نشریه علمی پژوهشی مهندسی آبیاری و آب ایران
سال دوازدهم. شماره چهل و شش. زمستان۱۴۰۰

اثر کم‌آبیاری با آب شور بر عملکرد و صفات رویشی گیاه اسفناج (Spinacia Oleraceae L.) در یک اقلیم خشک

هادی دهقان[1*]، مهدی مکاری[2]، مسعود محمدی[3]، جواد رمضانی مقدم[4]

تاریخ ارسال: ۱۳۹۹/۰۱/۱۸
تاریخ پذیرش:۱۳۹۹/۰۶/۳۰

مقاله پژوهشی

چکیده

به دلیل کمبود شدید آب شیرین در مناطق خشک و نیمه‌خشک، کشاورزان مجبورند از روش‌های کم‌آبیاری همراه با آب شور استفاده کنند. برای کمی کردن اثر کم‌آبیاری و شوری بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه اسفناج، یک آزمایش گلدانی از تاریخ ۱۱ آبان ۱۳۹۷ تا ۲۸ دی ۱۳۹۷ انجام شد. آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار شامل سه سطح آبیاری (شامل آبیاری کامل (۱۰۰٪ نیاز آبی)= W_1، W_2 =۷۵٪W_1 و W_3 =۵۰٪W_1) و سه فاکتور شوری (آب شرب S_1=۰/۷۵، S_2=۴، S_3=۸ دسی‌زیمنس بر متر) در اقلیم خشک کاشمر اجرا گردید. نتایج نشان داد که تنش جداگانه شوری و کم‌آبیاری بر صفات گیاه شامل وزن‌تر اندام هوایی، سطح برگ، ارتفاع گیاه، ارتفاع ساقه، طول ریشه، وزن خشک اندام هوایی و وزن خشک ریشه اثر معنی‌داری داشته است، ولی اثر متقابل شوری و کم‌آبیاری بر صفات مذکور معنی‌دار نبود. با افزایش شوری و کم‌آبیاری، خصوصیات مورفولوژیک گیاه کاهش یافتند، به‌عنوان مثال، حداکثر وزن‌تر اندام هوایی گیاه (۱۴۷/۱۵ گرم در بوته مربوط به تیمار W_1S_1 و کمترین آن (۳۸/۳۶ گرم در بوته) مربوط به تیمار W_3S_3 بود. نتایج مقایسه میانگین صفات رویشی گیاه نشان داد بین تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی با شوری‌های ۰/۷۵ و ۴ دسی‌زیمنس بر متر اختلاف معنی‌داری وجود نداشت، اما در تیمار شوری شاهد (۰/۷۵ دسی‌زیمنس بر متر) بین سطوح مختلف کم‌آبیاری تفاوت معنی‌داری وجود دارد. با توجه به نتایج فوق می‌توان گفت که گیاه اسفناج نسبت به کم‌آبیاری حساس‌تر از شوری بوده و بایستی در طول فصل رشد از اعمال کم‌آبیاری به گیاه اجتناب شود.

واژه‌های کلیدی: اسفناج، تنش شوری، طرح کاملاً تصادفی، کاشمر، کم‌آبیاری، Minitab

۱- استادیار، گروه علوم و مهندسی آب، مرکز آموزش عالی کاشمر، کاشمر، ایران، ۰۹۱۳۹۴۹۶۲۲۷، h.dehghan@kashmar.ac.ir (نویسنده مسئول)
۲- استادیار، گروه علوم و مهندسی آب، مرکز آموزش عالی کاشمر، کاشمر، ایران، ۰۹۳۹۸۸۲۱۹۶۰، Mehdimokari@gmail.com
۳- دانش‌آموخته دکتری، گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران، ۰۹۱۵۹۲۳۴۰۶۲، Mmohammadi_64@yahoo.com
۴- استادیار گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران، ۰۹۱۵۹۲۴۸۰۵۷، j_ramezani@uma.ac.ir

مقدمه

استان خراسان رضوی با متوسط کسری مخزن ۱۰۸۱ میلیون مترمکعب در سال بیشترین کسری مخازن را بین استان‌های کشور دارا می‌باشد و از نظر کیفی نیز منابع آب در وضعیت مناسبی نیستند، به‌طوری‌که در بعضی از مناطق شوری به حدود ۲۰ دسی‌زیمنس بر متر رسیده است. دشت کاشمر از جمله دشت‌های ممنوعه بحرانی در استان خراسان رضوی با کسری مخزن ۳۶ میلیون متر-مکعب می‌باشد که شوری آن در بعضی مناطق به ۱۷/۵ دسی‌زیمنس بر متر رسیده است (بی‌نام، ۱۳۹۷). با توجه به افت کمی و کیفی منابع آب زیرزمینی، استفاده از آب-های شور و اعمال تکنیک‌های کم‌آبیاری ضروری به نظر می‌رسد، لذا لازم است واکنش گیاهان مختلف تحت تنش‌های شوری و خشکی بررسی گردد و به‌عنوان راهبردی جهت بهینه‌سازی مصرف آب در مزرعه مورد استفاده قرار گیرد.

تنش‌های خشکی و شوری دو عامل مهم محدود-کننده رشد و تولید محصولات کشاورزی در سراسر جهان می‌باشند و مناطق تحت تأثیر این تنش‌ها در حال افزایش است (Ors and Suarez, 2017 ;Wang et al., 2003). گیاه اسفناج با نام علمی .Spinacia oleracea L و از خانواده Chenopodiaceae بومی مناطق مرکزی آسیا و به احتمال قوی ایران است که از سبزی‌های دیگر نسبت به شوری مقاوم‌تر است. اسفناج از مهم‌ترین سبزی‌های برگی است که دارای ارزش غذایی مهمی بوده و برگ‌ها و ساقه‌های آن به‌صورت تازه یا فرآوری شده مصرف می‌شود (شیخی و رونقی، ۱۳۹۲). آستانه شوری آب آبیاری قابل تحمل برای گیاه اسفناج ۱/۳ دسی‌زیمنس بر متر می‌باشد (علیزاده، ۱۳۸۳)، با این حال نتایج برخی مطالعات نشان داده است این گیاه تا شوری آب آبیاری چهار دسی-زیمنس بر متر هیچ‌گونه کاهش عملکردی نداشت (Pasternak and Malach, 1994; Xu and Mou, 2016). در مطالعه‌ای جلالی و جعفری (۱۳۹۵) تأثیر محلول‌پاشی پتاسیم در کاهش اثرات مضر شوری را در گیاه اسفناج بررسی کردند. شوری آب آبیاری در سه سطح ۲ (شاهد)، ۴ و ۸ دسی‌زیمنس بر متر به‌عنوان کرت‌های اصلی و دو سطح استفاده از کود پتاسیم شامل شاهد و محلول‌پاشی اکسید پتاسیم محلول در آب (۲/۵ میلی‌لیتر در هر لیتر) به‌عنوان کرت‌های فرعی بودند. نتایج نشان داد افت عملکرد در تیمار محلول‌پاشی پتاسیم و شوری ۸ دسی‌زیمنس بر متر و همچنین تیمار شوری ۸ دسی-زیمنس بر متر و بدون محلول‌پاشی پتاسیم به ترتیب برابر با ۲۰/۲ و ۳۸ درصد بود. در شرایط تنش شوری، محلول-پاشی پتاسیم می‌تواند به‌عنوان یک عامل تعدیل‌کننده شوری مورد استفاده قرار گیرد. Jabeen et al. (2019) رشد گیاه اسفناج را در رژیم‌های مختلف آبیاری بررسی کردند. نتایج نشان داد اعمال تیمارهای کم‌آبیاری به‌طور معنی‌داری وزن تازه و خشک ساقه و ریشه، طول ریشه و میزان کلروفیل برگ را کاهش داده است. Ünlükara et al. (2017) در پژوهشی اثر شوری آب آبیاری بر تبخیر-تعرق و پارامترهای رشد اسفناج در داخل و بیرون محیط گلخانه بررسی کردند. نتایج نشان داد با افزایش شوری آب آبیاری، شوری خاک به‌صورت خطی افزایش یافت. شوری آستانه و شیب کاهش عملکرد در داخل و فضای بیرون گلخانه به ترتیب ۲,۳۵ دسی‌زیمنس بر متر و ۳/۵۱٪ و ۲/۸۳ دسی‌زیمنس بر متر و ۳/۳٪ برآورد گردید. اثر مضر شوری بر عملکرد اسفناج در داخل گلخانه به دلیل افزایش درجه حرارت بیشتر از فضای باز بود. Xu and Mou (2016) در مطالعه‌ای واکنش‌های گیاه اسفناج را به شوری و کمبود مواد مغذی در شرایط گلخانه‌ای بررسی کردند. شوری به‌طور معنی‌داری باعث کاهش وزن‌تر و وزن خشک ساقه، محتوای نسبی آب برگ (RWC)، سطح برگ ویژه و افزایش مقدار کلروفیل برگ گردید. Ors and Suarez (2016) تحمل گیاه اسفناج به شوری را تحت شرایط اقلیمی مختلف بررسی کردند. با افزایش شوری آب آبیاری تا ۹ دسی‌زیمنس بر متر هیچ‌گونه کاهش عملکرد در گیاه اسفناج مشاهده نگردید. گیاه اسفناج در اواخر فصل زمستان در مقایسه با شرایط اقلیمی گرم‌تر، نسبت به شوری تحمل بالاتری نشان داد. درحالی‌که افزایش دما بین آزمایشات فصل اول و دوم، ۱۲/۵ درجه سانتی‌گراد بود، عملکرد نسبی اسفناج در شوری یکسان ۹ دسی-زیمنس بر متر، ۳۱ درصد کاهش پیدا کرد. Ferreira et

al. (2018) اثرات شوری را بر ترکیب معدنی اسفناج، ظرفیت آنتی‌اکسیدان، فتوسنتز و نوع ژن بررسی کردند. ۲۳ روز بعد از اعمال تیمارها، با افزایش شوری به‌طور معنی‌داری غلظت سدیم و کلر در ساقه و ریشه گیاه افزایش پیدا کردند. به‌طورکلی نتایج نشان داد که گیاه اسفناج تا شوری ۹ دسی‌زیمنس بر متر، رشد، ترکیب مواد معدنی و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی خود را حفظ می‌کند.

