مدیریت آب و آبیاری

دوره ۶ ■ شماره ۱ ■ بهار و تابستان ۱۳۹۵

صفحه‌های ۱۷۳-۱۶۳

بررسی اثر شوری آب بر عملکرد مادهٔ خشک کُنار موریتانی با تعیین تابع تولید شوری (مطالعهٔ موردی: اهواز)

مجیدعلی حوری*

۱. استادیار پژوهشکدهٔ خرما و میوه‌های گرمسیری، مؤسسهٔ تحقیقات علوم باغبانی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اهواز

تاریخ وصول مقاله: ۱۳۹۵/۰۲/۱۳ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۵/۰۶/۲۰

چکیده

استفاده از آب‌های شور به‌منزلهٔ منبع تأمین آب یکی از راهبردهای مهم در بخش کشاورزی است. این تحقیق در قالب طرح آماری بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تیمار شوری آب آبیاری معادل ۰/۳، ۳، ۶ و ۹ دسی‌زیمنس بر متر و سه تکرار روی نهال‌های کُنار گونهٔ موریتانی انجام شد. نتایج نشان داد که شوری آب آبیاری اثر معناداری بر تعداد برگ، کلروفیل برگ، قطر ساقه و مادهٔ تر و خشک اندام هوایی و مقدار نسبی آب اندام هوایی داشت. با افزایش شوری آب آبیاری از ۶ به ۹ دسی‌زیمنس بر متر، تعداد برگ و مادهٔ تر و خشک و مقدار نسبی آب اندام هوایی کاهش معناداری یافت، به‌طوری که صفات مذکور به‌ترتیب ۳۶/۱، ۳۸/۶، ۲۳/۳ و ۲۳/۹ درصد کمتر شد. اختلاف صفات رویشی بین آب‌های آبیاری ۳ و ۶ دسی‌زیمنس بر متر معنادار نبود. توابع تولید شوری به‌صورت معادلات خطی، درجهٔ دوم، درجهٔ سوم، لگاریتمی و نمایی برآورد شد. مقایسهٔ معادلات تابع تولید شوری برای نهال‌های کُنار موریتانی نشان داد که تمام معادلات به‌جز معادلهٔ نمایی، میزان مادهٔ خشک اندام هوایی را بیش از میزان واقعی برآورد می‌کند و معادلهٔ درجهٔ سوم بیشترین دقت برازش را دارد.

کلیدواژه‌ها: آبیاری، اندام هوایی، ضریب تبیین، مدل‌سازی، هدایت الکتریکی.

* نویسنده مسئول Email: alihouri_m@hotmail.com

www.SID.ir

مقدمه

ایران منابع آب شور زیاد و سطوح مختلف شوری دارد. برخی از این منابع بر توسعهٔ کشاورزی کشور تأثیر دارد. هر چند کشاورزان تمایل زیادی به استفاده از آب‌های شیرین دارند، در بخش کشاورزی آب‌های شور منبع تأمین آب محسوب می‌شود و در زمرهٔ انتخاب راهبردهای مهم است. در مواردی که ممکن باشد، لازم است با کاربرد منابع آب شور در بخش کشاورزی و در راستای تولید محصول، حداکثر بهره‌برداری از این آب‌ها به‌عمل آید. لذا، باید این نگرش در بخش کشاورزی کشور حاکم شود که آب کالای یک‌بار مصرف نیست و به‌منظور کشاورزی پایدار باید از این منابع در تولید محصول با حداقل تأثیر منفی محیط‌زیستی بهره جست (۸).

