

امکان سنجی مصرف آب‌های شور با تعیین تابع تولید شوری آب در کنار گونه *Ziziphus Spina-Christi*

مجید علی حوری

استادیار پژوهشکده خرما و میوه‌های گرمسیری، موسسه تحقیقات علوم باغبانی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اهواز، ایران.
alihouri_m@hotmail.com

تاریخ پذیرش: ۹۶/۱/۲۶

تاریخ دریافت: ۹۵/۱۰/۳۰

چکیده

مصرف آب شور با توجه به محدودیت شدید منابع آب غیرشور به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک، برای تداوم کشاورزی اجتناب‌ناپذیر است. این تحقیق در قالب طرح آماری بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تیمار شوری آب آبیاری معادل ۰/۳، ۳، ۶ و ۹ دسی زیمنس بر متر و سه تکرار روی نهال‌های کنار گونه *Ziziphus spina-christi* انجام شد. میزان شوری عصاره اشباع خاک، تعداد برگ، ماده تر و خشک ریشه، ماده تر و خشک اندام هوایی، نسبت اندام هوایی به ریشه و مقدار نسبی آب در اندام هوایی گیاه اندازه‌گیری شدند. شوری آب آبیاری در سطح احتمال یک درصد، اثر معنی‌دار بر شوری خاک و صفات ریشه و اندام هوایی گیاه داشت. نتایج نشان داد که با افزایش شوری آب آبیاری از ۳ به ۶ دسی زیمنس بر متر، ماده تر و خشک ریشه به ترتیب با ۳۴/۴ و ۳۰/۵ درصد کاهش معنی‌دار و ماده تر و خشک اندام هوایی به ترتیب معادل ۹/۷ و ۳/۶ درصد کاهش یافتند. تمام صفات ریشه و اندام هوایی گیاه هنگام رسیدن شوری آب آبیاری از ۶ به ۹ دسی زیمنس بر متر کاهش معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد داشتند. در شوری آب ۹ دسی زیمنس بر متر، مقدار کاهش ماده تر و خشک ریشه به ترتیب ۴۷/۵ و ۴۰/۹ درصد و مقدار کاهش ماده تر و خشک اندام هوایی به ترتیب ۳۱/۵ و ۱۹/۶ درصد بود. توابع تولید شوری آب-ماده خشک اندام هوایی به صورت پنج معادله خطی، درجه دوم، درجه سوم، لگاریتمی و نمایی برآورد شدند. معادله درجه سوم با بیشترین ضریب تعیین تعدیل‌شده و کارایی مدل‌سازی و کمترین مقدار حداکثر خطا، ریشه میانگین مربعات خطای نرمال‌شده و ضریب جرم باقی‌مانده دارای دقت برآزش بیشتر از سایر معادله‌های بود.

کلید واژه‌ها: آبیاری، رشد رویشی، زه‌آب، ضریب تعیین، کارایی مدل‌سازی.

مقدمه

در حال حاضر بزرگترین چالش در مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان برای تولید غذا، کمبود منابع آب است. در این مناطق، اکثر کشورهای در حال توسعه بیش از ۹۰ درصد از آب استحصال‌شده برای اهداف کشاورزی مصرف می‌کنند. برطبق آمار بانک جهانی، کشور ایران بین ۱۸۰ کشور دنیا از لحاظ سرانه منابع آب در جایگاه ۱۱۲ جهان قرار دارد. سرانه منابع آب در ایران معادل ۱۷۰۴ مترمکعب است، در حالی که سرانه منابع آب در دنیا ۳/۶ برابر ایران است (Fallahi Khushji et al., 2015). لذا با توجه به محدودیت شدید منابع آب غیرشور و متعاقب آن کاهش کیفیت آب و خاک کشاورزی به‌ویژه در شرایط خشک و نیمه‌خشک، استفاده از منابع آب جایگزین (آب‌های شور) برای تداوم فعالیت‌های کشاورزی اجتناب‌ناپذیر خواهد بود. با استفاده صحیح از آب‌های شور به‌عنوان یک منبع آب آبیاری ضمن افزایش تولیدات کشاورزی کشور می‌توان از رقابت موجود برای آب غیرشور کاست.

اثرات زیان‌بار شوری بر گیاه در همه سطوح از کاهش رشد تا از بین رفتن گیاه می‌تواند رخ دهد. کاهش رشد که بخش عمده آن نتیجه جلوگیری از بزرگ شدن و تقسیم سلولی است، متاثر از فرایندهای متعددی مانند عدم تعادل یونی، تغییر در وضعیت آب گیاه، اختلال در جذب عناصر، کاهش کارایی فتوسنتز و اختلال در

جذب، احیا و متابولیسم نیتروژن و پروتئین می‌باشد. تنش شوری موجب کاهش پتانسیل اسمزی شده، بر همه فرایندهای اصلی شامل رشد، فتوسنتز، سنتز پروتئین و متابولیسم چربی و انرژی تأثیر دارد. البته پاسخ گیاهان و میزان تحمل و کاهش رشد گونه‌های مختلف گیاهی نسبت به شوری متفاوت است. تحمل گیاهان به تنش شوری به‌صورت توانایی ذاتی گیاهان در مقابله با اثرات غلظت زیاد نمک‌های محلول خاک در محدوده توسعه ریشه‌ها، بدون کاهش چشمگیر رشد و تولید عملکرد محصول تعریف می‌شود. کاهش سریع سطح و تعداد برگ، کاهش ماده یا وزن (Biomass) تر و خشک اندام هوایی (برگ و ساقه) و ریشه و همچنین کاهش ارتفاع گیاه و سطح فعال ریشه گیاه در خاک از جمله پاسخ‌های گیاه به تنش شوری می‌باشد (Bajji et al., 2001; Kafi et al., 2012). براساس نظر برخی محققان درختان کنار (Ber) می‌توانند با آب‌های شور و سدیمی آبیاری شوند، لذا به‌عنوان یکی از درختان میوه مناسب برای نواحی خشک و بیابانی در مناطق مختلف توصیه شده‌اند (Ramoliya and Pandey, 2007). میوه کنار، مغذی و سرشار از ویتامین C است. ارزش غذایی این میوه از نظر پروتئین، مواد معدنی، کلسیم، فسفر، کاروتن و ویتامین از سیب غنی‌تر و میزان کالری و ویتامین C آن نسبت به پرتقال بیشتر است (Rastegar and Hassanzadeh Khankahdani, 2015). گونه‌های این

متر دریافتند که طول ریشه، سطح برگ و ماده خشک ریشه، ساقه، برگ و اندام هوایی (ساقه و برگ) نهال‌های کُنار با افزایش شوری خاک از ۳/۹ به ۷/۹ دسی زیمنس بر متر و طول ساقه با افزایش شوری خاک از ۳/۹ به ۱۰ دسی زیمنس بر متر کاهش معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد داشتند.

در مطالعه دیگری به منظور انتخاب گیاهان متحمل به شرایط شوری آب و خاک کشور کویت، نهال‌های ۱۰ رقم کُنار پس از طی دوره استقرار در زمین، با محلول‌های غذایی به مدت یک سال آبیاری شدند. شوری محلول‌های غذایی معادل ۵، ۱۰ و ۲۰ دسی زیمنس بر متر بود. بررسی وضعیت رشد (ارتفاع) گیاه حاکی از آن بود که کُنار تحمل خوبی نسبت به شرایط شوری داشت، به طوری که آبیاری برخی ارقام با محلول غذایی ۱۰ دسی زیمنس بر متر و سایر ارقام با محلول غذایی ۲۰ دسی زیمنس بر متر اثر منفی بر رشد آن‌ها نداشت (Bhat et al., 2009). همچنین اثرات پنج سطح شوری آب آبیاری معادل صفر، ۳/۲، ۶/۴، ۹/۶ و ۱۲/۳ دسی زیمنس بر متر از منبع نمک کلرور سدیم بر رشد و غلظت عناصر در نهال‌های کُنار گونه *Ziziphus spina-christi* ارزیابی گردید. شوری آب آبیاری ارتفاع گیاه، تعداد برگ و طول و عرض برگ را در حد معنی‌داری کاهش و غلظت سدیم برگ را در حد معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد افزایش داد (Nejat and Sadeghi, 2012).

