بررسی امکان استفاده از آب‌های شور در آبیاری کُنار گونه رملیک بر مبنای تابع تولید شوری آب-عملکرد ماده خشک در مرحله رویشی

مجید علی‌حوری[۱]

تاریخ ارسال:۱۳۹۵/۰۹/۰۷
تاریخ پذیرش:۱۳۹۶/۰۵/۰۱

چکیده

درخت کُنار یکی از درختان میوه متحمل به شرایط خشکی و شوری است. این پژوهش 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 کُنار گونه رملیک انجام شد. آب‌های آبیاری شور از زه‌آب اراضی کشاورزی تهیه گردید و عمق خالص آبیاری بر مبنای تامین کمبود رطوبت خاک محاسبه شد. میزان شوری عصاره اشباع خاک، 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. توابع تولید شوری آب یا رابطه بین ماده خشک اندام هوایی گیاه و هدایت الکتریکی آب آبیاری به صورت معادلات خطی، درجه دوم، درجه سوم، لگاریتمی و نمایی برآورد شدند. نتایج نشان داد که تیمارهای شوری آب آبیاری در سطح احتمال یک درصد، اثر معنی‌دار بر شوری خاک و صفات ریشه و اندام هوایی گیاه داشتند. 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 اندام هوایی به ترتیب معادل ۱۵/۷ و ۱۵/۲ درصد و مقدار نسبی آب اندام هوایی ۱/۸ درصد کاهش یافت. اما مقدار تمام صفات ریشه و اندام هوایی گیاه هنگام رسیدن شوری آب آبیاری از ۶ به ۹ دسی زیمنس بر متر کاهش معنی‌دار داشتند، به طوری که ماده تر و خشک ریشه به ترتیب ۲۳/۲ و ۴۴/۶ درصد، ماده تر و خشک اندام هوایی به ترتیب ۳۱/۲ و ۲۰/۷ و مقدار نسبی آب اندام هوایی نیز ۲۴/۰ کمتر شد. بررسی معادلات مختلف تابع تولید شوری آب در نهال‌های کُنار رملیک نشان داد که معادله درجه سوم، دارای بیشترین دقت برازش بود. تمام معادلات، میزان ماده خشک اندام هوایی را کمتر از میزان واقعی برآورد نمودند.

واژه های کلیدی: آب آبیاری، زه آب، شوری خاک، ماده اندام هوایی، ماده ریشه.

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

مقدمه

درخت کُنار[1] به دلیل تولید پایدار میوه در شرایط خشکی و شوری، از اهمیت ویژه‌ای در ایجاد امنیت غذایی برخوردار است (Awasthi and More, 2009; Obeed, 2008). خصوصیات فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی گونه‌های این جنس به صورتی است که موجب افزایش توانایی آنها برای سازگاری با مناطق مختلف می‌شود. برخی گونه‌های کُنار در تمام نقاط دنیا پراکنده شده‌اند، در حالی که سایر گونه‌ها نظیر رملیک[2] محدود به ناحیه مشخصی (آسیا) می‌باشند. گونه رملیک در مناطق مختلف کشور از جمله استان‌های خوزستان، کرمان، بوشهر، هرمزگان، سیستان و بلوچستان، فارس و ایلام پراکنش یافته است. گونه‌های مختلف کُنار به صورت درخت و یا درختچه رشد می‌کنند که گونه رملیک به صورت درختچه است (عصاره، ۱۳۸۷؛ Pareek, 2001). این گونه از مهمترین درختانی است که برگ‌های آن به دلیل داشتن کالری بالا در تامین علوفه دام مورد استفاده قرار می‌گیرد و همچنین در طب سنتی برای بهبود انواع بیماری‌ها استفاده می‌شود (Arndt and Kayser, 2001; Motamedi et al., 2009; Azim et al., 2011). در ایران معمولاً برگ‌های کوبیده کُنار را سدر می‌نامند که شستشوی موی سر با آن باعث تمیزی و تقویت رشد مو شده و به همین دلیل در بسیاری از صنایع آرایشی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

مطالعه انجام شده در کشور نشان داد که درخت کُنار در ۱۳ استان از مناطق گرم و خشک گسترش یافته، در تمام این مناطق سازگاری خوبی داشته است (تراهی، ۱۳۸۴). استان‌های سیستان و بلوچستان، هرمزگان، خوزستان، بوشهر و کرمان با تولید ۱۲۸۰۱ تن میوه کُنار از جمله استان‌های مهم در کشت و پرورش این درخت در کشور می‌باشند (احمدی و همکاران، ۱۳۹۴). بررسی خصوصیات کمی و کیفی میوه گونه‌های مختلف درخت کُنار (وحشی و وارداتی) در استان خوزستان، منجر به انتخاب ۱۲ فنوتیپ برتر از ۲۵۰۰ اصله درخت مورد مطالعه شد (تراهی، ۱۳۸۵).