Ors and Suarez (2017) عملکرد زیست‌توده اسفناج را در تنش هم‌زمان شوری و خشکی بررسی کردند. شش سطح شوری آب شامل ۰/۸۵، ۴، ۷، ۹، ۱۲ و ۱۵ دسی-زیمنس بر متر و سه سطح تنش آب با کنترل پتانسیل ماتریک خاک (45- KPa، 200- تا 300- و 400- تا - 500 KPa) اعمال گردیدند. نتایج نشان داد واکنش گیاه اسفناج به تنش هم‌زمان شوری و خشکی بسیار متفاوت است. عملکرد اسفناج ابتدا با شوری افزایش یافت و هنگامی‌که شوری آب آبیاری به ۹ دسی‌زیمنس بر متر یا بالاتر از آن رسید، عملکرد کاهش پیدا کرد. از طرفی با اعمال اولین سطح تنش آب عملکرد گیاه نسبت به شاهد کاهش پیدا کرد. در شرایط تنش شوری و خشکی نیز عملکرد گیاه کاهش پیدا کرد. شیخی و رونقی (۱۳۹۲) در مطالعه‌ای اثر شوری و کاربرد ورمی‌کمپوست بر غلظت عناصر غذایی و عملکرد اسفناج در یک خاک آهکی بررسی کردند. قابلیت هدایت الکتریکی چهار سطح شوری در عصاره اشباع خاک به‌ترتیب ۰/۷، ۴/۵، ۸ و ۱۱/۵ دسی‌زیمنس بر متر بود. کاربرد شوری اثر معنی‌داری بر عملکرد اندام هوایی نداشت. آستانه شوری حداقل ۱۱/۵ دسی‌زیمنس بر متر می‌باشد که به مراتب بیشتر از آستانه ذکر شده در بیشتر منابع برای اسفناج (۲ دسی‌زیمنس بر متر) است. کاربرد شوری اثر معنی‌داری بر غلظت فسفر، آهن، منگنز، کلسیم و منیزیم نداشت، اما با افزایش مقدار شوری ، غلظت نیتروژن، روی، مس، سدیم و کلر اندام هوایی افزایش یافت. گویلی و همکاران (۱۳۹۵) در پژوهشی اثر بیوچار کود گاوی و تنش رطوبتی بر ویژگی-های رشد و کارایی مصرف آب در شرایط گلخانه‌ای بررسی کردند. اعمال سطوح تنش رطوبتی سبب کاهش معنی‌دار سطح برگ، هدایت روزنه‌ای، آب مصرفی، وزن‌تر و وزن خشک اندام هوایی گیاه در مقایسه با شاهد شد. به‌طورکلی، کاربرد ۲۵ تن در هکتار بیوچار در سطوح مختلف تنش رطوبتی سبب کاهش اثرات منفی تنش رطوبتی (کاهش سطح برگ، کاهش وزن‌تر و خشک اندام هوایی) و بهبود شاخص‌های رشد گیاه در مقایسه با شاهد شد. عالی نژادیان و همکاران (۱۳۹۷) در پژوهشی تأثیر مقدار و شوری آب را بر شوری خاک، رشد و غلظت عناصر غذایی اسفناج در گلدان را بررسی کردند. سه سطح شوری (۰/۵، ۳ و ۶ دسی‌زیمنس بر متر) و سه سطح آبیاری (۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه) اجرا گردید. نتایج نشان داد ارتفاع گیاه، تعداد برگ، شاخص سطح برگ و کلروفیل به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر میزان شوری و آب قرار گرفتند به‌گونه‌ای که با افزایش مقدار نمک در آب آبیاری و کاهش مصرف آب، شاخص کلروفیل، شاخص سطح برگ، ارتفاع گیاه و تعداد برگ کاهش یافت. شیخی و رونقی (۱۳۹۱) در پژوهشی اثر سطوح نیتروژن و شوری بر عملکرد، جذب نیتروژن، غلظت نیترات و کلروفیل اسفناج و برخی ویژگی‌های خاک پس از برداشت در یک خاک آهکی را بررسی کردند. نتایج نشان داد که کاربرد ۱ و ۲ گرم کلرید سدیم بر کیلوگرم خاک اثر معنی‌داری بر میانگین عملکرد اندام هوایی اسفناج نداشت. اما افزودن ۳ گرم کلرید سدیم، عملکرد اندام هوایی را به‌طور معنی-داری کاهش داد. کاربرد شوری بر غلظت نیترات، قرائت کلروفیل برگ اسفناج، راندمان زراعی، بازیافت ظاهری نیتروژن اندام هوایی و غلظت نیتروژن کل خاک پس از برداشت اثر معنی‌داری نداشت، اما راندمان فیزیولوژیک را کاهش داد. هرچند که مقدار محصول تابعی از غلظت املاح محلول در ناحیه رشد ریشه است، لیکن باید نوع خاک، آب و شرایط اقلیمی نیز مورد توجه قرار گیرند، زیرا عملکرد به هر یک از این عوامل نیز بستگی دارد (همائی، ۱۳۸۱). لذا هدف از این پژوهش تعیین و مقایسه اثرات جداگانه و متقابل کم‌آبیاری و شوری بر خصوصیات مرفولوژیک و عملکرد گیاه اسفناج در شرایط اقلیمی کاشمر می‌باشد.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی اثر متقابل تنش شوری و کم‌آبیاری بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه اسفناج آزمایشی در سال زراعی ۱۳۹۷ در گلخانه تحقیقاتی مرکز آموزش عالی کاشمر واقع در استان خراسان رضوی، شهرستان کاشمر اجرا شد. محل اجرای طرح در عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۱۲ دقیقه و طول جغرافیایی ۵۸ درجه و ۲۸ دقیقه واقع شده و ارتفاع از سطح دریا ۱۱۰۹/۷ متر است. متوسط بارندگی سالیانه ۱۸۸ میلی‌متر و دارای اقلیم خشک می-باشد. این پژوهش به روش فاکتوریل در قالب طرح آماری کاملاً تصادفی با دو عامل کم‌آبیاری در سه سطح (۱۰۰، ۷۵ و ۵۰ درصد نیاز آبیاری به ترتیب W_1، W_2، W_3) و تنش شوری آب آبیاری ناشی از انحلال نمک کلرید سدیم در سه سطح (۰/۷۵، ۴ و ۸ دسی‌زیمنس بر متر به ترتیب S_1، S_2، S_3) به‌صورت گلدانی در یک خاک لوم‌شنی با چهار تکرار اجرا گردید. در جدول ۱ برخی خصوصیات شیمیایی آب شرب ارائه شده است. کلاس شوری آب آبیاری با توجه به نمودار ویل‌کاکس که متداول‌ترین روش در این زمینه است (علیزاده، ۱۳۸۳)، C_2S_1 می‌باشد و از نظر طبقه‌بندی بین‌المللی در گروه C_2S_1 یعنی آب‌های خوب برای زراعت قرار می‌گیرد. خصوصیات دیگری از خاک مانند بافت خاک به روش هیدرومتری و جرم مخصوص ظاهری خاک به روش نمونه‌گیری با سیلندر فلزی تعیین شد. در جدول ۲ نیز برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک ارائه شده است. با توجه به اینکه شوری خاک کمتر از ۴ دسی‌زیمنس بر متر و مقدار SAR کمتر از ۱۳می‌باشد، لذا خاک مورد نظر از نظر طبقه‌بندی آزمایشگاه شوری وزارت کشاورزی ایالات متحده فاقد مشکل شوری یا سدیمی می‌باشد. همچنین با توجه طبقه‌بندی موسسه تحقیقات خاک و آب ایران خاک مورد نظر شوری خیلی جزئی و از نظر میزان سدیمی بودن خاک بدون مشکل می‌باشد (هنرجو، ۱۳۸۹).

جدول (۱): برخی خواص شیمیایی آب آبیاری

SAR	CL^-	HCO_3^-	SO_4^{-2}	Mg^{+2}	Ca^{+2}	Na^+	K^+	PH	EC
--	----------(meq/L)----------							--	dS/m
۰/۶۹	۱/۱	۲/۸	۰/۳	۰/۶۲	۲/۶۸	۰/۸۹	۰/۰۲	۷/۷۵	۰/۷۵

جدول (۲): برخی خواص فیزیکی و شیمیایی خاک

بافت خاک	چگالی ظاهری	ظرفیت زراعی	نقطه پژمردگی دائم	EC	PH	Na^+	Ca^{+2}	Mg^{+2}	SO_4^{-2}	HCO_3^-	CL^-	SAR
	gr/cm^3	(درصد حجمی)	(درصد حجمی)	dS/m	----------	----------(meq/L)----------						--
لوم شنی	۱/۴۱	۲۲	۸	۱/۷	۸/۲	۵/۷۶	۸/۳۱	۲/۹۵	۲/۸۱	۶/۵۷	۷/۲۴	۲/۴۳

به‌منظور اجرای طرح، تعداد ۳۶ گلدان پلاستیکی با قطر ۲۸ سانتی‌متر و ارتفاع ۳۰ سانتی‌متر تهیه گردید. وزن خاک خشک استفاده شده در گلدان‌ها، ۱۰/۲ کیلوگرم می‌باشد. برای تعیین وزن گلدان‌ها در ظرفیت زراعی (FC)، گلدان‌ها اشباع و سطح آن با پلاستیک پوشانده شده و پس از ۴۸ ساعت زهکشی توزین شد. آبیاری با دور زمانی سه روز انجام شد (پوزش شیرازی و رخشنده رو، ۱۳۸۷). روز قبل از آبیاری همه گلدان‌ها وزن شدند و مقدار آب آبیاری با توجه به ظرفیت گلدان در ظرفیت زراعی (۱۴/۵ کیلوگرم) تعیین گردید. از آنجایی که نیاز آبی تیمارهای مختلف بر اساس بیلان وزنی رطوبت خاک به‌منظور جبران رطوبت تا حد ظرفیت زراعی تعیین شد، در نتیجه مجموع مقادیر آبیاری در طول فصل رشد برای هر تیمار به‌عنوان تبخیر- تعرق کل گیاه در طول فصل رشد در نظر گرفته شد (محمدی و همکاران، ۱۳۹۰). با توجه به اینکه در منطقه کاشمر در شرایط واقعی مزرعه زارعین آب کافی در اختیار ندارند و شوری منابع آب زیرزمینی نیز در این منطقه در حال افزایش