تابع تولید یک مفهوم کلی و کاربردی است و بیانگر یک رابطه ریاضی بین ماده خشک تولیدی و نهادهای مصرفی در فرایند تولید می‌باشد (Sepaskhah et al., 2006). دو روش برای تعیین تابع تولید مورد استفاده قرار می‌گیرد. روش اول براساس مدل‌های نظری و تجربی، رابطه آب-عملکرد و یا شوری-عملکرد را به صورت کمی بیان می‌کند. در روش دوم، توابع تولید براساس اثر مقادیر مختلف کمی و کیفی آب بر عملکرد گیاه (مشاهدات مزرعه‌ای)، با استفاده از تحلیل آماری برآورد می‌شوند. برآورد تابع تولید بر پایه روش دوم به علت تعیین رابطه مستقیم بین آب و عملکرد گیاه، بر روش‌های نظری و تجربی ترجیح داده می‌شود (Datta et al, 1998). معمولاً تابع تولید را بر مبنای تعداد اندکی از عوامل متغیر قابل کنترل، برآورد می‌کنند. به منظور درک بهتر رابطه آب و رشد گیاه، تلاش‌هایی زیادی برای مدل‌سازی صورت گرفته است و در این راستا، از دیدگاه کاربردی مدل‌هایی مورد نیاز هستند که بتوانند عملکرد گیاه را دقیق‌تر نسبت به کمیت و کیفیت آب ارتباط دهند و همچنین مدل‌های ساده‌ای باشند. تابع تولید آب یکی از معمولترین توابع تولید و بیان‌کننده رابطه عملکرد گیاه با میزان آب آبیاری است. تابع تولید شوری، رابطه بین عملکرد گیاه با کیفیت آب آبیاری را نشان می‌دهد و می‌تواند در ارزیابی امکان استفاده از آب‌های شور مورد استفاده قرار گیرد. در این تابع تولید تمام عوامل موثر بر تولید به جز کیفیت آب، ثابت در نظر گرفته شده و در نتیجه بخش اعظم تغییرات مربوط به تولید، به تغییرات این عامل نسبت داده می‌شود (Kafi et al., 2011; Salehi et al., 2011).

درخت دارای خصوصیات فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی متعددی می‌باشد که موجب افزایش توانایی آن‌ها برای سازگاری با مناطق مختلف می‌شود. درختان کُنار سیستم ریشه عمیق و گسترده‌ای ایجاد می‌کنند که موجب توانایی آن‌ها در تامین آب و مواد غذایی مورد نیاز برای دوره‌های خشک طولانی مدت می‌شود (Sabbaghzadeh and Morid, 2015). برخی گونه‌های کُنار در تمام نقاط دنیا پراکنده شده‌اند، درحالی‌که سایر گونه‌ها نظیر *Ziziphus spina-christi* محدود به ناحیه مشخصی (آسیا) می‌باشد. این گونه کُنار در مناطق مختلف کشور از جمله استان‌های خوزستان، کرمان، بوشهر، هرمزگان، سیستان و بلوچستان، فارس و لرستان پراکنش یافته است (Asareh, 2008). کُنار *Z. spina-christi* به شکل درخت و یا درختچه همیشه سبز است و عصاره برگ، ساقه و ریشه آن به دلیل خواص ضد میکروبی و ضد ویروسی در طب سنتی برای بهبود انواع بیماری‌ها استفاده می‌شود (Arndt and Kayser, 2001; Said et al., 2006; Motamedi et al., 2009). طبق مطالعات انجام شده، درخت کُنار در سیزده استان از مناطق گرم و خشک کشور گسترش یافته و در این مناطق سازگاری خوبی نشان داده است (Torahi, 2005). بررسی میوه گونه‌های وحشی و وارداتی درخت کُنار (موجود در مناطق مختلف استان خوزستان) موجب شد که از حدود ۲۵۰۰ درخت مورد مطالعه، ۱۲ فنوتیپ به عنوان فنوتیپ‌های برتر تشخیص داده شدند (Torahi, 2006). بررسی اثرات شوری آب آبیاری معادل صفر، ۲/۵، ۴/۷، ۹/۱ و ۱۷/۶ دسی زیمنس بر متر (از منبع کلرور سدیم) روی نهال‌های ۱۰ ماهه کُنار *Z. spina-christi* نشان داد که تعداد و سطح برگ با افزایش شوری آب از ۲/۵ به ۹/۱ دسی زیمنس بر متر در حد معنی‌دار کاهش یافت. ولی بین شوری آب ۲/۵ و ۴/۷ دسی زیمنس بر متر اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. ماده خشک کل گیاه نیز با افزایش شوری آب از ۲/۵ دسی زیمنس بر متر کاهش معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد داشت (Abdollahi et al., 2013).

Gupta et al. (2002) اثرات شوری آب آبیاری با هدایت الکتریکی صفر، ۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ دسی زیمنس بر متر (از منبع نمک کلرور سدیم) را روی رشد دو گونه کُنار *Z. nummularia* و *Z. rotundifolia* بررسی نمودند. پس از ۴۵ روز از ظهور اولین برگ در دو گونه کُنار، شوری آب آبیاری باعث کاهش معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد در سطح برگ و ماده تر و خشک ریشه و برگ گیاه شد. (Tomar et al. 2003) میزان تحمل نهال‌های ۳۱ گونه درخت را نسبت به آبیاری با آب شور دارای هدایت الکتریکی ۸/۵ تا ۱۰ دسی زیمنس بر متر ارزیابی نمودند. این مطالعه در کشور هند به مدت هشت سال انجام شد. براساس یافته این محققان، نهال‌های کُنار تحمل خوبی نسبت به شوری آب داشتند، به طوری که بقا یا سبز ماندن گیاه در سال‌های اول تا سوم رشد برابر ۱۰۰ درصد و در سال‌های پنجم و هشتم رشد به ترتیب برابر ۹۶ و ۷۷ درصد بود.