شوری آب آبیاری نیز یکی از مهمترین مسایلی است که امروزه کشورهای زیادی در جهان، به ویژه کشورهای خشک و نیمه خشک با آن مواجه می‌باشند. بر اساس آمار موجود از ۱۰۵ میلیارد مترمکعب منابع آب‌های سطحی در کشور ایران، ۱۰/۷ میلیارد مترمکعب شامل آب‌های لب شور[3] و شور است که بیش از ۱۵۰۰ میلی‌گرم بر لیتر نمک دارند (حاجیان، ۱۳۹۱؛ خورسندی و همکاران، ۱۳۸۹). از سوی دیگر وقوع خشکسالی‌های متوالی در سال‌های گذشته، اثرات نامطلوبی بر میزان تولید محصولات کشاورزی بر جای گذاشته است و این موضوع رویکرد به استفاده اصولی از کلیه منابع آب موجود و در دسترس از جمله آب‌های شور و ارتقای بهره‌وری آب را در جهت تقلیل اثرات زیان بار خشکسالی اجتناب ناپذیر و ضروری می‌سازد. در مواردی که ممکن باشد، لازم است با کاربرد مجدد آب‌های شور در بخش کشاورزی و در راستای تولید محصول، حداکثر بهره‌برداری از این آب‌ها به عمل آید. دور نمای آب و آبیاری بر اساس شناخت وضعیت موجود، بیانگر گرایش به سمت استفاده از آب‌های شور برای آبیاری گیاهان زراعی و باغی می‌باشد. بی تردید این امر نیازمند مدیریت مناسب و بهینه آب، خاک و گیاه است. انتخاب مناسب گیاه با قابلیت کشت در شرایط کاربرد آب‌های شور، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. چنین انتخابی معمولاً بر اساس توانایی گیاه برای تحمل سطوح مختلف شوری آب و خاک قرار دارد (Qadir and Oster, 2002; Qadir et al., 2008).

رابطه بین آب، خاک، گیاه و اقلیم عموماً پیچیده بوده و شامل فرآیندهای بیولوژیک، فیزیولوژیک و شیمیایی است. لذا برای بیان رابطه کمّی بین عملکرد (رویشی و زایشی) گیاه و عوامل تولید از تابع تولید استفاده می‌شود. تابع تولید یک مفهوم کلی و کاربردی است و بیانگر یک رابطه ریاضی بین ماده خشک تولیدی و نهاده‌های مصرفی در فرآیند تولید می‌باشد (سپاسخواه و همکاران، ۱۳۸۵). معمولاً تابع تولید را بر مبنای تعداد اندکی از عوامل متغیر قابل کنترل، برآورد

[1] Ber (*Ziziphus* spp.)
[2] *Ziziphus nummularia*
[3] Brackish

می‌کنند. به منظور درک بهتر رابطه آب و رشد گیاه، تلاش‌هایی زیادی برای مدل سازی 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 بیان کننده 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 (کافی و همکاران، ۱۳۸۹؛ صالحی و همکاران، ۱۳۹۰).

در بسیاری از گونه‌های گیاهی، شوری آب و خاک باعث کاهش و یا تاخیر در رشد گیاه می‌شوند. عمده‌ترین اثر تنش شوری بر گیاهان کاهش و یا توقف رشد می‌باشد. در ساده‌ترین تحلیل پیرامون پاسخ گیاهان به تنش شوری، کاهش رشد شاخساره رخ می‌دهد (کافی و همکاران، ۱۳۸۹؛ Hasegawa et al., 2000). بر اساس گزارش برخی محققان، درختان کُنار می‌توانند با آب‌های شور و سدیمی آبیاری شوند (Pareek, 2001). براساس مطالعه برخی پژوهشگران، گونه رملیک از پایه‌های متحمل به شوری می‌باشد، ولی در زمینه میزان تحمل این گونه به شوری و مکانیسم آن اطلاعات کافی وجود ندارد Meena et al. (Pandey et al, 1991). (2003) اثرات پنج تیمار شوری آب آبیاری تا هدایت الکتریکی ۲۰ دسی زیمنس بر متر را بر میزان رشد دو گونه کُنار شامل رملیک و روتان دیفوریا[1] بررسی نمودند. هر چند که بذور هر دو گونه در تمام سطوح شوری جوانه زدند، اما نهال‌های گونه رملیک در شوری ۲۰ دسی زیمنس بر متر زنده نماندند. شوری آب آبیاری میزان جوانه زنی بذر دو گونه کُنار را کاهش داد، به طوری که در شوری ۱۵ دسی زیمنس بر متر، این کاهش در گونه رملیک و روتان دیفوریا به ترتیب حدود ۳۰ و ۲۰ درصد تیمار شاهد (آب تقطیر شده با هدایت الکتریکی صفر) بود. در این مطالعه، با رسیدن شوری آب از صفر به ۵، ۱۰ و ۱۵ دسی زیمنس بر متر، وزن خشک اندام هوایی نهال‌های گونه رملیک به ترتیب ۶/۲، ۴۴/۲ و ۵۹/۱ درصد و مقدار نسبی آب اندام هوایی نهال‌های گونه رملیک به ترتیب ۶/۶، ۲۹/۶ و ۳۴/۲ درصد کاهش یافت.

بررسی میزان تحمل نهال‌های کُنار گونه موریتانی نسبت به شوری خاک ۱/۴۵، ۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ دسی زیمنس بر متر نشان داد که همبستگی زیادی بین صفات رویشی گیاه و شوری خاک وجود داشت. به‌طوری که قطر تنه در شوری ۱۰ دسی زیمنس بر متر با ۲۳ درصد و ارتفاع گیاه در شوری ۱۵ دسی زیمنس بر متر با ۱۷ درصد، کاهش معنی‌دار داشت (Hooda et al., 1990). بررسی میزان تحمل درختان کُنار گونه موریتانی به شوری خاک حاکی از آن بود که این درختان در خاک‌های شور ۶ دسی زیمنس بر متر، عملکرد میوه مناسبی دارند (Rao and Khandelwal, 2001).