رابطهٔ بین آب، خاک، گیاه و اقلیم عموماً پیچیده و شامل فرایندهای بیولوژیکی، فیزیولوژیکی و شیمیایی است. لذا، برای بیان رابطهٔ کمّی بین عملکرد (رویشی و زایشی) گیاه و عوامل تولید از تابع تولید استفاده می‌شود. تابع تولید مفهومی کلی و کاربردی و بیانگر رابطه‌ای ریاضی بین مادهٔ خشک (زیست‌توده)[1] تولیدی و نهاده‌های مصرفی در فرایند تولید است (۴). معمولاً تابع تولید را بر مبنای تعداد اندکی از عوامل متغیر و قابل‌کنترل برآورد می‌کنند. به‌منظور درک بهتر رابطهٔ آب و رشد گیاه، تلاش‌هایی زیادی برای مدل‌سازی صورت گرفته است. در این راستا، از دیدگاه کاربردی مدل‌هایی مورد نیاز است که عملکرد گیاه را دقیق‌تر به کمیت و کیفیت آب ارتباط دهد. همچنین، مدل‌های ساده‌ای باشد. تابع تولید آب یکی از معمول‌ترین توابع تولید و بیان‌کنندهٔ رابطهٔ عملکرد گیاه با میزان آب آبیاری است. تابع تولید شوری رابطهٔ بین عملکرد گیاه با کیفیت آب آبیاری را نشان می‌دهد و در ارزیابی امکان استفاده از آب‌های شور کاربرد دارد. در این تابع تولید تمام عوامل مؤثر بر تولید، به‌جز کیفیت آب، ثابت در نظر گرفته می‌شود. در نتیجه، بخش اعظم تغییرات مربوط به تولید، به تغییرات این عامل نسبت داده می‌شود (۶، ۱۰).

کُنار[2] یکی از درختان متحمل نسبت به شرایط سخت محیطی نظیر خشکی و شوری است. گونه‌های این جنس خصوصیات فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی متعددی دارد که موجب افزایش توانایی آن در سازگاری با مناطق مختلف می‌شود. گونه‌های مختلف کُنار به‌صورت درخت یا درختچه رشد می‌کند. گونهٔ موریتانی[3] به‌شکل درخت است و نسبت ریشه به شاخه در آن زیاد و ریشهٔ این گونه عمیق است (۷، ۱۹).

پس از هر گونه آسیب و جراحت، بسیاری از گیاهان گونهٔ موریتانی در مدت سه ماه دوباره سبز می‌شود و بعد از چهار ماه با گیاهان سالم از نظر توزیع، پراکندگی و ویژگی‌های فیزیولوژیکی شباهت می‌یابد. به‌دلیل این توانایی، کُنار گونهٔ موریتانی قادر به افزایش پوشش خود در مراتع تگزاس است (۱۳). این گونهٔ کُنار در کشور پاکستان از مهم‌ترین درختانی است که برگ‌های آن به‌دلیل داشتن کالری بالا در تأمین علوفهٔ دام استفاده می‌شود (۱۲). طبق مطالعات انجام‌شده در کشور، درخت کُنار گسترش وسیعی به‌صورت خودرو در سیزدهع استان از مناطق گرم و خشک دارد و در تمام این مناطق سازگاری خوبی نشان داده است (۱). بررسی میوهٔ گونه‌های وحشی و وارداتی درخت کُنار (موجود در مناطق مختلف استان خوزستان) موجب شد که از حدود ۲۵۰۰ درخت مورد مطالعه، دوازده فنوتیپ فنوتیپ‌های برتر تشخیص داده شود (۲).

در بسیاری از گونه‌های گیاهی، شوری آب و خاک

1. Biomass

2. Ber (*Ziziphus* spp.)

3. *Ziziphusmauritiana*

Archive of SID
www.SID.ir

باعث کاهش یا تأخیر در رشد گیاه از طرق مختلف نظیر تنش اسمزی، سمیت یونی، کمبود عناصر معدنی و اختلال فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی در فرایندهای سوخت‌وسازی گیاه می‌شود (۱۵). اما، بر اساس گزارش برخی محققان، درختان کُنار با آب‌های شور و سدیمی آبیاری می‌شود (۲۲). بررسی میزان تحمل نهال‌های کُنار گونهٔ موریتانی نسبت به شوری خاک ۱/۴۵، ۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ دسی‌زیمنس بر متر نشان داد که همبستگی زیادی بین صفات رویشی گیاه و شوری خاک وجود دارد (۱۶). بررسی میزان تحمل درختان کُنار گونهٔ موریتانی به شوری خاک حاکی از آن بود که این درختان در خاک‌های شور ۶ دسی‌زیمنس بر متر عملکرد میوهٔ مناسبی دارد (۲۳).

