبیعی و محیط زیست ایران. تهران. ایران. ۱-۱۰.
۱۱. عالی‌نژادیان بیدآبادی ا.، حسنی م. و ملکی ع. (۱۳۹۷). تأثیر مقدار و شوری آب بر شوری خاک و رشد و غلظت عناصر غذایی اسفناج در گلدان. تحقیقات آب و خاک ایران. ۴۹(۳): ۶۴۱-۶۵۱.
۱۲. علوی س.ا. و کلی خ. (۱۳۹۲). تخمین و بررسی میزان شوری و سدیمی بودن آب آبیاری اراضی کشاورزی (مطالعه موردی: شهرستان رامهرمز). اولین همایش ملی بحران آب. دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوراسگان. اصفهان. ایران. ۱-۶.
۱۳. قائدی س.، افراسیاب پ. و دلبری م. (۱۳۹۶). بررسی مدیریت‌های مختلف تلفیق آب شور و غیرشور بر عملکرد سورگوم علوفه‌ای و توزیع شوری در نیمرخ خاک. مدیریت آب و آبیاری. ۷(۲): ۲۲۷-۲۴۰.
۱۴. کافی م.، برزویی ا.، صالحی م.، کمندی ا.، معصومی ع. و نباتی ج. (۱۳۸۸). فیزیولوژی تنش‌های محیطی در گیاهان. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۵۰۴ صفحه.
۱۵. کافی م.، صالحی م. و عشقی‌زاده ح ر. (۱۳۸۹). کشاورزی شورزیست. راهبردهای مدیریت گیاه، آب و خاک (تالیف). انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد. ۳۸۴ صفحه.

29. Ruley, A.T., Sharma, N.C. & Sahi, S.V. (2004), Antioxidant defense in a lead accumulation plant, *Sensbania drummondii*. *Plant Physiology and Biochemistry*, 42, 899-906.
30. Salehi, M., Kafi, M. & Kiani, A. (2009). Growth analysis of kochia (*Kochia scoparia* (L.) schrad) irrigated with saline water in summer cropping. *Pakistan Journal of Botany*, 41, 1861-1870.
31. Santos, C.V. (2004). Regulation of chlorophyll biosynthesis and degradation by salt stress in sunflower leaves. *Scientia Horticulturae*, 103, 93-99.
32. Yousif, B.S., Nguyen, N.T., Fukuda, Y., Hakata, H., Okamoto, Y., Masaoka, Y. & 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). *Agricultural and Biology*, 12(2), 211-216.