است، لذا عملاً امکان آبشویی وجود ندارد و به همین دلیل در این مطالعه نیز مقداری برای آبشویی در نظر گرفته نشده است. در هر گلدان یک نشاء گیاه اسفناج (*Spinacia oleracea* L.) رقم *Viroflay* در تاریخ ۱۱ آبان ۱۳۹۷ کاشته شد. گلدان‌ها پس از نشاءکاری به مدت یک هفته، به مقدار مساوی با آب شرب آبیاری شدند تا نشاءها در محل جدید استقرار یابند. پس از استقرار کامل گیاه تیمارهای شوری و کم‌آبیاری موردنظر به مدت ۱۰ هفته اعمال گردیدند. در شکل ۱ نمایی از گلدان‌های مورد استفاده در طرح نشان داده شده است. ازآنجاکه آب مورد نیاز در این پژوهش شامل سه سطح شوری بود (۰/۷۵، ۴ و ۸ دسی‌زیمنس بر متر)، لذا این کیفیت از طریق حل کردن میزان نمک کلرید سدیم مورد نیاز در آب شرب شهری (شوری ۰/۷۵ دسی‌زیمنس بر متر) و اندازه‌گیری شوری با هدایت‌سنج الکتریکی تهیه گردید. در پایان دوره‌ی رشد (۲۸ دی ۱۳۹۷)، نمونه‌برداری از اندام هوایی و زیرزمینی گیاه انجام شد. برای این منظور قسمت هوایی گیاه پس از اتمام فصل رشد، قطع و ریشه گیاه با شستشو به‌طور کامل خارج شد. در نهایت صفات مورفولوژیک گیاه اسفناج شامل وزن‌تر اندام هوایی، سطح برگ، ارتفاع گیاه، ارتفاع ساقه، طول ریشه، وزن خشک اندام هوایی و وزن خشک ریشه، برای یک بوته موجود در هر گلدان اندازه-گیری شد. وزن کل بیوماس بلافاصله پس از برداشت محصول با ترازوی دیجیتال اندازه‌گیری شد. برای اندازه-گیری سطح برگ از روش وزنی و کاغذ میلی‌متری استفاده شد. به این منظور ابتدا وزن کل برگ‌های هر بوته جداگانه اندازه‌گیری شد. سپس، سطح مشخصی از برگ-های هر بوته با استفاده از کاغذ میلی‌متری برش داده شد و توزین گردید. در نهایت با استفاده از تناسب سطح برگ هر بوته برآورد گردید (توکلی و همکاران، ۱۳۹۴). ارتفاع گیاه، ارتفاع ساقه و طول ریشه به‌وسیله خط‌کش اندازه-گیری شد. برای اندازه‌گیری وزن خشک گیاه و وزن خشک ریشه، ابتدا نمونه‌ها داخل پاکت‌های کاغذی قرار داده شدند، سپس به مدت ۴۸ ساعت در داخل آون با دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند. برای تجزیه و تحلیل آماری و همچنین مقایسه میانگین داده‌ها (به روش LSD در سطح احتمال ۵ درصد)، از نرم‌افزار Minitab و برای ترسیم نمودارها از نرم‌افزار Excel استفاده شد.

شکل (۱): نمایی از گلدان‌های مورد استفاده در طرح

نتایج و بحث

نتایج چگونگی تأثیر تنش متقابل شوری و کم‌آبیاری بر هر یک از صفات مورد مطالعه به‌صورت تفکیک شده به ترتیب زیر ارائه شده است. مقایسه میانگین صفات وزن‌تر اندام هوایی، سطح برگ، ارتفاع گیاه و وزن خشک اندام هوایی با استفاده از نمودار و صفات ارتفاع ساقه، طول ریشه و وزن خشک ریشه با استفاده از جدول ارائه شده است.

وزن‌تر اندام هوایی

نتایج داده‌های تجزیه واریانس (جدول ۳) نشان داد که اثر کاربرد کم‌آبیاری و شوری بر عملکرد تازه اندام هوایی اسفناج معنی‌دار بود، اما اثر متقابل آن‌ها بر وزن عملکرد اندام هوایی معنی‌دار نبود. بیشترین وزن‌تر اندام هوایی (۱۴۷/۱۵ گرم در بوته) مربوط به تیمار W_1S_1 و کمترین آن (۳۸/۳۶ گرم در بوته) مربوط به تیمار W_3S_3 می‌باشد. نتایج مطالعه Ors and Suarez (2017) نیز نشان داد اثر خشکی، شوری و اثر متقابل تنش شوری و خشکی بر وزن زیست‌توده هوایی اسفناج اثر معنی‌داری داشته است. نتایج مطالعه ذرتی‌پور و همکاران (۱۳۹۸) نشان داد اثر میزان و شوری آب آبیاری بر وزن‌تر بوته گیاه کاهو برگی معنی‌دار بود، اما اثر متقابل آبیاری و شوری معنی‌دار نبود. نتایج مطالعه Yang et al (2019) نشان داد پارامترهای کیفیت میوه گوجه‌فرنگی بیشتر تحت تأثیر تنش شوری نسبت به تنش خشکی قرار گرفتند و تأثیر متقابل شوری و خشکی بر پارامترهای کیفیت میوه معنی‌دار نبود.

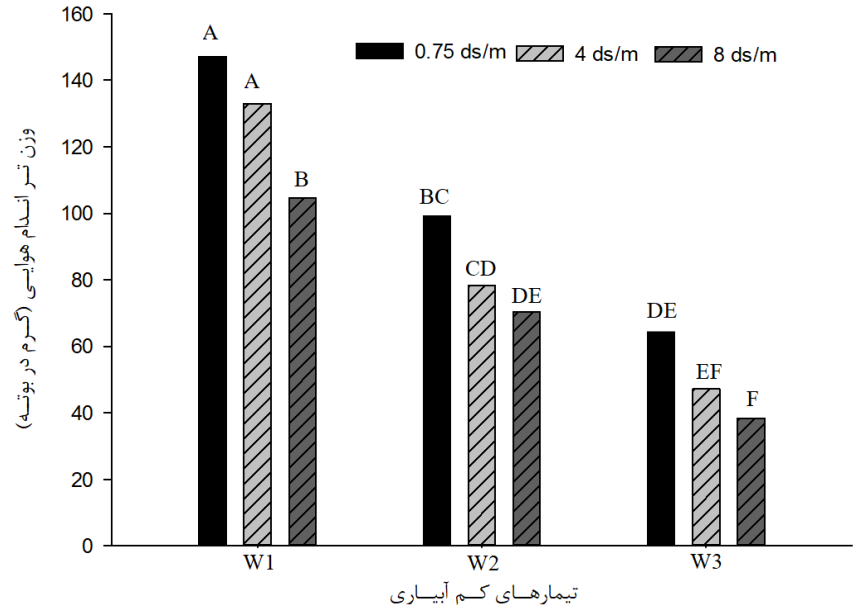
جدول (۳): تجزیه واریانس اثر کم‌آبیاری و شوری بر عملکرد و اجزای عملکرد اسفناج

منابع تغییر	میانگین مربعات (M.S)			
	کم‌آبیاری	شوری	کم‌آبیاری*شوری	خطا
وزن‌تر اندام هوایی	۱۸۴۸۷/۸ ***	۳۱۹۹/۳ ***	۱۴۷/۹ ns	۲۹۸/۴
سطح برگ	۷۲۰۴۶۸ ***	۹۳۹۴۶ ***	۶۷۰۰ ns	۱۷۱۴۰
ارتفاع گیاه	۲۸۳۰/۱۹ ***	۴۱۹/۸۸ ***	۷۷/۵۱ ns	۳۹/۵۸
ارتفاع ساقه	۵۵۸/۵۰۵ ***	۵۱/۹۳۷ *	۲/۸۸۹ ns	۱۳/۸۹۹
طول ریشه	۳۵۰۷/۲۲ ***	۶۰۱/۹۱ **	۸۰/۳۲ ns	۶۴/۲۵
وزن خشک اندام هوایی	۲۴/۷۹۹۷ ***	۵/۲۷۳ **	۰/۱۹۶۸ ns	۰/۵۵۵۱
وزن خشک ریشه	۱۹۶۱/۳ ***	۶۳۲/۳ *	۲۲۳/۴ ns	۱۱۷/۵
درجه آزادی	۲	۲	۴	۲۷

*، ** و *** به ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال ۵، ۱ و ۰/۱ درصد; ns: اختلاف غیر معنی‌دار

در شکل ۲ نتایج مقایسه میانگین سطوح مختلف کم‌آبیاری و شوری بر وزن‌تر اندام هوایی اسفناج ارائه شده است. با توجه به شکل ۲ در یک سطح آبیاری مشخص (W_1)، عملکرد اندام هوایی اسفناج برای تیمارهای W_1S_2 و W_1S_3 به‌ترتیب ۹/۶ و ۲۸/۹۶ درصد کاهش یافته است. نتایج مقایسه میانگین نشان داد بین شوری ۴ دسی-زیمنس بر متر و تیمار شاهد (۰/۷۵ دسی‌زیمنس بر متر) تفاوت معنی‌داری وجود ندارد (شکل ۲). اما با افزایش شوری تا ۸ دسی‌زیمنس بر متر این تفاوت معنی‌دار شد. نتایج مطالعه Xu and Mou (2016) نشان داد گیاه اسفناج تا شوری آب آبیاری چهار دسی‌زیمنس بر متر هیچ‌گونه کاهش عملکردی نداشت. بااین‌حال نتایج پژوهش حاضر در خصوص تحمل گیاه اسفناج به میزان شوری با نتایج محققین دیگر متفاوت است. به‌عنوان مثال نتایج مطالعه Ors and Suarez (2017) نشان داد که گیاه اسفناج تا شوری آب آبیاری ۹ دسی‌زیمنس بر متر هیچ‌گونه کاهش عملکردی نداشت. نتایج مطالعه شیخی و رونقی (۱۳۹۲) نشان داد کاربرد شوری تا ۱۱/۵ دسی-زیمنس بر متر در عصاره اشباع خاک، کاهش معنی‌داری در عملکرد اندام هوایی اسفناج مشاهده نشد. در مطالعه دیگری شیخی و رونقی (۱۳۹۱) آستانه شوری رقم ویروفلی اسفناج را ۸ دسی‌زیمنس بر متر در عصاره اشباع