جمع‌بندی نتایج تحقیقات انجام‌شده نشان داد که با توجه به جریان‌داشتن بخش قابل‌ملاحظه‌ای از منابع آب‌های سطحی شور و لب‌شور در نواحی جنوب و جنوب‌غربی کشور نظیر استان خوزستان از یک‌سو و مشخص نبودن حد آستانهٔ شوری در درخت کُنار از سوی دیگر، لازم است تأثیر شوری آب آبیاری بر رشد رویشی و زایشی گونه‌های کُنار موجود در کشور بیشتر بررسی شود. هدف این تحقیق، تعیین و ارزیابی توابع تولید شوری کُنار گونهٔ موریتانی در مرحلهٔ رشد رویشی و انتخاب بهترین تابع تولید شوری برای این گونهٔ کُنار بود.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در پژوهشکدهٔ 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 انجام شد. تحقیق در قالب طرح آماری بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تیمار شوری آب آبیاری معادل ۰/۳، ۳، ۶ و ۹ دسی‌زیمنس بر متر و سه تکرار اجرا شد. شوری آب آبیاری با توجه به مشخص نبودن حد آستانهٔ شوری در درخت کُنار و کیفیت آب رودخانه‌ها و زه‌آب‌های اراضی کشاورزی موجود در منطقه انتخاب شد. مدت اجرای تحقیق دو سال و سه ماه بود که یک سال مربوط به کاشت بذر و تهیهٔ نهال کُنار موریتانی و پانزده ماه نیز مربوط به تیمارهای مورد آزمایش بود. بذور کُنار در فروردین ماه از میوه‌های سالم و رسیده تهیه شد. پس از ضدعفونی با قارچ‌کش مانب، در آب به مدت ۴۸ ساعت برای تسریع در جوانه‌زنی خیسانده شد. سپس، دو بذر در گلدان‌های پلاستیکی به قطر ۱۰ سانتی‌متر و ارتفاع ۲۵ سانتی‌متر و در مخلوطی از خاک و ماسه کشت شد. در دی ماه، نهال سالم‌تر و شاداب‌تر از هر گلدان انتخاب و به بشکه‌هایی از جنس پلی‌اتیلن با قطر ۴۰ سانتی‌متر و ارتفاع ۶۰ سانتی‌متر منتقل شد. پس از رشد بذر نهال‌های کُنار و طی دورهٔ استقرار آن‌ها در پایان اسفند ماه، عملیات آبیاری بر اساس تیمارهای شوری انجام گرفت. آب مورد نیاز برای تیمار ۰/۳ دسی‌زیمنس بر متر، از دستگاه تصفیهٔ آب شرب شهری و آب آبیاری سایر تیمارها از مخلوط زه‌آب‌های کشاورزی موجود در منطقه (با هدایت الکتریکی ۱۰ تا ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر) با آب رودخانهٔ کارون تأمین شد. نمونه‌ای از خاک مورد استفاده و آب‌های آبیاری در تعیین خصوصیات فیزیکی- شیمیایی به آزمایشگاه ارسال شد (جداول ۱ تا ۳). تفاوت بین مجموع آنیون‌ها و کاتیون‌ها در خاک و آب آبیاری به‌دلیل عدم امکان اندازه‌گیری سولفات است.