جمع بندی نتایج تحقیقات انجام شده نشان داد که با توجه به حجم قابل توجه آب‌های سطحی شور و لب شور در کشور و مشخص نبودن حد آستانه شوری گونه‌های کُنار، اظهار نظر در مورد روند تغییرات رشد رویشی و زایشی گونه‌های کُنار موجود در کشور نسبت به شوری آب آبیاری نیازمند بررسی بیشتر می‌باشد. هدف این تحقیق، تعیین و ارزیابی توابع تولید شوری کُنار گونه رملیک در مرحله رشد رویشی و انتخاب بهترین تابع تولید شوری برای این گونه کُنار بود.

[1] *Z. rotundiforia*

مواد و روش‌ها

این پژوهش در پژوهشکده خرما و میوه‌های گرمسیری واقع در شهر اهواز به طول جغرافیایی '۴۸°۴۰ شرقی و عرض جغرافیایی '۲۰°۳۱ شمالی و با ارتفاع ۲۲/۵ متر از سطح دریا اجرا شد. 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 انجام گردید. مدت اجرای تحقیق دو سال و سه ماه بود که یک سال مربوط به کاشت بذر و تهیه نهال کُنار رملیک و ۱۵ ماه نیز مربوط به تیمارهای مورد آزمایش بود. شوری آب آبیاری با توجه به مشخص نبودن حد آستانه شوری در درخت کُنار وکیفیت آب رودخانه و زه‌آب‌های اراضی کشاورزی موجود در منطقه انتخاب شد. در این راستا، از آنجا که درخت کُنار یکی از گیاهان نسبتا مقاوم به شوری آب و خاک است (Rhoades et al., 1992; Ayers and Westcot, 1994)، آب آبیاری ۳ دسی زیمنس بر متر که شوری آن نزدیک به کیفیت آب کشاورزی منطقه (رودخانه کارون) بود به عنوان تیمار شاهد و مبنای مقایسه بین تیمارهای مورد آزمایش انتخاب گردید. بذور کُنار در فروردین ماه از میوه‌های سالم و رسیده تهیه و پس از ضدعفونی با قارچ‌کش مانب، در آب به مدت ۴۸ ساعت برای تسریع در جوانه‌زنی خیسانده شدند. سپس دو بذر در گلدان‌های پلاستیکی به قطر ۱۰ سانتی‌متر و ارتفاع ۲۵ سانتی‌متر و در مخلوطی از خاک و ماسه کشت گردیدند. در دی ماه، نهال سالمتر و شادابتر از هر گلدان انتخاب شد و به بشکه‌هایی از جنس پلی‌اتیلن با قطر ۴۰ سانتی‌متر و ارتفاع ۶۰ سانتی‌متر منتقل گردید. پس از رشد بذر نهال‌های کُنار و طی شدن دوره استقرار آنها در پایان اسفند ماه، عملیات آبیاری بر اساس تیمارهای شوری انجام گرفت. 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 زه‌آب اراضی کشاورزی منطقه با آب رودخانه کارون تامین شدند. نمونه‌ای از خاک مورد استفاده و آب‌های آبیاری برای تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی به آزمایشگاه ارسال گردید (جداول ۱ و ۲). تفاوت بین مجموع آنیون‌ها و کاتیون‌ها در خاک و آب آبیاری به دلیل عدم امکان اندازه‌گیری سولفات است.

هنگام شروع تیمارهای شوری آب آبیاری، رطوبت خاک در فواصل زمانی مختلف قبل از آبیاری از طریق نمونه برداری خاک محدوده ریشه گیاه در تیمار شاهد اندازه‌گیری شد. سپس به منظور جلوگیری از تخریب ساختمان خاک گلدان‌ها در اثر نمونه برداری‌های متعدد، معادلات 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 بر اساس میزان تبخیر تجمعی از تشت کلاس A تعیین گردد. 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:

$$d_n = (W_{fc} - W_i)\, \gamma_b . Z \qquad (۱)$$

در این رابطه، W_i رطوبت وزنی خاک، W_{fc} ظرفیت زراعی خاک، γ_b چگالی ظاهری خاک خشک (اعشار) و Z عمق توسعه ریشه (میلی‌متر) است. سپس میزان آب آبیاری هر یک از تیمارهای مورد آزمایش با توجه به نیاز آبشویی آن تعیین شد. بازده آبیاری نیز با توجه به آبیاری نهال‌ها توسط آبپاش دستی، برابر ۱۰۰ درصد در نظر گرفته شد.

عملیات داشت و مراقبت‌های باغی برای کلیه تیمارها به طور یکسان انجام گرفت. میزان شوری عصاره اشباع خاک برای هر یک از تیمارها، با نمونه برداری از عمق ۲۰ تا ۴۰ سانتی‌متری خاک در انتهای تحقیق (۱۵ ماه پس از شروع تیمارها) اندازه‌گیری شد و تفاوت آن نسبت به زمان شروع تحقیق یا تغییرات شوری خاک طی این مدت محاسبه گردید. در پایان مدت تحقیق، ماده یا وزن (زیست توده[1]) تر و خشک ریشه و اندام هوایی (شاخساره) نهال‌ها اندازه‌گیری شد.

[1]Biomass

به منظور تعیین ماده خشک، ریشه و اندام هوایی تمام نهال‌ها در دستگاه آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد و به مدت ۷۲ ساعت قرار گرفت.