Bhatt et al. (2008) با افزودن نمک کلرور سدیم به خاک و ایجاد شوری‌های ۰/۳، ۳/۹، ۶، ۷/۹، ۱۰ و ۱۱/۹ دسی زیمنس بر

هنگام شروع تیمارهای شوری آب آبیاری، رطوبت خاک در فواصل زمانی مختلف قبل از آبیاری از طریق نمونه برداری خاک محدوده ریشه گیاه اندازه گیری شد. سپس به منظور جلوگیری از تخریب ساختمان خاک گلدانها در اثر نمونه برداری های متعدد، معادله های مختلفی بین مقادیر رطوبت خاک و تبخیر از تشت کلاس A (آمار ایستگاه هواشناسی مستقر در مجاور محل اجرای تحقیق) برای انتخاب بهترین معادله رگرسیون برازش داده شد تا زمان شروع آبیاری نهالها براساس میزان تبخیر تجمعی از تشت کلاس A تعیین گردد:

$$W = 25.1 - 0.41E_p + 5.261 * 10^{-3}E_p^2 - 2.359 * 10^{-5}E_p^3 \quad (1)$$

در این رابطه، W رطوبت وزنی خاک (درصد) و E_p میزان تبخیر تجمعی از تشت کلاس A (میلی متر) است. دور آبیاری از دو روز در فصل تابستان تا یک هفته در فصل زمستان متغیر بود. عمق خالص آبیاری (d_n) بر مبنای رسیدن رطوبت وزنی خاک به ظرفیت زراعی و تامین کمبود رطوبت خاک از معادله زیر محاسبه گردید:

$$d_n = (W_{fc} - W_i) \gamma_b \cdot Z \quad (2)$$

در این رابطه، W_i رطوبت وزنی خاک در زمان آبیاری (اعشار)، W_{fc} رطوبت خاک در ظرفیت زراعی (اعشار)، γ_b چگالی ظاهری خاک خشک و Z عمق توسعه ریشه (میلی متر) است. با توجه به مشخص نبودن مقدار کمبود مجاز مدیریتی (MAD) برای درخت کُنار، از مقدار توصیه شده برای گیاهان مشابه مانند نخل خرما (معادل ۰/۵) استفاده شد. سپس میزان آب آبیاری هر یک از تیمارهای مورد آزمایش با توجه به نیاز آشوبی (LR) آن تعیین شد و توسط آبیاری دستی در اختیار هر گیاه قرار گرفت:

$$LR = \frac{EC_w}{5EC_e - EC_w} \quad (3)$$

در این رابطه، EC_w هدایت الکتریکی آب آبیاری (دسی زیمنس بر متر) و EC_e هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک (دسی زیمنس بر متر) برای کاهش عملکرد پیش بینی شده است.

بر اساس آمار منتشر شده توسط وزارت جهاد کشاورزی، سهم سطح زیر کشت آبی کُنار در کشور و استان خوزستان به ترتیب با ۲۶۳۹/۷ و ۲۲۸ هکتار برابر ۹۰/۳ و ۶۷/۱ درصد و سهم تولید کُنار از کشت آبی در کشور و استان خوزستان به ترتیب با ۱۳۲۷۶ و ۱۱۴۰ تن معادل ۹۵/۹ و ۸۵/۶ درصد است (Ahmehdi et al., 2017). بنابراین آمار مذکور بیانگر اهمیت کشت آبی کُنار برای تولید اقتصادی آن در کشور و استان خوزستان می باشد. از طرف دیگر با توجه به شوری آب و خاک استان خوزستان (در مناطق کشت کُنار) و وجود حجم قابل توجهی از زه آب های شور در این استان و همچنین مشخص نبودن حد آستانه شوری در درخت کُنار، هدف اصلی این تحقیق بررسی امکان استفاده از زه آب های کشاورزی در آبیاری کُنارستان های تازه احداث با توجه به تحمل نسبی این گیاه به تنش های محیطی و تعیین تابع تولید شوری در مرحله رشد رویشی کُنار می باشد.

مواد و روشها

این تحقیق در قالب طرح آماری بلوک های کامل تصادفی با چهار تیمار شوری آب آبیاری معادل ۰/۳، ۰/۳، ۰/۳ و ۰/۳ دسی زیمنس بر متر و سه تکرار در پژوهشکده خرما و میوه های گرمسیری (شهر اهواز) انجام شد. مدت اجرای تحقیق دو سال و سه ماه بود که در سال اول به منظور تهیه نهال، بذور کُنار در گلدان هایی به قطر ۴۰ سانتی متر و ارتفاع ۶۰ سانتی متر کاشته و مراقبت شدند. آبیاری تمام نهال های کُنار در سال اول رشد با استفاده از آب رودخانه کارون انجام پذیرفت. سپس در شروع سال بعد، عملیات آبیاری نهال های کُنار با آب های مذکور به مدت ۱۵ ماه انجام شد. شوری های آب آبیاری با توجه به مشخص نبودن حد آستانه شوری در درخت کُنار و کیفیت آب رودخانه کارون و زه آب های اراضی کشاورزی موجود در منطقه انتخاب شدند. آب مورد نیاز برای تیمار ۰/۳ دسی زیمنس بر متر، از دستگاه تصفیه آب شرب شهری و آب آبیاری سایر تیمارها از مخلوط نمودن زه آب اراضی کشاورزی منطقه با آب رودخانه کارون تامین شدند. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی نمونه ای از خاک مورد استفاده و آب های آبیاری در جدول (۱) و (۲) ارائه شده است. تفاوت بین مجموع آنیون ها و کاتیون ها در آب های آبیاری به دلیل عدم امکان اندازه گیری سولفات است.

جدول ۱- خصوصیات خاک مورد استفاده

EC (dS/m)	SAR	pH	رطوبت جرمی نقطه پژمردگی (%)	رطوبت جرمی ظرفیت زراعی (%)	چگالی ظاهری (g/cm ³)	بافت خاک	عمق خاک (cm)
۳/۹	۵/۶	۷/۳	۷/۷	۱۷/۱	۱/۳	لوم شنی	۰ - ۲۰
۳/۹	۵/۶	۷/۴	۷/۶	۱۶/۸	۱/۳	لوم شنی	۲۰ - ۴۰
۳/۸	۵/۵	۷/۴	۷/۴	۱۶/۵	۱/۳	لوم شنی	۴۰ - ۶۰

جدول ۲- خصوصیات آب‌های آبیاری

EC (dS/m)	SAR	pH	آنیون‌های محلول (meq/l)			کاتیون‌های محلول (meq/l)			
			Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻ *	Na ⁺	K ⁺ *	Ca ²⁺	Mg ²⁺
۰/۳	۶/۵	۷/۳	۲/۵	۰/۳	-	۲/۵	-	۰/۲	۰/۱
۳	۷/۰	۸/۰	۲۷/۰	۵/۵	-	۲۱/۰	-	۷/۵	۱۰/۵
۶	۱۴/۶	۷/۹	۴۳/۰	۶/۲	-	۴۵/۱	-	۹/۰	۱۴/۵
۹	۱۸/۸	۸/۰	۷۲/۰	۶/۷	-	۷۴/۳	-	۱۱/۲	۲۹/۰

* امکان اندازه‌گیری وجود نداشت.

Mean Square Error) یا nRMSE و ضریب جرم باقی‌مانده (Coefficient of Residual Mass) یا CRM برای ارزیابی و مقایسه این مدل‌ها استفاده گردید:

$$R_{adj}^2 = 1 - \frac{(1-R^2)(N-1)}{N-P-1} \quad (9)$$

$$EF = \frac{\sum(O_i - \bar{O})^2 - \sum(P_i - O_i)^2}{\sum(O_i - \bar{O})^2} \quad (10)$$

$$ME = \text{Max} |P_i - O_i| \quad (11)$$

$$nRMSE = \sqrt{\frac{\sum(P_i - O_i)^2}{N} \cdot \left(\frac{100}{\bar{O}}\right)} \quad (12)$$

$$CRM = \frac{\sum O_i - \sum P_i}{\sum O_i} \quad (13)$$

در این روابط، R^2 ضریب تعیین، N تعداد مشاهدات، P تعداد متغیرهای مستقلی که بر متغیر وابسته تاثیر واقعی دارند، P_i مقادیر برآورد شده، O_i مقادیر اندازه‌گیری شده و \bar{O} میانگین مقادیر اندازه‌گیری شده است.