زمان آبیاری با اندازه‌گیری رطوبت خاک از طریق نمونه‌برداری خاک محدودهٔ ریشه گیاه در تیمار آب ۰/۳ دسی‌زیمنس بر متر تعیین شد تا عملیات آبیاری قبل از کاهش رطوبت خاک به میزان کمبود مجاز مدیریتی (MAD)[1] شروع شود. با توجه به مشخص نبودن مقدار

1. Management Allowed Deficiency

Archive of SID
www.SID.ir

کمبـود مجـاز مـدیریتی بـرای درخـت کنـار، از مقـدار توصیه‌شده برای گیاهان مشابه ماننـد نخـل خرمـا (معـادل ۰/۵) استفاده شد. دور آبیاری از دو روز در فصل تابستان تا یک هفته در فصل زمستان متغیر بود. عمق خـالص آبیـاری (d_n) بر مبنای رسیدن رطوبت وزنی خاک (W_i) به ظرفیـت زراعی (W_{fc}) و تأمین کمبود رطوبـت خـاک از رابطـهٔ (۱) محاسبه شد.

جدول ۱. خصوصیات فیزیکی خاک مورد استفاده

عمق خاک (سانتی‌متر)	بافت خاک	چگالی ظاهری (g/cm^3)	رطوبت جرمی ظرفیت زراعی (٪)	رطوبت جرمی نقطهٔ پژمردگی (٪)
۰ – ۲۰	لوم شنی	۱/۳	۱۷/۱	۷/۷
۲۰ – ۴۰	لوم شنی	۱/۳	۱۶/۸	۷/۶
۴۰ – ۶۰	لوم شنی	۱/۳	۱۶/۵	۷/۴

جدول ۲. خصوصیات شیمیایی خاک مورد استفاده

عمق خاک	کاتیون‌های محلول (میلی‌اکی‌والانت بر لیتر)			آنیون‌های محلول (میلی‌اکی‌والانت بر لیتر)			pH	SAR	EC
(سانتی‌متر)	Mg^{2+}	Ca^{2+}	Na^+	SO_4^{2-}	HCO_3^-	Cl^-			(dS/m)
۰ – ۲۰	۱۱/۳	۱۲/۸	۱۹/۵	–	۵/۸	۳۰/۵	۷/۳	۵/۶	۳/۹
۲۰ – ۴۰	۱۰/۶	۱۲/۲	۱۸/۸	–	۵/۵	۳۲/۰	۷/۴	۵/۶	۳/۹
۴۰ – ۶۰	۱۱/۴	۱۱/۶	۱۸/۷	–	۵/۵	۳۲/۵	۷/۴	۵/۵	۳/۸

جدول۳. خصوصیات شیمیایی آب‌های آبیاری

کاتیون‌های محلول (میلی‌اکی‌والانت بر لیتر)			آنیون‌های محلول (میلی‌اکی‌والانت بر لیتر)			pH	SAR	EC
Mg^{2+}	Ca^{2+}	Na^+	SO_4^{2-}	HCO_3^-	Cl^-			(dS/m)
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

زمان آبیاری با انـدازه‌گیـری رطوبـت خـاک از طریـق نمونه‌برداری خاک محدودهٔ ریشـه گیـاه در تیمـار آب ۰/۳ دسی‌زیمنس بر متر تعیین شد تـا عملیـات آبیـاری قبـل از کاهش رطوبـت خـاک بـه میـزان کمبـود مجـاز مـدیریتی

Archive of SID
www.SID.ir

(MAD)[1] شروع شود. با توجه به مشخص نبودن مقدار کمبود مجاز مدیریتی برای درخت کنار، از مقدار توصیه‌شده برای گیاهان مشابه مانند نخل خرما (معادل ۰/۵) استفاده شد. 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 (W_i) به ظرفیت زراعی (W_{fc}) و تأمین کمبود رطوبت خاک از رابطهٔ (۱) محاسبه شد.