جدول(۱): خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک

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

جدول(۲): خصوصیات شیمیایی آب‌های آبیاری

کاتیون‌های محلول (میلی‌اکی‌والانت بر لیتر)			آنیون‌های محلول (میلی‌اکی‌والانت بر لیتر)			pH	SAR	EC (dS/m)
Mg^{2+}	Ca^{2+}	Na^{+}	SO_4^{2-}	HCO_3^{-}	Cl^{-}			
۰/۱	۰/۲	۲/۵	–	۰/۳	۲/۵	۷/۳	۶/۵	۰/۳
۱۰/۵	۷/۵	۲۱/۰	–	۵/۵	۲۷/۰	۸/۰	۷/۰	۳
۱۴/۵	۹/۰	۴۵/۱	–	۶/۲	۴۳/۰	۷/۹	۱۴/۶	۶
۲۹/۰	۱۱/۲	۷۴/۳	–	۶/۷	۷۲/۰	۸/۰	۱۸/۸	۹

همچنین نسبت اندام هوایی به ریشه (ماده خشک اندام هوایی به ریشه) و مقدار نسبی آب[1] در اندام هوایی گیاه (نسبت تفاوت بین میزان ماده تر و خشک اندام هوایی به ماده تر اندام هوایی) محاسبه گردید.

پس از جمع آوری داده‌ها، توابع تولید به صورت معادلات خطی، درجه دوم، درجه سوم، لگاریتمی[2] و نمایی[3] برآورد شدند:

(۲) خطی $Y = a_0 + a_1 EC_w$

(۳) درجه دوم $Y = a_0 + a_1 EC_w + a_2 EC_w^2$

(۴) درجه سوم $Y = a_0 + a_1 EC_w + a_2 EC_w^2 + a_3 EC_w^3$

(۵) لگاریتمی $Y = a_0 + a_1 Ln(EC_w)$

(۶) نمایی $Y = a_0 . exp(a_1 EC_w)$

[1] Relative water content
[2] Logarithmic
[3] Exponential

در این روابط، Y ماده خشک اندام هوایی (گرم)، EC_w هدایت الکتریکی آب آبیاری (دسی زیمنس بر متر) و a_i ضرایب ثابت می‌باشند. پس از تعیین ضرایب معادلات، از پنج شاخص آماری ضریب تعیین تعدیل شده[۱] (R^2_{adj})، کارایی مدل سازی[۲] (EF)، بیشینه خطای نسبی[۳] (ME)، ریشه میانگین مربعات خطای نرمال شده[۴] (nRMSE) و ضریب جرم باقی مانده[۵] (CRM) برای ارزیابی و مقایسه این مدل‌ها استفاده گردید:

$$EF = \frac{\sum(O_i - \bar{O})^2 - \sum(P_i - O_i)^2}{\sum(O_i - \bar{O})^2} \quad (۷)$$

$$ME = Max \mid P_i - O_i \mid \quad (۸)$$

$$nRMSE = \sqrt{\frac{\sum(P_i - O_i)^2}{n}} \cdot \left(\frac{100}{\bar{O}}\right) \quad (۹)$$

$$CRM = \frac{\sum O_i - \sum P_i}{\sum O_i} \quad (۱۰)$$

در این روابط، P_i مقادیر برآورد شده، O_i مقادیر اندازه‌گیری شده، $\bar{O}$ میانگین مقادیر اندازه‌گیری شده و n تعداد مشاهدات 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^2_{adj})، 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 نشان دهنده 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 کاراتر 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 تمایل مدل برای پیش برآوردی[۶] و یا کم برآوردی[۷] 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 (حبیب‌پور و صفری، ۱۳۸۸؛ صالحی و همکاران، ۱۳۹۰؛ نجفی مود و همکاران، ۱۳۹۱؛ سرائی تبریزی و همکاران، ۱۳۹۴؛ Loague and Green, 1991). نرم افزارهای 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

در جداول ۳ و ۴ نتایج تجزیه واریانس و مقایسه میانگین صفات ریشه و اندام هوایی نهال‌های کُنار ارائه شده است. 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 ۱۱/۳ 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 سایر تیمارها بود. نتایج تجزیه واریانس صفات ریشه و اندام هوایی گیاه نیز

4. Adjusted coefficient of determination
5. Modeling Efficiency
6. Maximum Error
7. Normalized Root Mean Square Error
8. Coefficient of Residual Mass

9. Overestimate
10. Underestimate

نشان داد که تیمارهای شوری آب آبیاری اثر معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد بر تمام صفات مزبور داشتند. از نظر ماده تر و خشک ریشه، ماده تر و خشک اندام هوایی (شکل ۱ و ۲) 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 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 ۲۷/۴ و ۳۳/۸ درصد و ماده تر، ماده خشک و مقدار نسبی آب اندام هوایی به ترتیب معادل ۱۵/۷، ۱۵/۲ و ۱/۸ درصد کاهش یافتند. اما مقدار تمام صفات مذکور هنگام رسیدن شوری آب آبیاری از ۶ به ۹ دسی زیمنس بر متر کاهش معنی‌دار داشتند، به طوری که ماده تر و خشک ریشه به ترتیب ۲۳/۲ و ۴۴/۶ درصد و ماده تر، ماده خشک و مقدار نسبی آب اندام هوایی به ترتیب ۳۱/۲، ۲۰/۷ و ۲۴/۰ کمتر شدند.