خاک به دست آوردند. در سطح شوری شاهد (S_1)، با افزایش کم‌آبیاری، عملکرد اندام هوایی برای تیمارهای W_2S_1 و W_3S_1 به‌ترتیب ۳۲/۵۴ و ۵۶/۰۳ درصد کاهش یافت. نتایج مقایسه میانگین نشان داد در تیمار شوری شاهد (۰/۷۵ دسی‌زیمنس بر متر) بین تیمارهای مختلف کم‌آبیاری تفاوت معنی‌داری وجود دارد (شکل ۲). با توجه به نتایج مذکور به نظر می‌رسد گیاه اسفناج نسبت به کم-آبیاری حساس‌تر از شوری است. نتایج مطالعه Ors and Suarez (2017) نیز نشان داد با اعمال اولین سطح تنش آب، عملکرد گیاه نسبت به شاهد کاهش پیدا کرد که با نتایج پژوهش حاضر همخوانی دارد. نتایج مطالعه پوزش شیرازی و رخشنده رو (۱۳۸۷) نشان داد که گیاه اسفناج دارای کمترین توانایی در جهت مقابله با اثرات سوء ناشی از کمبود آب آبیاری می‌باشد. حداکثر تخلیه مجاز رطوبت (MAD) برای گیاه اسفناج کمتر از بسیاری از محصولات کشاورزی بوده و معادل ۲۰ درصد از کل آب قابل‌استفاده (AW) است. نتایج مطالعه گویلی و همکاران (۱۳۹۵) نشان داد اعمال سطوح رطوبتی ۷۰ و ۵۵ درصد ظرفیت مزرعه وزن‌تر اندام هوایی را در مقایسه با شاهد به‌طور معنی‌داری به‌ترتیب به میزان ۲۸ و ۵۲ درصد کاهش داد. نتایج مطالعه ذرتی‌پور و همکاران (۱۳۹۸) در گیاه کاهوبرگی نیز نشان داد اثر کم‌آبیاری نسبت به تنش شوری در کاهش عملکرد محصول تأثیر بیشتری داشته است که با یافته‌های پژوهش حاضر همخوانی دارد. نتایج مطالعه Sahin et al. (2018) در شرایط شوری و خشکی نشان داد وزن تازه ساقه در همه تیمارها به‌طور معنی‌داری پایین‌تر از تیمار شاهد است. نتایج مطالعه شیخی و رونقی (۱۳۹۱) نشان داد که اثر کاربرد شوری و نیتروژن بر عملکرد اندام هوایی معنی‌دار بود. ولی برهمکنش آن‌ها بر وزن عملکرد اندام هوایی معنی‌دار نبود.

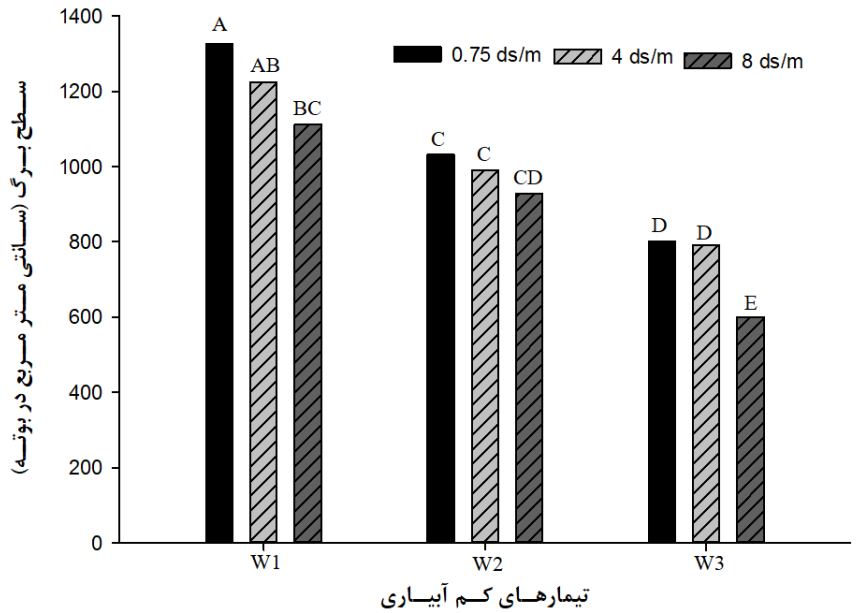


شکل (۲): مقایسه میانگین سطوح مختلف کم‌آبیاری و شوری بر وزن‌تر اندام هوایی اسفناج (W_1، W_2، W_3 به ترتیب۱۰۰، ۷۵ و ۵۰ درصد کم‌آبیاری) *حروف متفاوت بیانگر اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون LSD و در سطح احتمال ۵ درصد است.

سطح برگ

نتایج داده‌های تجزیه واریانس (جدول ۳) نشان داد که اثر کاربرد کم‌آبیاری و شوری بر سطح برگ اسفناج معنی‌دار بود، اما اثر متقابل آن‌ها معنی‌دار نبود. بیشترین میزان سطح برگ (۱۳۲۶ سانتی‌متر مربع در بوته) مربوط به تیمار W_1S_1 و کمترین آن (۶۰۱ سانتی‌متر مربع در بوته) مربوط به تیمار W_3S_3 می‌باشد. در شکل ۳ نتایج مقایسه میانگین سطوح مختلف کم‌آبیاری و شوری بر سطح برگ اسفناج ارائه شده است. با توجه به شکل ۳ در یک سطح آبیاری مشخص (W_1)، سطح برگ اسفناج برای

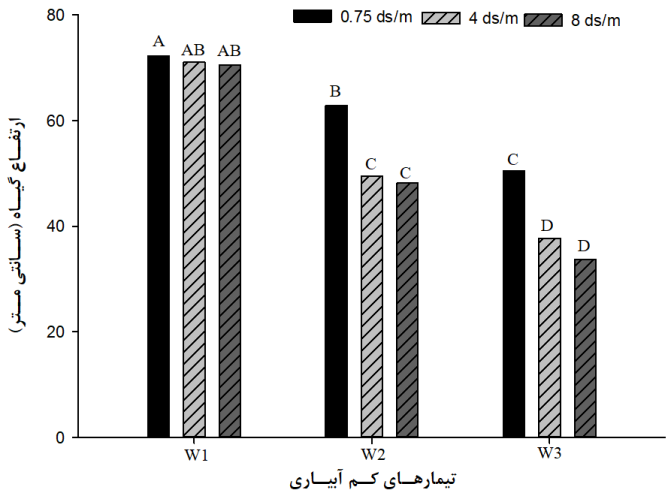
تیمارهای W_1S_2 و W_1S_3 به‌ترتیب ۷/۶ و ۱۶/۰۹ درصد کاهش یافته است. نتایج مقایسه میانگین نشان داد بین شوری ۴ دسی‌زیمنس بر متر و تیمار شاهد (۰/۷۵ دسی-زیمنس بر متر) و همچنین بین تیمارهای ۴ و ۸ دسی-زیمنس بر متر تفاوت معنی‌داری وجود ندارد (شکل ۳). اما بین شوری ۸ دسی‌زیمنس بر متر و تیمار شاهد (۰/۷۵ دسی‌زیمنس بر متر) این تفاوت معنی‌دار شد. در سطح شوری شاهد (S_1)، با اعمال کم‌آبیاری، سطح برگ برای تیمارهای W_2S_1 و W_3S_1 به‌ترتیب ۲۲/۱۱ و ۳۹/۶۶ درصد کاهش یافت. نتایج مقایسه میانگین نشان داد در تیمار شوری شاهد (۰/۷۵ دسی‌زیمنس بر متر) بین تیمارهای مختلف کم‌آبیاری تفاوت معنی‌داری وجود دارد (شکل ۳). کم‌آبیاری بر روابط آب و گیاه در همه مراحل از مولکولی، سلولی و بافتی تا کل سطح گیاه تأثیر می‌گذارد (Muscolo et al. ۲۰۱۵). در شرایط کمبود آب، گیاهان تمایل دارند که روزنه‌های خود را ببندند که در نتیجه باعث کاهش میزان تعرق و تنفس گیاه می‌شود (Diaz-Lopez et al. 2012). نتایج مطالعه Sahin et al. (2018) در شرایط شوری و خشکی نشان داد سطح برگ گیاه کلم در همه تیمارها به‌طور معنی‌داری پایین‌تر از تیمار شاهد است. نتایج مطالعه Ünlükara et al. (2017) نشان داد شوری آب آبیاری بر سطح برگ گیاه اسفناج در دو شرایط آزمایشی داخل و بیرون گلخانه در سطح احتمال ۵ درصد اثر معنی‌داری داشته است. نتایج مطالعه Ekinci et al. (2015) نشان داد اثر سطوح مختلف آبیاری بر سطح برگ اسفناج معنی‌دار بود، اما اثر متقابل کم‌آبیاری و کاربرد اصلاح‌کننده خاک (ماده آلی) معنی‌دار نبود. نتایج مطالعه Ors and Suarez (2017) نشان داد اثر تنش شوری، خشکی و همچنین اثر متقابل تنش شوری و خشکی بر سطح برگ گیاه اسفناج اثر معنی‌داری داشته است. نتایج مطالعه ذرتی‌پور و همکاران (۱۳۹۸) نشان داد اثر میزان و شوری آب آبیاری بر سطح برگ گیاه کاهو برگی معنی‌دار بود، اما اثر متقابل آبیاری و شوری معنی‌دار نبود. نتایج مطالعه گویلی و همکاران (۱۳۹۵) نشان داد اعمال سطوح رطوبتی سبب کاهش معنی‌دار سطح برگ گیاه اسفناج در مقایسه با تیمار شاهد (۱۰۰ درصد رطوبت ظرفیت مزرعه) شد. نتایج نشان داد در شرایط رطوبتی ۷۰ درصد ظرفیت مزرعه سطح برگ گیاه به‌طور معنی‌داری به‌ترتیب به میزان ۱۱، ۴۱، ۲۷ درصد و در شرایط رطوبتی ۵۵ درصد ظرفیت مزرعه به ترتیب به میزان ۲۳، ۵۹ و ۵۱ درصد در مراحل اول، دوم و سوم رشد (به‌ترتیب معادل ۴۰، ۵۵ و ۷۰ روز پس از کشت گیاه) در مقایسه با شاهد (۱۰۰ درصد ظرفیت مزرعه) کمتر بود. نتایج مطالعه عالی‌نژادیان و همکاران (۱۳۹۷) نشان داد شاخص سطح برگ اسفناج به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر میزان شوری و آب قرار گرفت به‌گونه‌ای که با افزایش مقدار نمک در آب آبیاری و کاهش مصرف آب، شاخص سطح برگ کاهش یافت. همچنین اثر متقابل مقدار شوری و میزان آب بر شاخص سطح برگ معنی‌دار بود.