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

در این رابطه، γ_b چگالی ظاهری خاک خشک (اعشار) و Z عمق توسعهٔ ریشه (میلی‌متر) است. نیاز آبشویی نیز (LR_t) از رابطهٔ (۲) تعیین شد.

$$LR_t = \frac{EC_w}{2(EC_e)_{max}} \qquad (۲)$$

که EC_w هدایت الکتریکی آب آبیاری (دسی‌زیمنس بر متر) و $(EC_e)_{max}$ هدایت الکتریکی عصارهٔ اشباع خاک در وضعیتی است که محصول کاملاً از بین برود. مقدار $(EC_e)_{max}$ با توجه به مشخص نبودن آن برای درخت کنار، معادل مقدار توصیه‌شده برای نخل خرما (۳۲ دسی‌زیمنس بر متر) در نظر گرفته شد. لازم به ذکر است در شوری‌های ۰/۳، ۳ و ۶ دسی‌زیمنس بر متر که نیاز آبشویی کمتر از ۰/۱ به‌دست آمد، از مقدار آن صرف‌نظر شد، ولی در شوری آب آبیاری ۹ دسی‌زیمنس بر متر که نیاز آبشویی بیش از ۰/۱ به‌دست آمد، عمق ناخالص آب آبیاری (d) برابر بود با (۹، ۲۰).

$$d = \frac{100\, d_n}{EU(1-LR_t)} \qquad (۳)$$

در این معادله، مقدار یکنواختی پخش آب (EU) با توجه به آبیاری نهال‌ها با آبپاش دستی، برابر ۱۰۰ درصد در نظر گرفته شد.

عملیات داشت و مراقبت‌های باغی در تمامی تیمارها به‌طور یکسان انجام گرفت. میزان شوری عصارهٔ اشباع خاک در هر یک از تیمارها، با نمونه‌برداری از عمق ۲۰ تا ۴۰ سانتی‌متری خاک در انتهای تحقیق (پانزده ماه پس از شروع تیمارها) اندازه‌گیری و تفاوت آن نسبت به زمان شروع تحقیق یا تغییرات شوری خاک طی این مدت محاسبه شد. در پایان سال اول و قبل از شروع تیمارهای شوری آب آبیاری، تعداد برگ و قطر ساقه (در ارتفاع ۱ سانتی‌متری از سطح خاک) هر یک از نهال‌های کُنار اندازه‌گیری شد. سپس، در انتهای مدت تحقیق، صفات رویشی مذکور مجدداً اندازه‌گیری و تفاوت مقادیر این صفات در انتهای تحقیق و ابتدای شروع تیمارهای شوری آب میزان رشد گیاه در نظر گرفته شد. همچنین، در پایان مدت تحقیق، میزان کلروفیل برگ با دستگاه کلروفیل‌سنج Minolta (Spad-502) ساخت کشور ژاپن و ماده یا وزن تر و خشک اندام هوایی (شاخساره) نهال‌ها اندازه‌گیری شد. به‌منظور تعیین مادهٔ خشک اندام هوایی، شاخساره تمام نهال‌ها در دستگاه آون با دمای ۷۰ درجهٔ سانتی‌گراد و به‌مدت ۷۲ ساعت قرارگرفت. مقدار نسبی آب[2] در اندام هوایی گیاه نیز از نسبت تفاوت بین میزان وزن تر و خشک اندام هوایی به وزن تر اندام هوایی محاسبه شد.

پس از جمع‌آوری داده‌ها، توابع تولید به‌صورت معادلات خطی، درجهٔ دوم، درجهٔ سوم، لگاریتمی[3] و نمایی[4] برآورد شد.