جدول(۳): میانگین مربعات شوری خاک و صفات ریشه و اندام هوایی گیاه

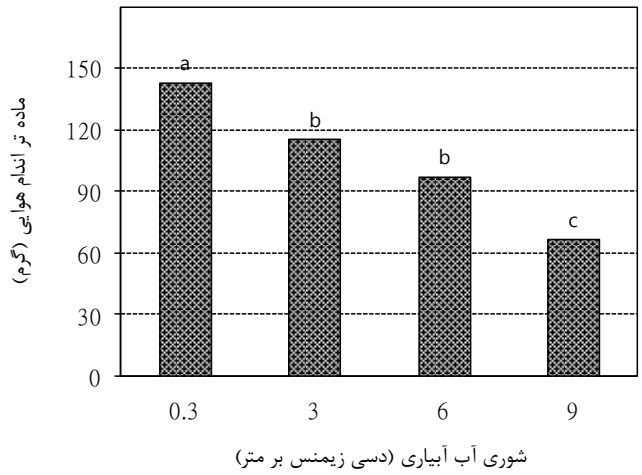
منبع تغییر	درجه آزادی	شوری خاک	ماده تر ریشه	ماده خشک ریشه	ماده تر اندام هوایی	ماده خشک اندام هوایی	نسبت اندام هوایی به ریشه	مقدار نسبی آب
تکرار	۲	۰/۵۴ n.s	۶۴/۱ n.s	۴۳/۸ n.s	۳۵۳/۵ *	۰/۴۷ n.s	۰/۰۳ n.s	۸۴/۵ *
تیمار	۳	۲۷/۵ **	۱۵۵۶/۶ **	۸۳۴/۶ **	۳۰۲۳/۹ **	۶۸۰/۱ **	۰/۷۴ **	۸۹/۹ **
خطا	۶	۰/۷۶	۱۴/۸	۲۲/۸	۵۵/۲	۱۵/۹	۰/۰۳	۸/۸
کل	۱۱							

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

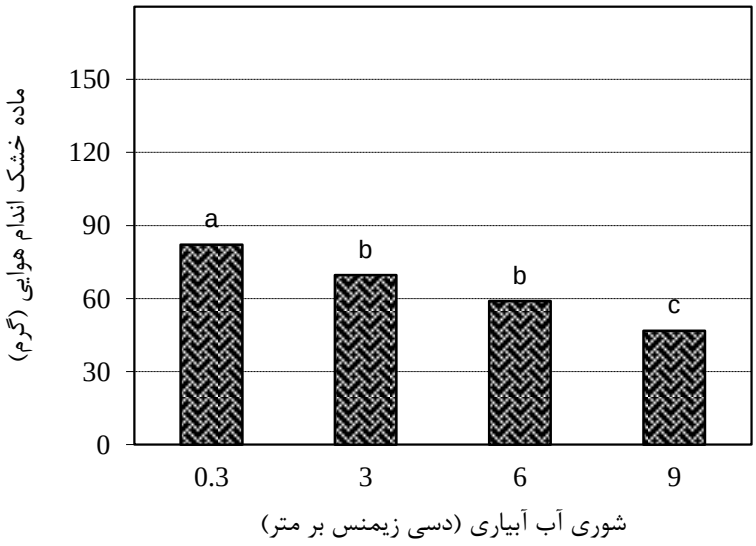
جدول(۴): مقایسه میانگین شوری خاک و صفات ریشه و اندام هوایی گیاه **

شوری آب (dS/m)	شوری خاک (dS/m)	ماده تر ریشه(گرم)	ماده خشک ریشه (گرم)	نسبت اندام هوایی به ریشه	مقدار نسبی آب (درصد)
۰/۳	۴/۳ c	۹۵/۴ a	۵۵/۰ a	۱/۵ b	۴۲/۳ a
۳	۶/۰ bc	۷۸/۹ b	۵۱/۵ a	۱/۴ b	۳۹/۵ a
۶	۸/۲ b	۵۷/۳ c	۳۴/۱ b	۱/۷ b	۳۸/۸ a
۹	۱۱/۳ a	۴۴/۰ d	۱۸/۹ c	۲/۵ a	۲۹/۵ b

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



شکل(۱): مقایسه میانگین ماده تر اندام هوایی گیاه در شوری‌های مختلف آب آبیاری



شکل(۲): مقایسه میانگین ماده خشک اندام هوایی گیاه در شوری‌های مختلف آب آبیاری

به عبارت دیگر در این پژوهش، با افزایش شوری آب آبیاری از ۰/۳ به ۹ دسی زیمنس بر متر، ماده خشک و مقدار نسبی آب اندام هوایی به ترتیب معادل ۴۳/۰ و ۳۰/۲ درصد کاهش یافت که این یافته با نتایج سایر محققان تطابق دارد. Meena et al. (2003) با بررسی اثرات شوری آب آبیاری بر نهال‌های کُنار گونه رملیک گزارش نمودند که با رسیدن شوری آب از صفر ۱۰ دسی زیمنس بر متر، وزن خشک و مقدار نسبی آب اندام هوایی به ترتیب ۴۴/۲ و ۲۹/۶ درصد کاهش یافت. در پژوهش حاضر، با افزایش شوری آب آبیاری از ۳ به ۶ دسی زیمنس یر متر، اکثر صفات رویشی نهال‌های کُنار گونه رملیک کاهش معنی‌دار نداشتند، در صورتی

که در مطالعه Nejat and Sadeghi (2012) روی نهال‌های کُنار گونه *Z. spina-christi*، تعداد برگ، طول برگ و ماده خشک اندام‌های گیاه (ریشه، ساقه و برگ) با افزایش شوری آب آبیاری از ۳/۲ به ۶/۴ دسی زیمنس بر متر، در حد معنی‌داری کاهش یافت. این تفاوت نتایج، بیانگر وجود تفاوت در میزان تحمل گونه‌های مختلف کُنار نسبت به شوری آب آبیاری است. برخی محققان چگونگی پاسخ گیاه به تنش شوری را مرتبط به عواملی نظیر قابلیت دسترسی، جذب و انتقال عناصر غذایی در داخل گیاه می‌دانند. کاهش سرعت رشد برگ‌ها پس از افزایش شوری خاک، عمدتاً به علت تجمع املاح و اثر اسمزی شوری در اطراف ریشه های گیاه است. به محض قرار گرفتن گیاه در محیط شور، سرعت رشد برگ‌های در حال توسعه کاهش یافته، ظهور برگ‌های جدید آهسته‌تر شده، شاخساره‌های کمتری تشکیل می‌گردد. البته گیاهان معمولا در مرحله جوانه زنی و اولیه رشد نسبت به سایر مراحل رشد به شوری حساسترند (کافی و همکاران، ۱۳۸۹؛ Kurap et al., 2009).