شکل (۳): مقایسه میانگین سطوح مختلف کم‌آبیاری و شوری بر سطح برگ اسفناج (W_1، W_2، W_3 به ترتیب۱۰۰، ۷۵ و ۵۰ درصد کم-آبیاری)

ارتفاع گیاه

نتایج داده‌های تجزیه واریانس (جدول ۳) نشان داد که اثر کاربرد کم‌آبیاری و شوری بر ارتفاع گیاه اسفناج در سطح ۰/۱درصد معنی‌دار بود، اما اثر متقابل آن‌ها معنی‌دار نبود. بیشترین میزان ارتفاع گیاه (۷۲/۲۵ سانتی‌متر) مربوط به تیمار W_1S_1 و کمترین آن (۳۳/۷۵ سانتی‌متر) مربوط به تیمار W_3S_3 می‌باشد. در شکل ۴ نتایج مقایسه میانگین سطوح مختلف کم‌آبیاری و شوری بر ارتفاع گیاه اسفناج ارائه شده است. با توجه به شکل ۴ در یک سطح آبیاری مشخص (W_1)، ارتفاع گیاه برای تیمارهای W_1S_2 و W_1S_3 به‌ترتیب ۱/۷۳ و ۲/۴۲ درصد کاهش یافته است. نتایج مقایسه میانگین نشان داد بین تیمار شاهد (۰/۷۵ دسی‌زیمنس بر متر) و سایر تیمارها تفاوت معنی‌داری وجود ندارد (شکل ۴). در سطح شوری شاهد (S_1)، با اعمال کم‌آبیاری، ارتفاع گیاه برای تیمارهای W_2S_1 و W_3S_1 به‌ترتیب ۱۲/۹۸ و ۳۰/۱۰ درصد کاهش یافت. نتایج مقایسه میانگین نشان داد در تیمار شوری شاهد (۰/۷۵ دسی‌زیمنس بر متر) بین تیمارهای مختلف کم-آبیاری تفاوت معنی‌داری وجود دارد (شکل ۴). نتایج مطالعه Sahin et al. (2018) در شرایط شوری و خشکی نشان ارتفاع گیاه کلم در همه تیمارها به‌طور معنی‌داری پایین‌تر از تیمار شاهد است. Shannon et al. (2000)اظهار داشتند تنش شوری در گیاهان باعث کاهش رشد، کاهش ارتفاع گیاه و در بعضی مواقع کاهش تعداد برگ‌های گیاه می‌گردد. نتایج مطالعه ذرتی‌پور و همکاران (۱۳۹۸) نشان داد اثر میزان و شوری آب آبیاری بر طول بوته گیاه کاهو برگی معنی‌دار بود، اما اثر متقابل آبیاری و شوری معنی‌دار نبود. نتایج مطالعه محمدی و همکاران (۱۳۹۰) نشان داد اثر جداگانه شوری و خشکی بر ارتفاع گیاه گوجه‌فرنگی در سطح یک درصد معنی‌دار بود، اما اثر متقابل شوری و خشکی بر این صفات معنی‌دار نبود. نتایج مطالعه عالی‌نژادیان و همکاران (۱۳۹۷) نشان داد ارتفاع گیاه اسفناج به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر میزان شوری و آب قرار گرفت، اثر متقابل مقدار شوری و میزان آب بر ارتفاع گیاه در سطح پنج درصد معنی‌دار نبود.



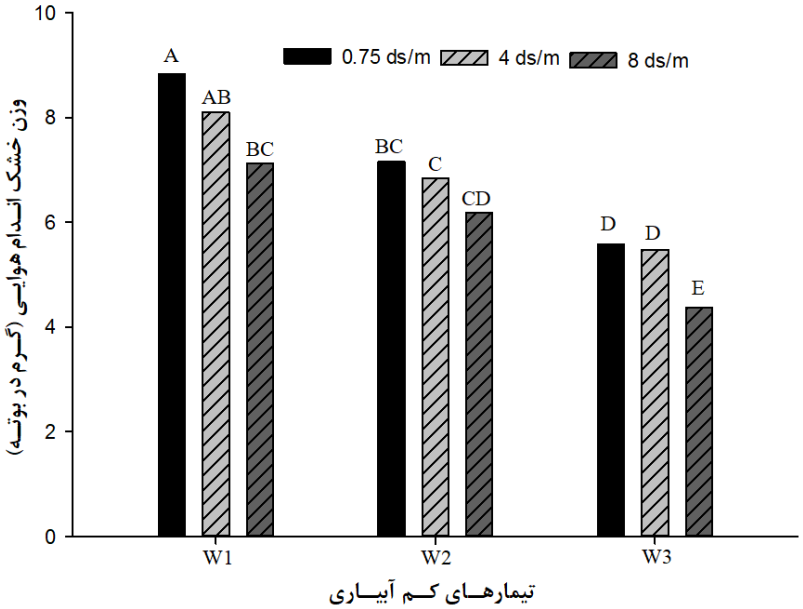
شکل (۴): مقایسه میانگین سطوح مختلف کم‌آبیاری و شوری بر ارتفاع گیاه اسفناج (W_1، W_2، W_3 به ترتیب۱۰۰، ۷۵ و ۵۰ درصد کم-آبیاری)

وزن خشک اندام هوایی

نتایج داده‌های تجزیه واریانس (جدول ۳) نشان داد که اثر کاربرد کم‌آبیاری و شوری بر وزن خشک اندام هوایی اسفناج معنی‌دار (کم‌آبیاری در سطح ۰/۱ درصد و شوری در سطح ۱ درصد) بود، اما اثر متقابل آن‌ها معنی-دار نبود. بیشترین میزان وزن خشک اندام هوایی (۸/۸۲ گرم در بوته) مربوط به تیمار W_1S_1 و کمترین آن (۴/۳۸ گرم در بوته) مربوط به تیمار W_3S_3 می‌باشد. در شکل ۵ نتایج مقایسه میانگین سطوح مختلف کم‌آبیاری و شوری بر وزن خشک اندام هوایی اسفناج ارائه شده است. با توجه به شکل ۵ در یک سطح آبیاری مشخص (W_1)، وزن خشک اندام هوایی اسفناج برای تیمارهای W_1S_2 و W_1S_3 به‌ترتیب ۸/۱۶ و ۱۹/۲۷ درصد کاهش یافته است. نتایج مقایسه میانگین نشان داد بین شوری ۴ دسی-زیمنس بر متر و تیمار شاهد (۰/۷۵ دسی‌زیمنس بر متر) و همچنین بین تیمارهای ۴ و ۸ دسی‌زیمنس بر متر تفاوت معنی‌داری وجود ندارد (شکل ۵). اما بین شوری ۸ دسی‌زیمنس بر متر و تیمار شاهد (۰/۷۵ دسی‌زیمنس بر متر) این تفاوت معنی‌دار شد. در سطح شوری شاهد (S_1)، با اعمال کم‌آبیاری، وزن خشک اندام هوایی برای تیمارهای W_2S_1 و W_3S_1 به‌ترتیب ۱۸/۸۷ و ۳۶/۷۸ درصد کاهش یافت. نتایج مقایسه میانگین نشان داد در تیمار شوری شاهد (۰/۷۵ دسی‌زیمنس بر متر) بین تیمارهای مختلف کم‌آبیاری تفاوت معنی‌داری وجود دارد (شکل ۵). نتایج مطالعه Sahin et al. (2018) در شرایط شوری و خشکی نشان داد وزن خشک ساقه کلم در همه تیمارها به‌طور معنی‌داری پایین‌تر از تیمار شاهد است. نتایج مطالعه Ünlükara et al. (2017) نشان داد شوری آب آبیاری بر وزن خشک کل زیست توده گیاه اسفناج در دو شرایط آزمایشی داخل و بیرون گلخانه در سطح احتمال ۵ درصد اثر معنی‌داری داشته است. نشان داد اثر تنش شوری، خشکی و همچنین اثر متقابل تنش شوری و خشکی بر وزن خشک گیاه اسفناج اثر معنی‌داری داشته است. نتایج مطالعه Ors and Suarez (2017) نشان داد اثر تنش شوری، خشکی و همچنین اثر متقابل تنش شوری و خشکی بر وزن خشک گیاه اسفناج اثر معنی‌داری داشته است. نتایج مطالعه گویلی و همکاران (۱۳۹۵) نشان داد اعمال سطوح رطوبتی سبب کاهش معنی‌دار وزن خشک اندام هوایی گیاه اسفناج در مقایسه با تیمار شاهد (۱۰۰ درصد رطوبت ظرفیت مزرعه) شد. نتایج نشان داد وزن خشک اندام هوایی اسفناج در سطوح رطوبتی ۷۰، ۵۵ درصد ظرفیت مزرعه در مقایسه با شاهد

به‌طور معنی‌داری به‌ترتیب به میزان ۲۷ و ۵۱ درصد کاهش یافت. نتایج مطالعه محمدی و همکاران (۱۳۹۰) نشان داد شوری، کم‌آبیاری و اثر متقابل شوری و کم-آبیاری بر وزن خشک اندام هوایی گوجه‌فرنگی در سطح یک درصد اثر معنی‌دار داشت

.