ضریب تعیین (R^2) مجذور ضریب همبستگی بین دو متغیر مستقل و وابسته است، با فرض این که همه متغیرهای مستقل بر متغیر وابسته تاثیر دارند. در صورتی که در ضریب تعیین اصلاح شده (R_{adj}^2)، فقط تاثیر متغیرهای مستقل واقعی بر متغیر وابسته در نظر گرفته می‌شود. بنابراین هنگامی که هدف مقایسه دو یا چند مدل است، ضریب تعیین تعدیل شده مورد استفاده قرار می‌گیرد که اصلاح و تعدیل ضریب تعیین نمونه برای کل جامعه آماری است. شاخص EF نشان‌دهنده نسبت انحراف مقادیر شبیه‌سازی شده از اندازه‌گیری شده به انحراف مقادیر اندازه‌گیری شده از میانگین آن‌ها می‌باشد. مقدار این ضریب هر چه به یک نزدیکتر باشد، مدل کارا تر است. ضریب ME نمایانگر چگونگی اجرای مدل است و مقدار زیاد آن حاکی از کارکرد ضعیف مدل می‌باشد. nRMSE بیانگر تفاوت بین مقادیر برآورد شده و اندازه‌گیری شده نسبت به میانگین مقادیر اندازه‌گیری شده است. هر چه این ضریب به صفر نزدیکتر باشد، عملکرد شبیه‌سازی مدل بهتر است. شاخص CRM نیز نشان‌دهنده

مجموع آب آبیاری هر نهال در دوره اعمال تیمارهای شوری آب، برای آب ۰/۳ دسی زیمنس بر متر معادل ۱۳۶۴/۵ میلی‌متر و برای آب‌های ۳، ۶ و ۹ دسی زیمنس بر متر معادل ۱۵۷۳/۲ میلی‌متر بود.

عملیات داشت و مراقبت‌های باغی برای کلیه تیمارها به‌طور یکسان انجام گرفت. میزان شوری عصاره اشباع خاک برای هر یک از تیمارها، با نمونه‌برداری از عمق ۲۰ تا ۴۰ سانتی‌متری خاک در انتهای مدت تحقیق اندازه‌گیری شد و تفاوت آن نسبت به زمان شروع تحقیق یا تغییرات شوری خاک طی این مدت محاسبه گردید. در پایان مدت تحقیق، تعداد برگ، ماده یا وزن تر و خشک ریشه و اندام هوایی (شاخساره) نهال‌ها اندازه‌گیری شد. به‌منظور تعیین ماده خشک، ریشه و اندام هوایی تمام نهال‌ها در دستگاه آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد و به مدت ۷۲ ساعت قرار گرفت.

همچنین نسبت اندام هوایی به ریشه (ماده خشک اندام هوایی به ریشه) و مقدار نسبی آب (Relative water content) در اندام هوایی گیاه (نسبت تفاوت بین میزان ماده تر و خشک اندام هوایی به ماده تر اندام هوایی) محاسبه گردید. پس از جمع‌آوری داده‌ها، توابع تولید به‌صورت معادله‌های خطی، درجه دوم، درجه سوم، لگاریتمی و نمایی (Exponential) برآورد شدند:

$$Y = a_0 + a_1 EC_w \quad (4) \quad \text{خطی}$$

$$Y = a_0 + a_1 EC_w + a_2 EC_w^2 \quad (5) \quad \text{درجه دوم}$$

$$Y = a_0 + a_1 EC_w + a_2 EC_w^2 + a_3 EC_w^3 \quad (6) \quad \text{درجه سوم}$$

$$Y = a_0 + a_1 \ln(EC_w) \quad (7) \quad \text{لگاریتمی}$$

$$Y = a_0 \cdot \exp(a_1 EC_w) \quad (8) \quad \text{نمایی}$$

در این روابط، Y ماده خشک اندام هوایی (گرم) و a_i ضرایب ثابت می‌باشند. پس از تعیین ضرایب معادله‌ها، از پنج شاخص آماری ضریب تعیین تعدیل شده (Adjusted coefficient of determination) یا R_{adj}^2 ، کارایی مدل‌سازی (Modeling Efficiency) یا EF، حداکثر خطا (Maximum Error) یا ME، ریشه میانگین مربعات خطای نرمال شده (Normalized Root

۴۰/۹ درصد و ماده تر، ماده خشک و مقدار نسبی آب اندام هوایی به ترتیب ۳۱/۵، ۱۹/۶ و ۱۸/۵ درصد کمتر شدند.

Abdollahi et al. (2013) با بررسی اثرات شوری آب آبیاری روی نهال‌های کُنار گونه *Z. spina-christi* دریافتند که ماده خشک کل گیاه با افزایش شوری آب از ۲/۵ به ۴/۷، ۹/۱ و ۱۷/۶ دسی زیمنس بر متر، به ترتیب معادل ۱۶/۲، ۲۹/۹ و ۴۳/۴ درصد کاهش معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد داشت. در دو گونه کُنار *Z. rotundifolia* و *Z. nummularia* نیز کاهش معنی‌دار (در سطح احتمال پنج درصد) ماده تر و خشک ریشه و برگ با رسیدن شوری آب آبیاری از ۵ به ۱۰ دسی زیمنس بر متر گزارش شده است (Gupta et al., 2002). در مطالعه دیگری، ماده خشک ریشه و اندام هوایی نهال‌های کُنار *Z. mauritiana* با افزایش شوری خاک از ۳/۹ به ۷/۹ دسی زیمنس بر متر، به ترتیب ۳۰ و ۴۷/۴ درصد کاهش معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد داشتند که با رسیدن شوری خاک به ۱۰ دسی زیمنس بر متر، این مقادیر به ترتیب معادل ۴۶/۷ و ۶۶/۹ درصد شد (Bhatt et al., 2008). همچنین ارزیابی اثرات شوری آب آبیاری بر نهال‌های کُنار گونه *Z. spina-christi* نشان داد که با افزایش شوری آب آبیاری تعداد برگ، طول برگ و ماده خشک ریشه و اندام هوایی نهال‌های کُنار به طور معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد کاهش یافت. تعداد برگ در شوری‌های ۳/۲، ۶/۴، ۹/۶ و ۱۲/۳ دسی زیمنس بر متر نسبت به تیمار شاهد (هدایت الکتریکی صفر) به ترتیب ۱۴، ۴۳، ۴۸ و ۷۵ درصد کاهش یافت (Nejat and Sadeghi, 2012). کاهش رشد برگ پس از افزایش شوری آب و خاک، در ابتدا به علت تجمع نمک‌ها و اثر اسمزی شوری در اطراف ریشه‌هاست. با گذشت زمان، حجیم شدن سلول و تقسیم سلولی برگ کاهش یافته و در نتیجه اندازه نهایی برگ کوچک می‌شود. همچنین تغییر سلولی با کاهش نسبت سطح به حجم باعث کوچکتر و ضخیمتر شدن برگ‌ها می‌گردد (Fricke and Peters, 2002). چگونگی پاسخ گیاه به تنش شوری می‌تواند مربوط به عواملی نظیر قابلیت دسترسی، جذب و انتقال عناصر غذایی در داخل گیاه باشد. کاهش سرعت رشد برگ‌ها پس از افزایش شوری خاک، عمدتاً به علت تجمع املاح و اثر اسمزی شوری در اطراف ریشه‌های گیاه است. به محض قرار گرفتن گیاه در محیط شور، سرعت رشد برگ‌های در حال توسعه کاهش یافته، ظهور برگ‌های جدید آهسته‌تر شده و شاخساره‌های کمتری تشکیل می‌گردد. البته گیاهان معمولاً در مرحله جوانه زنی و اولیه رشد نسبت به سایر مراحل رشد به شوری حساسترند (Kurap et al., 2009).