در جداول ۵ و ۶ نتایج تخمین توابع تولید شوری در نهال‌های کُنار رملیک به صورت خطی، درجه دوم، درجه سوم، لگاریتمی و نمایی ارائه گردیده است. به منظور تعیین سطح معنی‌دار بودن معادله رگرسیون تابع، از ضریب F جدول تجزیه واریانس استفاده شد که برای تمام معادلات در سطح یک درصد معنی‌دار گردید. ضریب تعیین تعدیل شده (R^2_{adj}) برای توابع تولید بین ۰/۸۱۱ (معادله لگاریتمی) و ۰/۹۴۸ (معادله خطی) در نوسان بود. کارایی مدل سازی (EF) از ۰/۸۲۹ برای معادله لگاریتمی تا ۰/۹۵۵ برای معادله درجه سوم متغیر بود، در حالی که کمترین و بیشترین مقدار بیشینه خطای نسبی (ME) به ترتیب به معادله درجه سوم و لگاریتمی اختصاص یافت. حداقل تفاوت نسبی بین مقادیر برآورد شده و اندازه‌گیری شده (nRMSE) با ۴/۴۱ درصد به معادله درجه سوم و حداکثر آن با ۸/۵۸ درصد به معادله لگاریتمی تعلق یافت. بیشترین ضریب جرم باقی مانده (CRM) نیز در معادله نمایی و کمترین مقدار این ضریب در سایر معادلات وجود داشت. مقدار ضریب جرم باقی مانده (CRM مثبت) حاکی از آن است تمام معادلات، میزان ماده خشک اندام هوایی را کمتر از میزان واقعی برآورد می‌کنند.

به منظور ارزیابی توابع تولید شوری، هر یک از معادلات بر اساس شاخص‌های آماری تعریف شده رتبه بندی شدند (جدول ۶). بدین ترتیب به معادله‌ای که بیشترین مقدار هر یک از شاخص‌های ضریب تعیین تعدیل شده (R^2_{adj}) و کارایی مدل سازی (EF) و یا کمترین مقدار هر یک از شاخص‌های بیشینه خطای نسبی (ME)، ریشه میانگین مربعات خطای نرمال شده (nRMSE) و ضریب جرم باقی مانده (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 معادلات مختلف نشان داد که معادله درجه سوم، دارای بیشترین دقت برازش بود.

بررسی روند تغییرات ماده تر اندام هوایی نهال‌های کُنار گونه موریتانی نسبت به شوری عصاره اشباع خاک، دلالت بر خطی بودن این تغییرات داشت (Hooda et al., 1990). بر اساس گزارش دیگری، عملکرد پنبه و ذرت شیرین به شدت متاثر از شوری و مقدار آب خاک قرار می‌گیرد و پاسخ گیاه به شوری و رطوبت به صورت تابع غیرخطی می‌باشد (Russo and Bakker, 1986).

در بررسی مدل‌های مختلف بین عملکرد گیاه با تنش‌های شوری و خشکی، تابع غیرخطی درجه دوم از بین معادلات خطی، درجه دوم، لگاریتمی و متعالی به عنوان بهترین تابع تولید آب- شوری برای گیاهانی نظیر گندم، ذرت و پنبه معرفی شده است (نجفی مود و همکاران، ۱۳۹۱؛ Rhoades et al., 1992; Datta et al. 1998).

جدول(۵): ضرایب معادلات تابع تولید شوری در نهال‌های کُنار

مدل تابع	a_0	a_1	a_2	a_3	F
خطی	۸۲/۶۸۱	-۴/۰۰۱	---	---	۱۹۹/۶۵ **
درجه دوم	۸۳/۱۷۹	-۴/۴۱۸	۰/۰۴۵	---	۹۱/۴۱ **
درجه سوم	۸۳/۸۸۸	-۵/۹۹۸	۰/۵۰۸	-۰/۰۳۳	۵۶/۳۴ **
لگاریتمی	۷۳/۳۳۹	-۹/۲۳۲	---	---	۴۸/۳۲ **
نمایی	۸۴/۳۵۹	-۰/۰۶۴	---	---	۱۵۵/۳۲ **

** معنی دار در سطح یک درصد.

جدول(۶): شاخص‌های آماری محاسبه شده برای معادلات مختلف تابع تولید

مدل تابع	R^2_{adj}	EF	ME	nRMSE	CRM	امتیاز (رتبه)
خطی	۰/۹۴۸ (۵*)	۰/۹۵۲ (۳)	۵/۲۳ (۴)	۴/۵۳ (۳)	$۱/۴۷\times۱۰^{-۱۶}$ (۵)	۲۰ (۲)
درجه دوم	۰/۹۴۳ (۴)	۰/۹۵۳ (۴)	۵/۶۲ (۳)	۴/۴۹ (۴)	$۱/۴۷\times۱۰^{-۱۶}$ (۵)	۲۰ (۲)
درجه سوم	۰/۹۳۸ (۳)	۰/۹۵۵ (۵)	۴/۹۰ (۵)	۴/۴۱ (۵)	$۱/۴۷\times۱۰^{-۱۶}$ (۵)	۲۳ (۱)
لگاریتمی	۰/۸۱۱ (۱)	۰/۸۲۹ (۱)	۹/۹۵ (۱)	۸/۵۸ (۱)	$۱/۴۷\times۱۰^{-۱۶}$ (۵)	۹ (۴)
نمایی	۰/۹۳۳ (۲)	۰/۹۵۰ (۲)	۶/۴۵ (۲)	۴/۶۲ (۲)	$۹/۹۲\times۱۰^{-۴}$ (۴)	۱۲ (۳)

* امتیاز شاخص آماری.