شکل (۵): مقایسه میانگین سطوح مختلف کم‌آبیاری و شوری بر وزن خشک اندام هوایی اسفناج (W_1، W_2، W_3 به ترتیب۱۰۰، ۷۵ و ۵۰ درصد کم‌آبیاری)

ارتفاع ساقه

نتایج داده‌های تجزیه واریانس (جدول ۳) نشان داد که اثر کاربرد کم‌آبیاری و شوری بر ارتفاع ساقه اسفناج معنی‌دار (کم‌آبیاری در سطح ۰/۱ درصد و شوری در سطح ۵ درصد) بود، اما اثر متقابل آن‌ها معنی‌دار نبود. بیشترین میزان ارتفاع ساقه (۲۰/۷۵ سانتی‌متر) مربوط به تیمار W_1S_1 و کمترین آن (۳/۴۵ سانتی‌متر) مربوط به تیمار W_3S_3 می‌باشد. در جدول ۴ نتایج مقایسه میانگین سطوح مختلف کم‌آبیاری و شوری بر ارتفاع ساقه اسفناج ارائه شده است. با توجه به نتایج جدول ۴ در یک سطح آبیاری مشخص (W_1)، ارتفاع ساقه اسفناج برای تیمارهای W_1S_2 و W_1S_3 به‌ترتیب ۱۴/۴۶ و ۲۷/۷۱ درصد کاهش یافته است. نتایج مقایسه میانگین نشان داد بین شوری ۴ دسی‌زیمنس بر متر و تیمار شاهد (۰/۷۵ دسی‌زیمنس بر متر) و همچنین بین تیمارهای ۴ و ۸ دسی‌زیمنس بر متر تفاوت معنی‌داری وجود ندارد (جدول ۴). اما بین شوری ۸ دسی‌زیمنس بر متر و تیمار شاهد (۰/۷۵ دسی‌زیمنس بر متر) این تفاوت معنی‌دار شد. در سطح شوری شاهد (S_1)، با اعمال کم‌آبیاری، ارتفاع ساقه برای تیمارهای W_2S_1 و W_3S_1 به‌ترتیب ۴۵/۱۸ و ۷۱/۲ درصد کاهش یافت. نتایج مقایسه میانگین نشان داد بین تیمار شاهد (آبیاری کامل) و سایر تیمارهای مختلف کم‌آبیاری تفاوت معنی‌داری وجود دارد (جدول ۴)، اما بین تیمارهای ۷۵ و ۵۰ درصد کم‌آبیاری تفاوت معنی‌داری وجود ندارد. نتایج مقایسه میانگین و تجزیه واریانس در مطالعه Jabeen et al. (2019) نشان داد اعمال تیمارهای کم‌آبیاری (۱۰۰، ۸۰، ۶۰ و ۴۰ درصد ظرفیت زراعی) به‌طور معنی‌داری ارتفاع ساقه را در گیاه اسفناج کاهش داده است. نشان داد اثر تنش شوری، خشکی و همچنین اثر متقابل تنش شوری و خشکی بر ارتفاع ساقه گیاه اسفناج اثر معنی‌داری داشته است. نتایج مطالعه Ors and Suarez (2017) نشان داد اثر تنش شوری، خشکی و همچنین اثر متقابل تنش شوری و خشکی بر ارتفاع ساقه گیاه اسفناج اثر معنی‌داری داشته است. نتایج مطالعه ذرتی‌پور و همکاران (۱۳۹۸)

نشان داد اثر میزان، شوری آب آبیاری و اثر متقابل آبیاری و شوری بر طول ساقه گیاه کاهو برگی معنی‌دار بود.

طول ریشه

نتایج داده‌های تجزیه واریانس (جدول ۳) نشان داد که اثر کاربرد کم‌آبیاری و شوری بر طول ریشه اسفناج معنی‌دار (کم‌آبیاری در سطح ۰/۱ درصد و شوری در سطح ۱ درصد) بود، اما اثر متقابل آن‌ها معنی‌دار نبود. بیشترین میزان طول ریشه (۴۶ سانتی‌متر) مربوط به تیمار W_1S_1 و کمترین آن (۳/۷۵ سانتی‌متر) مربوط به تیمار W_3S_3 می‌باشد. در جدول ۴ نتایج مقایسه میانگین سطوح مختلف کم‌آبیاری و شوری بر طول ریشه اسفناج ارائه شده است. با توجه به نتایج جدول ۴ در یک سطح آبیاری مشخص (W_1)، طول ریشه اسفناج برای تیمارهای W_1S_2 و W_1S_3 به‌ترتیب ۴/۷۳ و ۹/۷۸ درصد کاهش یافته است. نتایج مقایسه میانگین نشان داد بین تیمارهای مختلف تنش شوری اختلاف معنی‌داری وجود ندارد (جدول ۴). در سطح شوری شاهد (S_1)، با اعمال کم-آبیاری، طول ریشه برای تیمارهای W_2S_1 و W_3S_1 به-ترتیب ۱۶/۵۸ و ۵۶/۲۵ درصد کاهش یافت. نتایج مقایسه میانگین نشان داد بین تیمار شاهد (آبیاری کامل) و تیمار ۷۵ درصد نیاز آبی تفاوت معنی‌داری وجود ندارد (جدول ۴)، اما بین تیمارهای ۷۵ و ۵۰ درصد کم‌آبیاری تفاوت معنی‌داری وجود دارد. نتایج مقایسه میانگین و تجزیه واریانس در مطالعه Jabeen et al. (2019) نشان داد اعمال تیمارهای کم‌آبیاری (۱۰۰، ۸۰، ۶۰ و ۴۰ درصد ظرفیت زراعی) به‌طور معنی‌داری طول ریشه را در گیاه اسفناج کاهش داده است. نتایج مطالعه Ünlükara et al. (2017) نشان داد شوری آب آبیاری بر طول ریشه گیاه اسفناج در دو شرایط آزمایشی داخل و بیرون گلخانه در سطح احتمال ۵ درصد اثر معنی‌داری داشته است. نتایج مطالعه Ekinci et al. (2015) نشان داد اثر سطوح مختلف آبیاری بر طول ریشه اسفناج معنی‌دار بود، اما اثر متقابل کم‌آبیاری و کاربرد اصلاح‌کننده خاک (ماده آلی) معنی‌دار نبود. نتایج مطالعه Ors and Suarez (2017) نشان داد اثر تنش شوری، خشکی و همچنین اثر متقابل تنش شوری و خشکی بر طول ریشه گیاه اسفناج اثر معنی‌داری داشته است. نتایج مطالعه محمدی و همکاران (۱۳۹۰) نشان داد شوری، کم‌آبیاری و اثر متقابل شوری وکم‌آبیاری بر طول ریشه گوجه‌فرنگی در سطح یک درصد اثر معنی‌دار داشت.

جدول (۴): مقایسه میانگین اثر تنش متقابل کم‌آبیاری و شوری بر برخی صفات اسفناج

تیمار	ارتفاع ساقه (سانتی‌متر)	طول ریشه (سانتی‌متر)	وزن خشک ریشه (گرم در بوته)
W_1S_1	۲۰/۷۵ A	۴۶ A	۴۲/۹۲ A
W_1S_2	۱۷/۷۵ AB	۴۳/۸۲ A	۱۸/۲۴ B
W_1S_3	۱۵ BC	۴۱/۵ A	۱۴/۲۲ BC
W_2S_1	۱۱/۳۷ CD	۳۸/۳۷ A	۱۲/۰۸ BC
W_2S_2	۸/۵ DE	۲۱/۲۵ B	۳/۰۷ BC
W_2S_3	۷/۳۷ DE	۲۰/۵۵ B	۳/۰۱ BC
W_3S_1	۵/۹۷ DE	۲۰/۱۲ B	۲/۰۶ C
W_3S_2	۳/۷۵ E	۴/۸۷ C	۰/۲۸ C
W_3S_3	۳/۴۵ E	۳/۷۵ C	۰/۲ C

میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حروف مشترک هستند از لحاظ آماری در سطح پنج درصد (آزمون LSD) اختلاف معنی‌داری ندارند.

وزن خشک ریشه

نتایج داده‌های تجزیه واریانس (جدول ۳) نشان داد که اثر کاربرد کم‌آبیاری و شوری بر وزن خشک ریشه اسفناج معنی‌دار (کم‌آبیاری در سطح ۰/۱ درصد و شوری در سطح ۵ درصد) بود، اما اثر متقابل آن‌ها معنی‌دار نبود. بیشترین میزان وزن خشک ریشه (۴۲/۹۲ گرم در بوته) مربوط به تیمار W_1S_1 و کمترین آن (۰/۲ گرم در بوته) مربوط به تیمار W_3S_3 می‌باشد. در جدول ۴ نتایج مقایسه میانگین سطوح مختلف کم‌آبیاری و شوری بر وزن خشک

ریشه اسفناج ارائه شده است. با توجه به نتایج جدول ۴ در یک سطح آبیاری مشخص (W_1)، وزن خشک ریشه اسفناج برای تیمارهای W_1S_2 و W_1S_3 به‌ترتیب ۵۷/۴۹ و ۶۶/۸۵ درصد کاهش یافته است. نتایج مقایسه میانگین نشان داد بین تیمار شاهد (۰/۷۵ دسی‌زیمنس بر متر) و سایر تیمارهای تنش شوری تفاوت معنی‌داری وجود دارد (جدول ۴). اما بین شوری ۴ و ۸ دسی‌زیمنس بر متر تفاوت معنی‌دار وجود ندارد. در سطح شوری شاهد (S_1)، با اعمال کم‌آبیاری، وزن خشک ریشه برای تیمارهای W_2S_1 و W_3S_1 به‌ترتیب ۷۱/۸۵ و ۹۵/۲ درصد کاهش یافت. نتایج مقایسه میانگین نشان داد بین تیمار شاهد (۱۰۰ درصد نیاز آبی) و سایر تیمارهای کم‌آبیاری تفاوت معنی‌داری وجود دارد (جدول ۴). اما بین تیمارهای ۷۵ و ۵۰ درصد نیاز آبی تفاوت معنی‌دار وجود ندارد. نتایج مقایسه میانگین و تجزیه واریانس در مطالعه Jabeen et al. (2019) نشان داد اعمال تیمارهای کم‌آبیاری (۱۰۰، ۸۰، ۶۰ و ۴۰ درصد ظرفیت زراعی) به‌طور معنی‌داری وزن خشک ریشه را در گیاه اسفناج کاهش داده است. همچنین کم‌آبیاری با کاهش رشد ریشه و ساقه بر روابط آب گیاه و فتوسنتز تأثیر می‌گذارد و در نهایت باعث کاهش عملکرد کل گیاه می‌شود (Ashraf, 2010). نتایج مطالعه Sahin et al. (2018) در شرایط شوری و خشکی نشان داد وزن تازه و خشک ریشه کلم در همه تیمارها به‌طور معنی‌داری پایین‌تر از تیمار شاهد است. نتایج مطالعه Ünlükara et al. (2017) نشان داد شوری آب آبیاری بر وزن خشک ریشه گیاه اسفناج در دو شرایط آزمایشی داخل و بیرون گلخانه در سطح احتمال ۵ درصد اثر معنی‌داری داشته است. نتایج مطالعه Ekinci et al. (2015) نشان داد اثر سطوح مختلف آبیاری بر وزن خشک ریشه اسفناج معنی‌دار بود، اما اثر متقابل کم‌آبیاری و کاربرد اصلاح‌کننده خاک (ماده آلی) معنی‌دار نبود. نتایج مطالعه Ors and Suarez (2017) نشان داد اثر تنش شوری، خشکی و همچنین اثر متقابل تنش شوری و خشکی بر وزن ریشه گیاه اسفناج اثر معنی‌داری داشته است. نتایج مطالعه محمدی و همکاران (۱۳۹۰) نشان داد اثر جداگانه شوری و خشکی بر وزن خشک ریشه گوجه‌فرنگی در سطح یک درصد معنی‌دار بود، اما اثر متقابل شوری و خشکی بر این صفات معنی‌دار نبود.