نتایج تخمین توابع تولید شوری در کُنار گونه *Z. spina-christi* به صورت خطی، درجه دوم، درجه سوم، لگاریتمی و نمایی در جدول (۵) و (۶) ارائه گردیده است. لازم به ذکر است ضرایب موجود در جدول ۵ مربوط به محدوده شوری آب از ۰/۳ تا ۹ دسی زیمنس بر متر و منتج از ۱۲ داده (ماده خشک اندام هوایی) اندازه‌گیری شده می‌باشند. به منظور تعیین سطح معنی‌دار بودن معادله رگرسیون تابع،

تمایل مدل برای پیش برآوردی (Overestimate) و یا کم برآوردی (Underestimate) نسبت به مقادیر اندازه‌گیری شده است. اگر مقدار این ضریب منفی شود، تمایل مدل به برآوردهایی بیشتر از مقادیر اندازه‌گیری شده است. در حالت کلی، چنانچه تمام مقادیر پیش‌بینی شده برابر مقادیر اندازه‌گیری شده باشند، آنگاه شاخص‌های R^2_{adj} و EF برابر یک و شاخص‌های ME، nRMSE و CRM برابر صفر خواهند بود (Loague and Green, 1991; Habibpour and Safari, 2009; Salehi et al., 2011; Najafi Mood et al., 2012; Saraee Tabrizi et al., 2015). مورد استفاده در این تحقیق برای تجزیه و تحلیل صفات اندازه‌گیری شده و تعیین پارامترهای مدل‌ها، SPSS Statistics 19 و Excel بودند و تیمارهای مختلف با آزمون چند دامنه‌ای دانکن مقایسه گردیدند.

نتایج و بحث

با توجه به جدول (۳) تجزیه واریانس مقادیر شوری خاک نشان داد که تاثیر تیمارهای شوری آب آبیاری بر شوری خاک در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. بیشترین شوری خاک با ۱۱/۴ دسی زیمنس بر متر در آبیاری با آب شور ۹ دسی زیمنس بر متر رخ داد که مقایسه میانگین‌ها به روش آزمون دانکن حاکی از اختلاف معنی‌دار این تیمار با تیمارهای شوری ۰/۳ و ۳ دسی زیمنس بر متر در سطح احتمال یک درصد بود. اختلاف بین تیمارهای شوری ۳ و ۶ دسی زیمنس بر متر از نظر شوری خاک معنی‌دار نبود. نتایج تجزیه واریانس صفات ریشه و اندام هوایی گیاه نیز نشان داد که تیمارهای شوری آب آبیاری اثر معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد بر تمام صفات مزبور داشتند.

همان‌طور که در جدول (۴) مشاهده می‌شود تعداد برگ با افزایش شوری آب آبیاری، کاهش معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد یافت. تیمارهای ۳ و ۶ دسی زیمنس بر متر اختلاف معنی‌داری با شوری ۹ دسی زیمنس بر متر داشتند. تعداد برگ‌ها با افزایش شوری آب از ۳ به ۶ دسی زیمنس بر متر، ۳/۸ درصد و با رسیدن شوری آب به ۹ دسی زیمنس بر متر، ۲۵/۱ درصد کمتر شد. از نظر ماده تر و خشک ریشه، ماده تر و خشک اندام هوایی و مقدار نسبی آب در نهال کُنار، بیشترین مقادیر در آب ۰/۳ دسی زیمنس بر متر و کمترین مقادیر در آب ۹ دسی زیمنس بر متر بود که اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد با یکدیگر داشتند. ولی اختلاف بین تیمارهای آب ۳ و ۶ دسی زیمنس بر متر از نظر ماده تر و خشک اندام هوایی و مقدار نسبی آب در اندام هوایی، معنی‌دار نبود. مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که با افزایش شوری آب آبیاری از ۳ به ۶ دسی زیمنس بر متر، ماده تر و خشک ریشه به ترتیب معادل ۳۴/۴ و ۳۰/۵ درصد و ماده تر، ماده خشک و مقدار نسبی آب اندام هوایی به ترتیب معادل ۹/۷، ۳/۶ و ۶/۰ درصد کاهش یافتند. اما مقدار تمام صفات مذکور هنگام رسیدن شوری آب آبیاری از ۶ به ۹ دسی زیمنس بر متر کاهش معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد داشتند، به طوری که ماده تر و خشک ریشه به ترتیب ۴۷/۵ و

علی حوری: امکان سنجی مصرف آب‌های شور با تعیین...

از ضریب F جدول تجزیه واریانس استفاده شد که برای تمام معادله‌های در سطح یک درصد معنی‌دار گردید. ضریب تعیین تعدیل شده (R^2_{adj}) برای توابع تولید بین ۰/۸۱۵ (معادله خطی) و ۰/۹۳۲ (معادله درجه سوم) در نوسان بود. کارایی مدل سازی (EF) از ۰/۸۳۲ برای معادله خطی تا ۰/۹۵۱ برای معادله درجه سوم متغیر بود، درحالی که کمترین و بیشترین مقدار حداکثر خطا (ME) به ترتیب به معادله درجه سوم و درجه دوم اختصاص یافت. حداقل تفاوت نسبی بین مقادیر برآورد شده و اندازه‌گیری شده (nRMSE) با ۴/۸۱ درصد به معادله درجه سوم و حداکثر آن به میزان واقعی برآورد می‌کند.

به منظور ارزیابی توابع تولید شوری، هر یک از معادله‌های براساس شاخص‌های آماری تعریف شده رتبه‌بندی شدند که نتایج آن در جدول (۶) ارائه شده است.

از ضریب F جدول تجزیه واریانس استفاده شد که برای تمام معادله‌های در سطح یک درصد معنی‌دار گردید.

ضریب تعیین تعدیل شده (R^2_{adj}) برای توابع تولید بین ۰/۸۱۵ (معادله خطی) و ۰/۹۳۲ (معادله درجه سوم) در نوسان بود. کارایی مدل سازی (EF) از ۰/۸۳۲ برای معادله خطی تا ۰/۹۵۱ برای معادله درجه سوم متغیر بود، درحالی که کمترین و بیشترین مقدار حداکثر خطا (ME) به ترتیب به معادله درجه سوم و درجه دوم اختصاص یافت. حداقل تفاوت نسبی بین مقادیر برآورد شده و اندازه‌گیری شده (nRMSE) با ۴/۸۱ درصد به معادله درجه سوم و حداکثر آن به

جدول ۳- میانگین مربعات شوری خاک و صفات رویشی در نهال‌های کُنار

منبع تغییر	درجه آزادی	شوری خاک	تعداد برگ	ماده تر ریشه	ماده خشک ریشه	ماده تر اندام هوایی	ماده خشک اندام هوایی	نسبت اندام هوایی به ریشه	مقدار نسبی آب
تکرار	۲	۲/۴ ^{n.s}	۳۳۱۱۱/۱*	۶۱/۶ ^{n.s}	۲۱/۴ ^{n.s}	۲۸۸/۲ ^{n.s}	۱۳/۸ ^{n.s}	۰/۰۲ ^{n.s}	۳۲/۰*
تیمار	۳	۲۵/۳ ^{**}	۱۲۶۳۳۸/۸ ^{**}	۵۳۵۴/۴ ^{**}	۹۵۹/۵ ^{**}	۳۶۱۶/۸ ^{**}	۷۸۷/۵ ^{**}	۰/۵۷ ^{**}	۷۹/۰ ^{**}
خطا	۶	۱/۷	۴۱۵۴/۵	۲۹/۶	۸/۰	۶۰/۷	۱۵/۸	۰/۰۲	۳/۸
کل	۱۱								

n.s غیر معنی‌دار * معنی‌دار در سطح آماری پنج درصد ** معنی‌دار در سطح آماری یک درصد