(۴) خطی
$$Y = a_0 + a_1\, EC_w$$

(۵) درجهٔ دوم
$$Y = a_0 + a_1\, EC_w + a_2\, EC_w^2$$

(۶) درجهٔ سوم
$$Y = a_0 + a_1\, EC_w + a_2\, EC_w^2 + a_3\, EC_w^3$$

(۷) لگاریتمی
$$Y = a_0 + a_1\, Ln(EC_w)$$

1. Management Allowed Deficiency

2. Relative water content
3. Logarithmic
4. Exponential

Archive of SID
www.SID.ir

(۸) نمایی $Y = a_0 . \exp(a_1 EC_w)$

در این روابط، Y ماده یا وزن خشک (زیست‌تودهٔ خشک) اندام هوایی (گرم)، EC_w هدایت الکتریکی آب آبیاری (دسی‌زیمنس بر متر) و a_i ضرایب ثابت است. پس از تعیین ضرایب معادلات، از پنج شاخص آماری ضریب تعیین تعدیل‌شده (R^2_{adj})[1]، کارایی مدل‌سازی (EF)[2]، بیشینهٔ خطای نسبی (ME)[3]، ریشهٔ میانگین مربعات خطای نرمال‌شده (nRMSE)[4] و ضریب جرم باقی‌مانده (CRM)[5] برای ارزیابی و مقایسهٔ این مدل‌ها استفاده شد.

(۹)
$$EF = [\sum(O_i - \bar{O})^2 - \sum(P_i - O_i)^2] / \sum(O_i - \bar{O})^2$$

(۱۰)
$$ME = Max \left| P_i - O_i \right| / \bar{O}$$

(۱۱)
$$nRMSE = [\sum(P_i - O_i)^2 / n]^{0.5} . (100/\bar{O})$$

(۱۲)
$$CRM = (\sum O_i - \sum P_i) / \sum O_i$$

در این روابط، P_i مقادیر برآوردشده، O_i مقادیر اندازه‌گیری‌شده، $\bar{O}$ میانگین مقادیر اندازه‌گیری‌شده و n تعداد مشاهدات است.

ضریب تعیین (R^2) مجذور ضریب همبستگی بین دو متغیر مستقل و وابسته است، با فرض اینکه همهٔ متغیرهای مستقل بر متغیر وابسته تأثیر دارد، در صورتی که در ضریب تعیین اصلاح‌شده (R^2_{adj}) فقط تأثیر متغیرهای مستقل واقعی بر متغیر وابسته در نظر گرفته می‌شود. بنابراین، هنگامی که هدف مقایسهٔ دو یا چند مدل است، ضریب تعیین تعدیل‌شده استفاده می‌شود که اصلاح و تعدیل ضریب تعیین نمونه برای کل جامعهٔ آماری است. شاخص EF نشان‌دهندهٔ نسبت انحراف مقادیر شبیه‌سازی‌شده از اندازه‌گیری‌شده به انحراف مقادیر اندازه‌گیری‌شده از میانگین آن‌هاست. مقدار این ضریب هر چه به ۱ نزدیک‌تر باشد، مدل کاراتر است. ضریب ME نمایانگر چگونگی اجرای مدل و مقدار زیاد آن حاکی از کارکرد ضعیف مدل است. nRMSE بیانگر تفاوت بین مقادیر برآوردشده و اندازه‌گیری‌شده نسبت به میانگین مقادیر اندازه‌گیری‌شده است. هر چه این ضریب به صفر نزدیک‌تر باشد، عملکرد شبیه‌سازی مدل بهتر است. شاخص CRM نیز نشان‌دهندهٔ تمایل مدل برای پیش‌برآوردی[6] یا کم‌برآوردی[7] 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 پیش‌بینی‌شده برابر مقادیر اندازه‌گیری‌شده باشد، شاخص‌های R^2_{adj} و EF برابر ۱ و شاخص‌های ME، nRMSE و CRM برابر صفر خواهد بود (۳، ۵، ۶، ۱۱، ۱۷). نرم‌افزارهای مورد استفاده در این تحقیق برای تجزیه‌وتحلیل صفات اندازه‌گیری‌شده و تعیین پارامترهای مدل‌ها SPSS Statistics 19 و Excel بود و تیمارهای مختلف با آزمون چند دامنه‌ای دانکن مقایسه شد.