نتیجه‌گیری

نتایج این مطالعه نشان داد اثر تنش جداگانه شوری و کم‌آبیاری بر عملکرد و صفات رویشی اسفناج تأثیر معنی‌داری داشته است، درحالی‌که اثر هم‌زمان تنش شوری و کم‌آبیاری تأثیر معنی‌داری نداشته است، گرچه صفات رویشی گیاه در شرایط تنش هم‌زمان شوری و کم‌آبیاری روند کاهشی نشان دادند. گیاه اسفناج در آبیاری به میزان ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه با آب دارای شوری ۰/۷۵ دسی‌زیمنس بر متر از رشد رویشی خوبی برخوردار است، بااین‌حال عملکرد و صفات رویشی گیاه اختلاف معنی‌داری با تیمار آبیاری به میزان ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه و شوری ۴ دسی‌زیمنس بر متر ندارند. افزایش شوری تا ۴ دسی‌زیمنس بر متر نسبت به تیمار شاهد (شوری ۰/۷۵ دسی‌زیمنس بر متر)، ۹/۶ درصد کاهش را در وزن‌تر اندام هوایی گیاه نشان داد. بنابراین می‌توان با مدیریت مناسب از منابع آب با کیفیت پایین (تا شوری ۴ دسی‌زیمنس بر متر) بدون کاهش معنی‌دار عملکرد محصول، برای آبیاری گیاه اسفناج استفاده کرد. همچنین با توجه به اینکه اکثر صفات رویشی اسفناج، نظیر وزن‌تر اندام هوایی، سطح برگ، ارتفاع گیاه، ارتفاع ساقه، طول ریشه، وزن خشک اندام هوایی و وزن خشک ریشه، هنگام اعمال کم‌آبیاری کاهش معنی‌داری داشتند، بنابراین اعمال تکنیک کم‌آبیاری در طول فصل رشد گیاه توصیه نمی‌شود. بر اساس نتایج حاصله، اثر کم‌آبیاری نسبت به تنش شوری در کاهش صفات رویشی گیاه تأثیر بیشتری داشته است. با توجه به کاهش کیفیت منابع آب زیرزمینی در منطقه کاشمر، کاربرد و مدیریت مناسب آب‌های شور برای آبیاری می‌تواند به‌عنوان یک راهکار مناسب توصیه شود و پیشنهاد می‌گردد مطالعات تکمیلی بیشتری در شرایط مزرعه‌ای انجام شود.

منابع

بی‌نام. ۱۳۹۷. سیمای آب استان خراسان رضوی. شرکت آب منطقه‌ای خراسان رضوی، معاونت برنامه‌ریزی، دفتر برنامه-ریزی و بررسی‌های اقتصادی، گروه آمار، ۲۹ صفحه.

پوزش شیرازی، م و م. رخشنده رو. ۱۳۸۷. بررسی اثرات رژیم آبیاری، تراکم بوته و روش کشت بر عملکرد گیاه اسفناج (*Spinacia Oleracea* L.). (مطالعه موردی: استان بوشهر). مجله آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی). ۲۲ (۲): ۱۹۸-۱۸۷.

توکلی، ح.، ن. توکلی، س. ا. کلانتر احمدی و ا. یوسفی کردلر. ۱۳۹۴. تأثیر آرایش کشت بر کارایی استفاده از تشعشع در چند رقم آفتابگردان. مجله پژوهش در اکوسیستم‌های زراعی. ۲ (۳): ۲۱- ۱۳.

جلالی، ا. ه و پ. جعفری. ۱۳۹۵. تأثیر محلول‌پاشی پتاسیم در کاهش اثرات مضر شوری در گیاه اسفناج (*Spinacia oleraceae* L). نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی). ۳۰ (۳): ۲۰۸- ۲۰۱.

ذرتی‌پور، ا.، ا. سلطانی محمدی و ن. عالم‌زاده انصاری. ۱۳۹۸. بررسی عملکرد و بهره‌وری مصرف آب کاهوبرگی تحت تنش خشکی و شوری در شرایط گلخانه‌ای. نشریه آبیاری و زهکشی ایران. ۲ (۱۳): ۴۶۱- ۴۵۰.

شیخی، ج و ع. رونقی. ۱۳۹۱. اثر سطوح نیتروژن و شوری بر عملکرد، جذب نیتروژن، غلظت نیترات و کلروفیل اسفناج و برخی ویژگی‌های خاک پس از برداشت در یک خاک آهکی. مجله علوم و فنون کشت‌های گلخانه‌ای. ۳ (۱۲): ۱۱- ۱.

شیخی، ج و ع. رونقی. ۱۳۹۲. اثر شوری و کاربرد ورمی‌کمپوست بر غلظت عناصر غذایی و عملکرد اسفناج (رقم ویروفلی) در یک خاک آهکی. مجله علوم و فنون کشت‌های گلخانه‌ای. ۴ (۱۳): ۹۲- ۸۱.

عالی نژادیان بیدآبادی، ا.، م. حسنی و ع. ملکی. ۱۳۹۷. تأثیر مقدار و شوری آب بر شوری خاک و رشد و غلظت عناصر غذایی اسفناج در گلدان. مجله تحقیقات آب و خاک ایران، ۴۹ (۳): ۶۵۱- ۶۴۱.

علیزاده. ۱۳۸۳. کیفیت آب در آبیاری، انتشارات آستان قدس رضوی، ۹۶ صفحه.

گویلی، ا.، س. ا. موسوی و ع. ا. کامکار حقیقی. ۱۳۹۵. اثر بیوچار کود گاوی و تنش رطوبتی بر ویژگی‌های رشد و کارایی مصرف آب اسفناج در شرایط گلخانه‌ای. نشریه پژوهش آب در کشاورزی، ۳۰ (۲): ۲۵۹- ۲۴۳.

محمدی، م.، ع. لیاقت و ح، مولوی. ۱۳۹۰. اثر توأم تنش شوری و خشکی بر عملکرد و اجزای عملکرد گوجه فرنگی در شرایط مزرعه‌ای. مجله علوم و مهندسی آبیاری (مجله علمی کشاورزی). ۳۴ (۱): ۲۳- ۱۵.

همائی، م. ۱۳۸۱. واکنش گیاهان به شوری. انتشارات کمیته آبیاری و زهکشی ایران، ۱۰۷ صفحه.

هنرجو، ن. ۱۳۸۹. خاک‌ها و آب‌های شور سدیمی. انتشارات دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوراسگان، ۲۲۴ صفحه.

Ashraf, M. 2010. Inducing drought tolerance in plants: recent advances. Biotechnology advances, 28(1), 169-183.

Díaz-López, L., V. Gimeno, I. Simón, V. Martínez, W.M. Rodríguez-Ortega and F.García-Sánchez. 2012. Jatropha curcas seedlings show a water conservation strategy under drought conditions based on decreasing leaf growth and stomatal conductance. Agricultural Water Management 105: 48-56.

Ekinci, M., S. Ors, U. Sahin, E. Yildirim and A. Dursun. 2015. Responses to the irrigation water amount of spinach supplemented with organic amendment in greenhouse conditions. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 46(3), 327-342.

Ferreira, J., D. Sandhu, X. Liu and J. Halvorson. 2018. Spinach (*Spinacea oleracea* L.) Response to Salinity: Nutritional Value, Physiological Parameters, Antioxidant Capacity, and Gene Expression. Agriculture, 8(10), 163.

Jabeen, M., N. A. Akram and M. A. A. AZIZ. 2019. Assessment of Biochemical Changes in Spinach (*Spinacea oleracea* L.) Subjected to Varying Water Regimes. Sains Malaysiana, 48(3), 533-541.

Muscolo, A., A. Junker, C. Klukas, K. Weigelt-Fischer, D. Riewe and T. Altmann. 2015. Phenotypic and metabolic responses to drought and salinity of four contrasting lentil accessions. Journal of Experimental Botany 66: 5467-5480.

Ors, S and D. L. Suarez. 2016. Salt tolerance of spinach as related to seasonal climate. Hort Sci (Prague) 43: 33–41.

Ors, S and D. L. Suarez. 2017. Spinach biomass yield and physiological response to interactive salinity and water stress. Agricultural water management, 190, 31-41.

Pasternak, D and Y. De Malach. 1994. Handbook of plant and crop stress. Marcel Dekker, New York, NY.

Sahin, U., M. Ekinci, S. Ors, M. Turan, S. Yildiz and E. Yildirim. 2018. Effects of individual and combined effects of salinity and drought on physiological, nutritional and biochemical properties of cabbage (*Brassica oleracea* var. capitata). Scientia Horticulturae, 240, 196-204.

Shannon, M. C., C. M. Grieve, S. M. Lesch and J. H. Draper. 2000. Analysis of salt tolerance in nine leafy vegetables irrigated with saline drainage water. Journal of the American Society for Horticultural Science, 125(5), 658-664.

Ünlükara, A., T. Yurtyeri and B. Cemek. 2017. Effects of Irrigation water salinity on evapotranspiration and spinach (*Spinacia oleracea* L. Matador) plant parameters in Greenhouse Indoor and Outdoor Conditions. Agronomy Research, 15(5), 2183-2194.