جدول ۴- مقایسه میانگین شوری خاک و صفات رویشی نهال‌های کُنار

شوری آب (dS/m)	شوری خاک (dS/m)	تعداد برگ	ماده تر ریشه (گرم)	ماده خشک ریشه (گرم)	ماده تر اندام هوایی (گرم)	ماده خشک اندام هوایی (گرم)	نسبت اندام هوایی به ریشه	مقدار نسبی آب (درصد)
۰/۳	۵/۴ ^c	۱۱۶۲ ^a	۱۳۵/۰ ^a	۶۲/۹ ^a	۱۸۷/۴ ^a	۸۸/۹ ^a	۱/۴ ^b	۵۲/۳ ^a
۳	۶/۴ ^{bc}	۸۸۶ ^b	۱۲۲/۵ ^a	۵۶/۰ ^a	۱۳۵/۰ ^b	۶۴/۷ ^b	۱/۲ ^b	۵۱/۸ ^a
۶	۱۰/۴ ^{ab}	۸۵۲ ^b	۸۰/۴ ^b	۳۸/۹ ^b	۱۲۱/۹ ^b	۶۲/۴ ^b	۱/۶ ^b	۴۸/۷ ^a
۹	۱۱/۴ ^a	۶۶۴ ^c	۴۲/۲ ^c	۲۳/۰ ^c	۸۳/۵ ^c	۵۰/۳ ^c	۲/۲ ^a	۳۹/۷ ^b

میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون، در سطح یک درصد اختلاف معنی‌دار با یکدیگر ندارند.

جدول ۵- ضرایب معادله‌های تابع تولید شوری در نهال‌های کُنار

F	a_3	a_2	a_1	a_0	مدل تابع
۴۹/۵۷ ^{**}	---	---	-۴/۰۳۴	۸۵/۰۰۴	خطی
۳۳/۱۸ ^{**}	---	۰/۳۸۰	-۷/۵۸۱	۸۹/۲۴۴	درجه دوم
۵۱/۳۴ ^{**}	-۰/۲۲۸	۳/۵۶۳	-۱۸/۴۳۸	۹۴/۱۱۷	درجه سوم
۱۰۲/۸۳ ^{**}	---	---	-۱۰/۴۴۲	۷۶/۶۸۸	لگاریتمی
۶۲/۹۳ ^{**}	---	---	-۰/۰۶۰	۸۵/۵۷۶	نمایی

** معنی‌دار در سطح یک درصد.

جدول ۶- شاخص‌های آماری محاسبه شده برای معادله‌های مختلف تابع تولید

مدل تابع	R^2_{adj}	EF	ME	nRMSE	CRM	امتیاز (رتبه)
خطی	۰/۸۱۵ (۱*)	۰/۸۳۲ (۱)	۹/۶۰۳ (۳)	۸/۸۶ (۱)	۰/۰۰۰۰۰ (۵)	۱۱ (۵)
درجه دوم	۰/۸۵۴ (۳)	۰/۸۸۱ (۳)	۱۰/۷۵۰ (۱)	۷/۴۷ (۳)	$-۱/۴۲ \times ۱۰^{-۱۶}$ (۴)	۱۴ (۳)
درجه سوم	۰/۹۳۲ (۵)	۰/۹۵۱ (۵)	۶/۲۰۰ (۵)	۴/۸۱ (۵)	۰/۰۰۰۰۰ (۵)	۲۵ (۱)
لگاریتمی	۰/۹۰۳ (۴)	۰/۹۱۱ (۴)	۱۰/۲۲۱ (۲)	۶/۴۴ (۴)	۰/۰۰۰۰۰ (۵)	۱۹ (۲)
نمایی	۰/۸۴۹ (۲)	۰/۸۵۸ (۲)	۸/۴۴۵ (۴)	۸/۱۶ (۲)	$۳/۵۷ \times ۱۰^{-۳}$ (۳)	۱۳ (۴)

* امتیاز شاخص آماری.

سوم مورد بررسی قرار نگرفتند. در بررسی مدل‌های مختلف بین عملکرد برخی گیاهان زراعی نظیر گندم، ذرت و پنبه با تنش‌های شوری و خشکی، نیز تابع غیرخطی درجه دوم از بین معادله‌های خطی، درجه دوم، لگاریتمی و متعالی به عنوان بهترین تابع تولید آب- شوری گزارش شده است (Rhoades et al., 1992; Datta et al., 1998; Najafi Mood et al., 2012)

نتیجه‌گیری

در این تحقیق، شوری آب آبیاری موجب کاهش معنی‌دار صفات رشد رویشی در نهال‌های کُنار گونه *Ziziphus spina-christi* شد، اما افزایش شوری آب آبیاری از ۳ به ۶ دسی زیمنس بر متر تاثیر معنی‌دار بر کاهش تعداد برگ، ماده تر و خشک اندام هوایی و مقدار نسبی آب در اندام هوایی نهال‌های کُنار نداشت. مقایسه معادله‌های مختلف به صورت خطی، درجه دوم، درجه سوم، لگاریتمی و نمایی برای تابع تولید شوری در نهال‌های کُنار گونه *Ziziphus spina-christi* نشان داد که معادله درجه سوم، دارای بیشترین دقت برازش بود. با توجه به نتایج تحقیق، پس از اتمام دوره استقرار نهال‌های کُنار گونه مذکور، می‌توان از آب‌های شور تا ۶ دسی زیمنس بر متر برای آبیاری نهال‌ها تا مدت حدود یک سال (۱۵ ماه) بدون بروز اثرات سوء معنی‌دار استفاده نمود. ادامه انجام این تحقیق تا پایان مرحله رشد رویشی گیاه به منظور بررسی اثرات طولانی مدت استفاده از آب‌های شور پیشنهاد می‌شود.

بدین ترتیب به معادله‌ای که بیشترین مقدار هر یک از شاخص‌های ضریب تعیین تعدیل شده (R^2_{adj}) و کارایی مدل‌سازی (EF) و یا کمترین مقدار هر یک از شاخص‌های حداکثر خطا (ME)، ریشه میانگین مربعات خطای نرمال شده (nRMSE) و ضریب جرم باقی‌مانده (CRM) را داشت، امتیاز پنج تعلق گرفت و معادله‌ای که کمترین مقدار R^2_{adj} و EF و یا بیشترین مقدار ME، nRMSE و CRM را دارا بود، امتیاز یک دریافت نمود. مقایسه امتیاز معادله‌های مختلف نشان داد که معادله درجه سوم، دارای بیشترین دقت برازش بود:

$$Y=94.117 - 18.438EC_w + 3.563EC_w^2 - 0.228EC_w^3 \quad (14)$$

ارزیابی اثرات شوری آب آبیاری صفر تا ۱۶ دسی زیمنس بر متر بر نهال‌های شش ماهه کُنار گونه *Z. mauritiana* در کشور هند حاکی از کاهش خطی ماده خشک اندام هوایی نسبت به شوری آب بود (Agrawal et al, 2013). در پژوهش دیگری، بررسی روند تغییرات ماده تر اندام هوایی نهال‌های کُنار گونه *Z. mauritiana* نسبت به شوری عصاره اشباع خاک، دلالت بر خطی بودن این تغییرات داشت (Hooda et al, 1990). البته در دو مطالعه مذکور، معادله رگرسیون بین ماده خشک اندام هوایی گیاه و شوری آب آبیاری و یا بین ماده تر اندام هوایی گیاه و شوری خاک فقط به صورت خطی تعیین شد و سایر معادله‌های رگرسیون مانند درجه

منابع

- 1- Abdollahi, F., Jafari, L. and Gordi Takhti, Sh., 2013. Effect of GA3 on growth and chemical composition of jujube leaf (*Ziziphus spina-christi*) under salinity condition. *Journal of Plant Process and Function*, 2(2): 53-67. (In Persian).
- 2- Ahmadi, K., Gholizadeh, H., Ebadzadeh, H.R., Hoseainpour, R., Abdeslah, H., Rezaei, M.M. and Fazli Stabragh, M., 2017. *Agricultural Statistics (3)*. Ministry of Agriculture Jihad. (In Persian).
- 3- Asareh, M.H., 2008. *Biological characteristics of christian thorn trees in Iran*. Research Institute of Forests and Rangelands. (In Persian).
- 4- Agrawal, R., Gupta, S., Gupta, N.K., Khandelwal, S.K. and Bhargava, R., 2013. Effect of sodium chloride on gas exchange, antioxidative defense mechanism and ion accumulation in different cultivars of Indian jujube (*Ziziphus mauritiana* L.). *Photosynthetica*, 51(1): 95-101.