نتایج و بحث

بررسی وضعیت نهال‌ها از نظر بقا و سبزماندن نشان داد که در تمام تیمارهای مورد آزمایش، نهال‌ها زنده ماند و تلفاتی در نهال‌های کُنار رخ نداد. تجزیهٔ واریانس مقادیر شوری خاک نشان داد که تأثیر تیمارهای شوری آب آبیاری بر شوری خاک در سطح احتمال ۱ درصد معنادار بود (جدول ۴). بیشترین شوری خاک با ۱۰/۸ دسی‌زیمنس بر متر در آبیاری با آب شور ۹ دسی‌زیمنس بر متر رخ داد. مقایسهٔ میانگین‌ها به روش آزمون دانکن حاکی از اختلاف معنادار

1. Adjusted coefficient of determination
2. Modeling Efficiency
3. Maximum Error
4. Normalized Root Mean Square Error
5. Coefficient of Residual Mass
6. Overestimate
7. Underestimate

Archive of SID
www.SID.ir

این تیمار با سایر تیمارها به جز شوری ۶ دسی‌زیمنس بر متر بود. نتایج تجزیهٔ واریانس صفات رویشی گیاه نشان داد که تیمارهای شوری آب آبیاری اثر معناداری در سطح احتمال ۱ درصد بر تعداد برگ، قطر ساقه، وزن تر و خشک اندام هوایی و در سطح احتمال ۵ درصد بر مقدار نسبی آب اندام هوایی گیاه داشت (جدول ۴).

در مقایسهٔ میانگین‌ها به روش آزمون دانکن، تأثیر شوری آب آبیاری بر کلروفیل برگ نیز در سطح احتمال ۵ درصد معنادار شد (جدول ۵). از نظر وزن تر و خشک اندام هوایی نهال، بیشترین مقادیر در آب ۰/۳ دسی‌زیمنس بر متر و کمترین مقادیر در آب ۹ دسی‌زیمنس بر متر بود که اختلاف معناداری با یکدیگر داشت. ولی اختلاف بین تیمارهای آب ۳ و ۶ دسی‌زیمنس بر متر معنادار نبود. مقایسهٔ میانگین تیمارها نشان داد که وزن تر و خشک و مقدار نسبی آب اندام هوایی در نهال‌های کُنار با افزایش شوری آب آبیاری از ۶ به ۹ دسی‌زیمنس بر متر کاهش معناداری یافت، به‌طوری که صفات مذکور در شوری ۹ دسی‌زیمنس بر متر به‌ترتیب ۳۸/۶، ۲۳/۳ و ۲۳/۹ درصد نسبت به شوری ۶ دسی‌زیمنس بر متر کمتر شد. این مقادیر هنگام افزایش شوری آب از ۳ به ۶ دسی‌زیمنس بر متر به‌ترتیب معادل ۱۱/۷، ۶/۱ و ۵/۵ درصد بود.

ارزیابی پاسخ نهال‌های کُنار گونهٔ موریتانی نسبت به شوری خاک (عصارهٔ اشباع) ۱/۴۵، ۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ دسی‌زیمنس بر متر حاکی از آن بود که قطر تنه در شوری ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر با حدود ۲۳ درصد و ارتفاع گیاه در شوری ۱۵ دسی‌زیمنس بر متر با حدود ۱۷ درصد کاهش معنادار داشت (۱۶). در پژوهش دیگری، تأثیر شوری آب در آبیاری نهال‌های کُنار گونهٔ *Z. nummularia* و *Z. rotundifiria* سنجش شد. نتایج نشان داد که با رسیدن شوری آب از صفر به ۵، ۱۰ و ۱۵ دسی‌زیمنس بر متر، مادهٔ خشک اندام هوایی در گونهٔ اول به‌ترتیب ۶/۲، ۴۴/۲ و ۵۹/۱ درصد و در گونهٔ دوم به‌ترتیب ۷/۶، ۲۲/۶ و ۵۴/۷ درصد کاهش یافت (۱۹). همچنین، مصرف آب‌های شور در نهال‌های کُنار گونهٔ *Z. spina-christi* حاکی از آن بود که با افزایش شوری آب آبیاری از ۳/۲ به ۶/۴ دسی‌زیمنس بر متر، ارتفاع گیاه، تعداد برگ، طول برگ و مادهٔ خشک اندام‌های نهال‌های کُنار گونهٔ *Z. spina-christi* در حد معناداری کاهش یافت (۲۱). برخی محققان چگونگی پاسخ گیاه به تنش شوری را مرتبط به عواملی نظیر قابلیت دسترسی، جذب و انتقال عناصر غذایی در داخل گیاه می‌دانند (۱۸). البته، گیاهان معمولاً در مرحلهٔ جوانه‌زنی و اولیهٔ رشد نسبت به سایر مراحل رشد به شوری حساس‌ترند (۱۰).