نتیجه‌گیری

این پژوهش نشان داد که ماده تر و خشک اندام هوایی نهال‌های کُنار گونه رملیک با افزایش شوری آب آبیاری از ۳ به ۶ دسی زیمنس بر متر کاهش معنی‌دار نداشت. لذا به نظر می‌رسد که بتوان پس از دوره استقرار نهال‌های کُنار گونه مذکور، از آب‌های شور تا ۶ دسی زیمنس بر متر برای آبیاری نهال‌ها بدون بروز اثرات سوء معنی‌دار به مدت یک سال، استفاده نمود. ادامه انجام این تحقیق در سال‌های بعدی رشد گیاه به منظور بررسی و مطالعه اثرات استفاده از آب‌های شور تا پایان مرحله رشد رویشی پیشنهاد می‌شود. مقایسه معادلات مختلف به صورت خطی، درجه دوم، درجه سوم، لگاریتمی و نمایی برای تابع تولید شوری در نهال‌های کُنار رملیک نشان داد که معادله درجه سوم، دارای بیشترین دقت برازش بود

منابع

احمدی، ک.، ح. قلی‌زاده، ح.ر. عبادزاده، ر. حسین‌پور، ف. حاتمی، م.م. رضایی، ح. عرب، ر. کاظمی فرد، ه. عبدشاه و ه. سفیدی. ۱۳۹۴. آمارنامه کشاورزی سال ۱۳۹۲. جلد سوم. تهران، وزارت جهاد کشاورزی، معاونت برنامه‌ریزی و اقتصادی، مرکز فناوری اطلاعات و ارتباطات.

تراهی، ع. ۱۳۸۴. احداث کلکسیون واریته های برتر کنار (*Ziziphus spina-christi* L.) کشور به منظور حفظ ذخایر توارثی و بررسی سازگاری واریته های کنار در شرایط استان خوزستان. گزارش پروژه تحقیقاتی. انتشارات مؤسسه تحقیقات خرما و میوه‌های گرمسیری، اهواز، ۲۸ صفحه.

تراهی، ع. ۱۳۸۵. تعیین خواص کمی و کیفی توده های محلی کنار (*Ziziphus spina-christi* L.) کشور. گزارش پروژه تحقیقاتی. انتشارات مؤسسه تحقیقات خرما و میوه‌های گرمسیری، اهواز، ۳۴ صفحه.

حاجیان، ن. ۱۳۹۱. هیدروژئولوژی (آب‌های زیرزمینی). جلد اول. خوراسگان (اصفهان)، دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوراسگان.

حبیب پور، ک. و ر. صفری. ۱۳۸۸. راهنمای جامع کاربرد SPSS در تحقیقات پیمایشی. انتشارات متفکران، تهران، ۸۶۶ صفحه.

خورسندی، ف.، ژ. وزیری، و ع. عزیزی زهان. ۱۳۸۹. شوروزری: استفاده پایدار از منابع آب و خاک شور در کشاورزی. تهران، کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران.

سپاسخواه، ع.، ع. توکلی و ف. موسوی. ۱۳۸۵. اصول و کاربرد کم آبیاری. انتشارات کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، تهران، ۱۹۰ صفحه.

سرائی تبریزی، م.، م. همایی، ح. بابازاده، ف. کاوه و م. پارسی نژاد. ۱۳۹۴. مدل سازی پاسخ گیاه ریحان به تنش آبی در سطوح متفاوت رطوبتی. تحقیقات آب و خاک ایران، ۴۶(۲)، ۱۶۳-۱۷۱.

صالحی، م.، م. کافی و ع. کیانی. ۱۳۹۰. اثر تنش شوری و کم آبی بر تولید زیست توده کوشیا (*Kochia scoparie*) و روند شوری خاک. به زراعی نهال و بذر، ۲-۲۷(۴)، ۴۱۷-۴۳۳.

عصاره، م. ۱۳۸۷. ویژگی‌های زیستی درختان کنار در ایران و معرفی سایر گونه‌های جنس *Ziziphus*. انتشارات موسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، تهران، ۵۷۱ صفحه.

کافی. م.، م. صالحی و ح. عشقی‌زاده. ۱۳۸۹. کشاورزی شورزیست: راهبردهای مدیریت گیاه، آب و خاک. انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ۳۷۷ صفحه.

نجفی مود، م.، ا. علیزاده، ک. داوری، م. کافی و ع. شهیدی. ۱۳۹۱. تعیین تابع برتر آب- شوری- عملکرد در دو رقم پنبه. آب و خاک، ۲۶(۳)، ۶۷۲-۶۷۹.

Arndt, S. K. and O. Kayser. 2001. *Ziziphus* - a medicinal plant genus with tradition and future potential. Zeitschrift Fur Phytotherapie, 22(2): 98-106.

Ayers, R. S. and D. W. Westcot. 1994. Water quality for agriculture. FAO Irrigation and Drainage Paper 29, Rome, Italy.