- 5- Arndt, S.K. and Kayser, O., 2001. *Ziziphus* - a medicinal plant genus with tradition and future potential. *Zeitschrift Fur Phytotherapie*, 22(2): 98-106.
- 6- Bajji, M., Lutts, S. and Kinet, J.M., 2001. Water deficit effects on solute contribution to osmotic adjustment as a function of leaf ageing in three durum wheat (*Triticum durum* Desf.) cultivars performing differently in arid conditions. *Plant Science*, 160(4): 669-681.
- 7- Bhat, N.R., Suleiman, M.K. and Abdal, M., 2009. Selection of crops for sustainable utilization of land and water resources in Kuwait. *World Journal of Agricultural Sciences*, 5(2): 201-206.
- 8- Bhatt, M.J., Patel, A.D., Bhatti, P.M. and Pandey, A.N., 2008. Effect of soil salinity on growth, water status and nutrient accumulation in seedlings of *Ziziphus mauritiana* (rhamnaceae). *Journal of Fruit and Ornamental Plant Research*, 16: 383-401.
- 9- Datta K.K., V.P. Sharma and Sharma, D.P., 1998. Estimation of a production functions for wheat under saline conditions. *Agricultural Water Management*, 36: 85-94.
- 10- Fallahi Khushji, M., Rashidi Nezhad, A. Ahmadi, M., Pazhouh, F. and Mafakheri, A., 2015. Water crisis, climate change and its management in Iran. In *International Conference on Environment and Natural Resources, Shiraz, Iran*. (In Persian).
- 11- Fricke, W. and Peters, W.S., 2002. The biophysics of leaf growth in Salt-Stressed Barley. A Study at the Cell Level. *Plant Physiology*, 129(1): 374-388.
- 12- Gupta, N.K., Meena, S.K., Gupta, S. and Khandelwal, S.K., 2002. Gas exchange, membrane permeability, and ion uptake in two species of Indian jujube differing in salt tolerance. *Photosynthetica*, 40(4): 535-539.
- 13- Habibpour, K., and Safari, R., 2009. *Comprehensive guide of SPSS in survey research*. Motefakeran. (In Persian).
- 14- Hooda, P.S., S.S. Sindhu, P.K. Mehta and Ahlawat, V.P., 1990. Growth, yield and quality of ber (*Ziziphus mauritiana* Lamk.) as effected by soil salinity. *Journal of Horticultural Science*, 65(5): 589-593.
- 15- Kafi, M., Borzouee, A., Salehi, M., Kamandi, A., Maasoumi, A. and Nabati, J., 2012. *Physiology of environmental stresses in plants*. Ferdowsi University of Mashhad. (In Persian).
- 16- Kafi, M., Salehi, M., and Eshghizadeh, H.R., 2011. *Biosaline agriculture: Plant, water and soil management approaches*. Ferdowsi University of Mashhad. (In Persian).
- 17- Kurap, S.S., Hedar, Y.S., Al-Dhaheri, M.A., El-Heawiety, A.Y., Aly, M.A.M. and Alhadrami, G., 2009. Morpho-physiological evaluation and RAPD markers -assisted characterization of date palm (*Phoenix dactylifera* L.) varieties for salinity tolerance. *Journal of Food, Agriculture & Environment*, 7(3&4): 503-507.
- 18- Loague, K. and Green, R.E., 1991. Statistical and graphical methods for evaluating solute transport models: overview and application. *Contaminant Hydrology*, 7: 51-73.
- 19- Motamedi, H., A. Safary, S. Maleki and Seyyednejad, S.M., 2009. *Ziziphus spina-christi*, a native plant from Khuzestan, Iran, as a potential source for discovery new antimicrobial agents. *Asian Journal of Plant Sciences*, 8(2): 187-190.
- 20- Najafi Mood, M.H., Alizadeh, A., Davari, K., Kafi, M., and Shahidi, A., 2012. Determination of water-salinity production function for two cotton cultivars. *Journal of Water and Soil*, 26(2): 672-679. (In Persian).
- 21- Nejat, N. and Sadeghi, H., 2012. Response of *Ziziphus spina-christi* (L.) wild seedlings to NaCl -induced salinity. *Agricultural Science Digest*, 32 (1): 61- 65.

- 22- Ramoliya, P.J. and Pandey, A.N., 2007. Soil salinity and water status effect on growth of seedlings of *Ziziphus mauritiana* (Rhamnaceae). *Indian Forester*, 133(7): 951-962.
- 23- Rastegar, S. and Hassanzadeh Khankahdani, H., 2015. Evaluation of some quantity and quality properties of 11 *Ziziphus* genotypes fruit of Hormozgan province. *Journal of Plant Production*, 38(3): 105-111. (In Persian).
- 24- Rhoades, J.D., A. Kandiah and Mashali, A.M., 1992. *The use of saline waters for crop production*. FAO Irrigation and Drainage Paper 48. Rome, Food and Agriculture Organization of the United Nations, 133p.
- 25- Sabbaghzadeh, F., and Morid, A.R., 2015. Comparison of elite genotypes of *Ziziphus spina-christi* and *Ziziphus mauritiana* located in Fadak Botanic Garden of Dezful in regard to fruit and stone traits. *Journal of Plant Production*, 38(3); 113-123. (In Persian).
- 26- Said, A., Huefner, A., Tabl, E.S. and Fawzy, G., 2006. Two new Cyclic Amino Acids from the seeds and Antiviral Activity of methanolic extract of the roots of *Zizyphus spinachristi*. *Planta Medica*, 72(11): 222-227.
- 27- Salehi, M., Kafi, M., and Kiani, A.R., 2011. Effect of salinity and water deficit stresses on biomass production of *Kochia* (*Kochia scoparia*) and trend of soil salinity. *Seed and Plant Production Journal*, 27: (4) 417-433. (In Persian).
- 28- Sarai Tabrizi, M., Homae, M., Babazadeh, H., Kaveh, F. and Parsinejad, M., 2015. Modeling Basil Response to Water Stress under Different Soil Water Levels. *Iranian Journal of Soil and Water*, 46(2): 163-171. (In Persian).
- 29- Sepaskhah, A.R., Tavakoli, A., and Mousavi, F., 2006. *Principles and application of deficit irrigation*. Iranian National Committee on Irrigation and Drainage. (In Persian).
- 30- Tomar, O.S., Minhas, P.S., Sharma, V.K., Singh, Y.P. and Gupta, R.K., 2003. Performance of 31 tree species and soil conditions in a plantation established with saline irrigation. *Forest Ecology and Management*, 177(1): 333-346.
- 31- Torahi, A., 2005. *Establishment of best ber (Ziziphus spina-christi L.) varieties collection for germplasm conservation and evaluation of ber varieties adaptability in Khuzestan province climate condition*. Date Palm and Tropical Fruits Research Institute. (In Persian).
- 32- Torahi, A., 2006. *Determination of quantitative and qualitative characteristics of ber (Ziziphus spina-christi L.) varieties in Iran*. Date Palm and Tropical Fruits Research Institute. (In Persian).