Wang, W., B. Vinocur and A. Altman. 2003. Plant responses to drought, salinity and extreme temperatures: towards genetic engineering for stress tolerance. Planta, 218(1), 1-14.

Xu, C and B. Mou. 2016. Responses of spinach to salinity and nutrient deficiency in growth, physiology, and nutritional value. Journal of the American Society for Horticultural Science, 141(1), 12-21.

Yang, H., T. Du, X. Mao, R. Ding and M. K. Shukla. 2019. A comprehensive method of evaluating the impact of drought and salt stress on tomato growth and fruit quality based on EPIC growth model. Agricultural Water Management, 213, 116-127.

The Deficit Irrigation Effect with Salt Water on Yield and Growth Traits of Spinach Plant (*Spinacia Oleraceae L.*) in an Arid Climate

Hadi Dehghan[*1], Mehdi Mokari[2], Masoud Mohammadi[3], Javad.Ramezani Moghadam[4]

Abstract

Due to the severe shortage of fresh water in arid and semi-arid regions, farmers are forced to use deficit-irrigation techniques along with salt water. In order to minimize salinity and water stresses impacts on the yield and yield components of spinach plant, separately and mutually, a pot experiment was performed from November 2, 2018 to January 18, 2019. The experiment was performed as factorial in the form of a completely randomized design with four replications including three irrigation levels (consisting complete irrigation 100% water requirement =W_1, W_2=75% W_1, and W_3=50% W_1) and three salinity factors (drinking water S_1=0.75, S_2=4, S_3=8 dS/m) in Kashmar's arid climate. The results showed that separate salinity and deficit irrigation stress had a significant effect on the plant traits including the wet weight of aerial part, leaf surface, plant height, stem height, root length, the dry weight of aerial part and the dry weight of the root, but the mutual effect of salinity and deficit irrigation on the mentioned traits was not significant. As salinity and deficit irrigation increased, the morphological properties of the plant decreased; for example, the maximum wet weight of the plant's aerial part was 147.15 grams in the plant related to W_1S_1 treatment and its minimum was 38.36 grams in the plant related to W_3S_3 treatment. The results of comparing the average of plant growth traits showed that there was no significant difference between the treatment of 100% water requirement with salinities of 0.75 and 4 dS/m, but in the salinity treatment control (0.75 dS/m) there was a significant difference between various levels of deficit irrigation. In regard to the above results, it can be said that spinach plant is more sensitive to water stress than salinity stress and applying water stress to the plant during the growing season should be avoided.

Keywords: Completely Randomized Design, Deficit Irrigation, Kashmar, Minitab, Salinity Stress, Spinach

1- Assistant Professor, Water Science and Engineering Department, Kashmar Higher Education Institute, Kashmar, Iran. (*-Corresponding Author Email: h.dehghan@kashmar.ac.ir)

2- Assistant Professor, Water Science and Engineering Department, Kashmar Higher Education Institute, Kashmar, Iran. (Mehdimokari@gmail.com)

3- PhD graduate, Water Science and Engineering Department, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran. (Mmohammadi_64@yahoo.com)

4- Assistant Professor of Water Engineering Department, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Iran. (j_ramezani@uma.ac.ir)

Extended Abstract

Research Paper

The Deficit Irrigation Effect with Salt Water on Yield and Growth Traits of Spinach Plant (Spinacia Oleraceae L.) in an Arid Climate

Hadi Dehghan[1], Mehdi Mokari[2], Masoud Mohammadi[3], Javad.Ramezani Moghadam[4]

1- Assistant Professor, Water Science and Engineering Department, Kashmar Higher Education Institute, Kashmar, Iran. (*- Corresponding Author Email: h.dehghan@kashmar.ac.ir)
2- Assistant Professor, Water Science and Engineering Department, Kashmar Higher Education Institute, Kashmar, Iran. (Mehdimokari@gmail.com)
3- PhD graduate, Water Science and Engineering Department, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran. (Mmohammadi_64@yahoo.com)
4- Assistant Professor of Water Engineering Department, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Iran. (j_ramezani@uma.ac.ir)

10.22125/IWE.2020.225813.1330

Received:
06. April.2020
Accepted:
20. September.2020
Available online:
10. January.2022

Keywords:**Completely Randomized Design, Deficit Irrigation, Kashmar, Minitab, Salinity Stress, Spinach**

Abstract

Due to the severe shortage of fresh water in arid and semi-arid regions, farmers are forced to use deficit-irrigation techniques along with salt water. In order to minimize salinity and water stresses impacts on the yield and yield components of spinach plant, separately and mutually, a pot experiment was performed from November 2, 2018 to January 18, 2019. The experiment was performed as factorial in the form of a completely randomized design with four replications including three irrigation levels (consisting complete irrigation 100% water requirement =W1, W2=75% W1, and W3=50% W1) and three salinity factors (drinking water S1=0.75, S2=4, S3=8 dS/m) in Kashmar's arid climate. The results showed that separate salinity and deficit irrigation stress had a significant effect on the plant traits including the wet weight of aerial part, leaf surface, plant height, stem height, root length, the dry weight of aerial part and the dry weight of the root, but the mutual effect of salinity and deficit irrigation on the mentioned traits was not significant. As salinity and deficit irrigation increased, the morphological properties of the plant decreased; for example, the maximum wet weight of the plant's aerial part was 147.15 grams in the plant related to W1S1 treatment and its minimum was 38.36 grams in the plant related to W3S3 treatment. The results of comparing the average of plant growth traits showed that there was no significant difference between the treatment of 100% water requirement with salinities of 0.75 and 4 dS/m, but in the salinity treatment control (0.75 dS/m) there was a significant difference between various levels of deficit irrigation. In regard to the above results, it can be said that spinach plant is more sensitive to water stress than salinity stress and applying water stress to the plant during the growing season should be avoided

1. Introduction

Among the provinces of Iran, the highest reservoir deficit, with an average value of 1081 million m3/y, is seen in Khorasan Razavi province where water sources are not in good condition qualitatively, with a salinity level of about 20 dS/min some areas. In Khorasan Razavi province, one of the critical forbidden plains is the Kashmar plain,with a reservoir deficit of 36 million m3 and a salinity level of 17.5 dS/m in some areas. The use of saline water and the application of deficit irrigation (DI) techniques seem to be necessarydue to the quantitative and qualitative decline of groundwater sources. Drought and salinity stresses are two important factors limiting the growth and production of crops worldwide, and the areas affected by these stresses are on the rise. The spinach plant, Spinaciaoleracea L. (family Chenopodiaceae), is native to Central Asia and most likely Iran, which is more resistant to salinity than other vegetables. Although the crop yield is a function of the concentration of solutes in the area of root growth, soil type, water, and climatic conditions should also be taken into account as the yield depends on these individual factors. Therefore, this study aimed to determine and compare the separate and interaction effects of DI and salinity on morphological traits and the yield of spinach in Kashmar climatic conditions.

2. Materials and Methods

The interaction of salinity stress and DI on the yield and yield components of spinach was investigated in an experiment in the research greenhouse of Kashmar Higher Education Center, Kashmar city, Khorasan Razavi province. This factorial study was conducted as a completely randomized statistical design with two factors of DI at three levels (100, 75, and 50% of irrigation needs, i.e. W1, W2, W3, respectively) and salinity stress of irrigation water due to dissolution of sodium chloride at three levels (0.75, 4, and 8 dS/m, i.e. S1, S2, S3, respectively) with four replications in 36 plastic pots (28 cm diameter and 30 cmheight) containing loamy soil. To determine the weight of the pots in field capacity (FC), they were saturated, their surface was covered with plastic sheets, and then weighed after 48 h of drainage. Irrigation was applied at 3-day intervals. In each pot, a seedling of spinach (S.oleracea L.) cv.Viroflay was planted on November 2, 2018. Aerial and underground organs of the plant were sampled at the end of the growth period (December 19, 2018). Finally, morphological traits of the spinach plant, including shoot weight, leaf area, plant height, stem height, root length, shoot dry weight, and root dry weight, were measured for one plant in each pot.

3. Results

The results of this study indicated that the separate salinity and DI stresses significantly affected the yield and vegetative traits of spinach. However, the simultaneous effect of salinity and DI stress had no significant effect, but a decreasing trend was observed in vegetative traits of the plant under simultaneous salinity and DI stress conditions. Therefore, low-quality water sources (up to a salinity of 4 dS/m) can be used to irrigate the spinach plant without a significant reduction in the crop yield with proper management.

4. Discussion and Conclusion

Moreover, the application of the DI technique is not recommended during the growing season since most of the spinach vegetative traits, such as shoot weight, leaf area, plant height, stem height, root length, shoot dry weight, and root dry weight, decreased significantly by applying DI. Based on the results, DI exerted a greater effect than salinity stress on the reduced values of vegetative traits in the plant. Given the declined quality of groundwater sources in the Kashmar region, the proper use and management of saline water for irrigation can be recommended as a suitable solution, along with further studies in field conditions.

.5. Six important references

1. Ferreira, J., D. Sandhu, X. Liu and J. Halvorson. 2018. Spinach (Spinacea oleracea L.) Response to Salinity: Nutritional Value, Physiological Parameters, Antioxidant Capacity, and Gene Expression. Agriculture, 8(10), 163.

2. Jabeen, M., N. A. Akram and M. A. A. AZIZ. 2019. Assessment of Biochemical Changes in Spinach (Spinacea oleracea L.) Subjected to Varying Water Regimes. Sains Malaysiana, 48(3), 533-541.

3. Ors, S and D. L. Suarez. 2016. Salt tolerance of spinach as related to seasonal climate. Hort Sci (Prague) 43: 33–41.

4. Ors, S and D. L. Suarez. 2017. Spinach biomass yield and physiological response to interactive salinity and water stress. Agricultural water management, 190, 31-41.

5.Ünlükara, A., T. Yurtyeri and B. Cemek. 2017. Effects of Irrigation water salinity on evapotranspiration and spinach (Spinacia oleracea L. Matador) plant parameters in Greenhouse Indoor and Outdoor Conditions. Agronomy Research, 15(5), 2183-2194.

6. Xu, C and B. Mou. 2016. Responses of spinach to salinity and nutrient deficiency in growth, physiology, and nutritional value. Journal of the American Society for Horticultural Science, 141(1), 12-21.

Conflict of Interest

Authors declared no conflict of interest.