Awasthi, O. P. and T. A. More. 2009. Genetic diversity and status of *Ziziphus* in India. Acta Hort. (ISHS) 840: 33-40

Azim, A., Sh. Ghazanfar, A. Latif and M. A. Nadeem. 2011. Nutritional evaluation of some top fodder tree leaves and shrubs of district Chakwal, Pakistan in relation to ruminant's requirements. Nutrition, 10(1): 54-59.

Datta K. K., V. P. Sharma and D. P. Sharma. 1998. Estimation of a production functions for wheat under saline conditions. Agricultural Water Management, 36: 85-94.

Hasegawa P. M, R. A. Bressen, J. K. Zhu and H. J. Bohnert. 2000. Plant cellular and molecular responses to high salinity. Annual Review of Plant Physiology, 51: 463-499.

Hooda P., S. S. Sindhu, P. K. Mehta and V. P. Ahlawat. 1990. Growth, yield and quality of ber (*Zizuphus mauritiana* Lamk.) as effected by soil salinity. Horticultural Science, 65(5): 589-593.

Loague, K. and R. E. Green. 1991. Statistical and graphical methods for evaluating solute transport models: overview and application. Contaminant Hydrology, 7: 51-73.

Kurap, S. S., Y. S. Hedar, M. A. Al-Dhaheri, A. Y. El-Heawiety, M. A. M. Aly and G. Alhadrami. 2009. Morpho-physiological evaluation and RAPD markers -assisted characterization of date palm (*Phoenix dactylifera* L.) varieties for salinity tolerance. Food, Agriculture & Environment, 7(3&4): 503-507.

Meena S. K., N. K. Gupta, S. Gupta, S. K. Khandelwal and E. V. D. Sastry. 2003. Effect of sodium chloride on the growth and gas exchange of young Ziziphus seedling rootstocks. Horticultural Science & Biptechnology, 78(4): 454-457.

Motamedi, H., A. Safary, S. Maleki and S. M. Seyyednejad. 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.

Nejat, N. and H. Sadeghi. 2012. Response of *ziziphus spina-christi* (L.) willd seedlings to NaCl - induced salinity. Agricultural Science Digest, 32 (1): 61- 65.

Obeed, R. S., M. M. Harhash and A.L. Abdel-Mawgood. 2008. Fruit properties and genetic diversity of five ber (*Ziziphus mauritiana* Lamk.) cultivars. Pakistan Journal of Biological Sciences, 11 (6): 888-893.

Pandey, S. D., R. K. Pathak and R. Dwivedi. 1991. Effect of sodicity and salinity levels on chlorophyll, free praline and amino acid content in ber leaves. Horticulture Journal, 4: 33-36.

Pareek, O. P. 2001. Ber. International Center for Underutilised Crops, Southampton, UK, 290p.

Rao, G. G. and M. K. Khandelwal. 2001. Performance of ber (*Ziziphus mauritiana*) and pomegranate (*Punica granatum*) on salt-effected soils. Soil Conservation, 29(1): 59-64.

Rhoades, J. D., A. Kandiah and A. M. Mashali. 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.

Russo, D. and D. Bakker. 1986. Crop water production function for sweet corn and cotton irrigated with saline waters. Soil Science Society, 51: 1554-1562.

Qadir, M. and J. D. Oster. 2002. Vegetative bioremediation of calcareous sodic soils: History, Mechanisms and Evaluation. Irrigation Science, 21: 91-101.

Qadir, M., A. Tubeileh, J. Akhtar, A. Larbi, P. S. Minhas and M. A. Khan. 2008. Productivity enhancement of salt-affected environments through crop diversification. Land Degradation and Development, 19: 429-453.

Investigating the possibility of using saline waters for ber (*Ziziphus nummularia*) irrigation with determination of water salinity- dry matter yield production function in vegetative growth period

Majid Alihouri[1]

Abstract

The ber is a fruit tree tolerant to drought and salinity conditions. This research was carried out in a randomized complete block design with four treatments and three replications on *Ziziphus nummularia* seedlings. The treatments were water salinity (EC_w) of 0.3, 3, 6 and 9 dS/m. The saline irrigation waters were prepared from drain water of agricultural lands. Net irrigation depth was calculated based on soil moisture deficiency. Salinity of soil saturated extract, fresh and dry matter of root, fresh and dry matter of shoot, shoot/root ratio and shoot relative water content were measured. The production functions of water salinity or relationship between plant shoot dry matter and electrical conductivity of irrigation water were estimated in various equations including linear, quadratic, cubic, logarithmic and exponential. The results showed that irrigation water salinity had significant effect on soil salinity and root and shoot characteristics at 1% level of probability. There were no significant difference in shoot fresh and dry matter and shoot relative water content between waters of 3 and 6 dSm^{-1}. The comparison of treatments mean showed that shoot fresh and dry matter and relative water content decreased 15.7, 15.2 and 1.8 percent, respectively, with increasing irrigation water salinity from 3 to 6 dS/m. But, total root and shoot characteristics of plant decreased significantly with rising irrigation water salinity from 6 to 9 dS/m. The root fresh and dry matter decreased 23.2 and 44.6 percent, respectively. Also, shoot fresh and dry matter and relative water content decreased 31.2, 20.7 and 24.0 percent, respectively. The cubic equation had the best accuracy for *Ziziphus nummularia* seedlings. All equations estimated shoot dry matter less than actual data.

Keywords: Drainage water, Irrigation water, Root matter, Shoot matter, Soil salinity.

[1]Assistant Professor, Date Palm and Tropical Fruits Research Center, Horticultural Sciences Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Ahwaz, Iran; E-mail: alihouri_m@hotmail.com