EXTENDED ABSTRACT

Feasibility Study of Saline Water Usage by Determining of Salinity Production Function on Ber (*Ziziphus Spina-Christi*)

M. Alihourri

Assistant Professor, Date Palm and Tropical Fruits Research Center, Horticultural Sciences Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Ahvaz, Iran.(alihourri_m@hotmail.com).

Received: 19 January 2017

Accepted: 15 April 2017

Keywords: Coefficient of Determination, Drain Water, Irrigation, Modeling Efficiency, Vegetative Growth.

Introduction

Non-saline water resources are scarce, especially in arid and semi-arid regions. Therefore, the consumption of saline water is inevitable in agricultural usage. Iran has large saline water sources that have different levels of salinity. The use of these resources requires special management practices for the reduction of their negative environmental impacts. The usage of saline drainage waters, generated by irrigated agriculture, seems inevitable for plants irrigation.

Salinity stress reduces the osmotic potential, as well as all major processes of plant including growth, photosynthesis, protein synthesis, and lipid and energy metabolism. Of course, the response of plants and tolerance of different species of plants are different to salinity. The rapid reduction of leaf area and number of leaves, decreasing biomass (dry matter) of the shoot and root, as well as reducing the plant height and active root level in the soil are among the plant responses to salinity stress. Salinity induced changes in photosynthesis, stomatal behavior, chlorophyll content and accumulation of metabolites at growth various stages of ber (Hooda et al, 1990; Ramoliya and Pandey, 2007). Investigating the applicability of agricultural lands drainage in irrigation of juvenile ber plantation and determining the production function of water salinity-shoot dry matter of juvenile ber were overall objectives of this research.

Methodology

This research was carried out in a randomized complete block design with four treatments and three replications on *Ziziphus spina-christi* seedlings. The treatments of irrigation water salinity (EC) were 0.3, 3, 6 and 9 dS/m (Table 1). The 12 polyethylene pots of 40 cm diameter and 60 cm depth were installed for the performance this experiment. The waters of 3, 6 and 9 dS/m were obtained by mixing the Karun river water and agricultural lands drainage.

The salinity of soil saturation extract, leaf number, wet and dry matter of root and shoot, ratio of shoot to root and shoot relative water content were measured. The production functions of water salinity-shoot dry matter were estimated in five equations of linear, quadratic, cubic, logarithmic and exponential. Five statistical indices of adjusted coefficient of determination (R^2_{adj}), modeling efficiency (EF), maximum error (ME), normalized root mean square error (nRMSE) and coefficient of residual mass (CRM) were used in evaluation of models.

Table 1-Irrigation water composition

EC (dS m ⁻¹)	SAR	pH	Cation (meq/L)				Anion (meq/L)		
			Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻
0.3	6.5	7.3	2.5	-	0.2	0.1	2.5	0.3	-
3.0	7.0	8.0	21.0	-	7.5	10.5	27.0	5.5	-
6.0	14.6	7.9	45.1	-	9.0	14.5	43.0	6.2	-
9.0	18.8	8.0	74.3	-	11.2	29.0	72.0	6.7	-

Results and Discussion

The irrigation water salinity had significant effect on soil salinity and root and shoot characteristics of ber seedlings at 1% level of probability (Table 2). By increasing the irrigation water salinity from 3 to 6 dS/m, wet and dry matter of root decreased by 34.4 and 30.5 percent, respectively. The wet and dry matter of shoot decreased by 9.7 and 3.6 percent, respectively. Total root and shoot characteristics of plant decreased at 1% level of probability, significantly by increasing of the irrigation water salinity from 6 to 9 dS/m. The wet and dry matter of root in water salinity of 9 dS/m decreased by 47.5 and 40.9 percent, respectively. Also, wet and dry matter of shoot in water salinity of 9 dS/m decreased by 31.5 and 19.6 percent, respectively.

Table 2- Effect of water salinity on soil salinity and vegetative characteristics of ber seedlings*.

Water salinity (dS/m)	Soil salinity (dS/m)	Number of leaves	Root wet matter (g)	Root dry matter (g)	Shoot wet matter (g)	Shoot dry matter (g)	Shoot/Root (dry matter)
0.3	5.4 ^c	1162 ^a	135.0 ^a	62.9 ^a	187.4 ^a	88.9 ^a	1.4 ^b
3.0	6.4 ^{bc}	886 ^b	122.5 ^a	56.0 ^a	135.0 ^b	64.7 ^b	1.2 ^b
6.0	10.4 ^{ab}	852 ^b	80.4 ^b	38.9 ^b	121.9 ^b	62.4 ^b	1.6 ^b
9.0	11.4 ^a	664 ^c	42.2 ^c	23.0 ^c	83.5 ^c	50.2 ^c	2.2 ^a

* Means followed by same letter in column are not significantly different at level 1%.

Conclusions

The juvenile ber can be irrigated with saline water up to 6.0 dS/m for one year after the establishment period. The cubic equation had more accuracy than the other equations due to implementing of the maximum adjusted coefficient of determination (R^2_{adj}) and modeling efficiency (EF,) and minimum maximum error (ME), normalized root mean square error (nRMSE) and coefficient of residual mass (CRM).

References

- 1- Agrawal, R., Gupta, S., Gupta, N.K., Khandelwal, S.K. and Bhargava, R., 2013. Effect of sodium chloride on gas exchange, antioxidative defense mechanism and ion accumulation in different cultivars of Indian jujube (*Ziziphus mauritiana* L.). *Photosynthetica*, 51(1): 95-101.
- 2- Arndt, S.K., Clifford, S.C., Wanek, W., Jones, H.G. and Popp, M., 2001. Physiological and morphological adaptations of the fruit tree *Ziziphus rotundifolia* in response to progressive drought stress. *Tree Physiology*, 21(11): 705-715.
- 3- Hooda, P.S., S.S. Sindhu, P.K. Mehta and Ahlawat, V.P., 1990. Growth, yield and quality of ber (*Ziziphus mauritiana* Lamk.) as effected by soil salinity. *Journal of Horticultural Science*, 65(5): 589-593.
- 4- Motamedi, H., A. Safary, S. Maleki and Seyyednejad, S.M., 2009. *Ziziphus spina-christi*, a native plant from Khuzestan, Iran, as a potential source for discovery new antimicrobial agents. *Asian Journal of Plant Sciences*, 8(2): 187-190.
- 5- Nejat, N. and Sadeghi, H., 2012. Response of *Ziziphus spina-christi* (L.) willd seedlings to NaCl - induced salinity. *Agricultural Science Digest*, 32 (1): 61- 65.
- 6- Pareek, O.P., 2001. *Ber*. International Center for Underutilised Crops, Southampton, UK.

- 7- Ramoliya, P.J. and Pandey, A.N., 2007. Soil salinity and water status effect on growth of seedlings of *Zizyphus mauritiana* (Rhamnaceae). *Indian Forester*, 133(7): 951-962.
- 8- Tomar, O.S., Minhas, P.S., Sharma, V.K., Singh, Y.P. and Gupta, R.K., 2003. Performance of 31 tree species and soil conditions in a plantation established with saline irrigation. *Forest Ecology and Management*, 177(1): 333-346.