جدول ۴. میانگین مربعات شوری خاک و صفات رویشی در نهال‌های کُنار

منبع تغییر	درجهٔ آزادی	شوری خاک	تعداد برگ	کلروفیل برگ	قطر ساقه	مادهٔ تر اندام هوایی	مادهٔ خشک اندام هوایی	مقدار نسبی آب
تکرار	۲	۰/۷۳$^{n.s}$	۱۳۶۰۶/۵$^{n.s}$	۷۳/۱$^{n.s}$	۰/۸۹$^{n.s}$	۳۷۵/۷$^{n.s}$	۴۸/۶$^{n.s}$	۰/۴۱$^{n.s}$
تیمار	۳	۲۲/۴۶**	۱۲۲۵۳۴/۷**	۶۸/۸$^{n.s}$	۴۰/۴۹**	۷۹۰۵/۳**	۶۱۸/۹**	۲۱۲/۳۱*
خطا	۶	۰/۴۹	۲۶۶۵/۹	۲۱/۶	۰/۸۱	۱۷۶/۷	۲۵/۲	۲۴/۶۴
کل	۱۱							

n.s غیرمعنادار * معنادار در سطح آماری ۵ درصد ** معنادار در سطح آماری ۱ درصد

Archive of SID
www.SID.ir

جدول ۵. مقایسهٔ میانگین شوری خاک و صفات رویشی نهال‌های کُنار

شوری آب (دسی‌زیمنس بر متر)	شوری خاک** (دسی‌زیمنس بر متر)	تعداد برگ**	کلروفیل برگ* (درصد)	قطر ساقه** (میلی‌متر)	مادهٔ تر اندام هوایی** (گرم)	مادهٔ خشک اندام هوایی** (گرم)	مقدار نسبی آب* (درصد)
۰/۳	۴/۵^{c}	۱۰۲۸^{a}	۴۶/۰ ^{a}	۱۲/۵^{a}	۲۱۱/۹^{a}	۸۸/۱^{a}	۵۸/۵^{a}
۳	۷/۷^{b}	۸۴۴^{b}	۳۸/۹ ^{ab}	۶/۰^{b}	۱۶۱/۶^{b}	۷۳/۹^{ab}	۵۴/۱^{a}
۶	۹/۵^{ab}	۷۷۳^{b}	۳۸/۱ ^{ab}	۵/۹^{b}	۱۴۲/۷^{b}	۶۹/۴^{b}	۵۱/۱^{a}
۹	۱۰/۸^{a}	۵۳۹^{c}	۳۴/۶ ^{b}	۴/۲^{b}	۸۷/۶^{c}	۵۳/۲^{c}	۳۸/۹^{b}

* میانگین‌های با حروف مشابه، در سطح ۵ درصد اختلاف معناداری با یکدیگر ندارد.

** میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون، در سطح ۱ درصد اختلاف معناداری با یکدیگر ندارد.

نتایج تخمین توابع تولید شوری در نهال‌های کُنار موریتانی به‌صورت خطی، درجهٔ دوم، درجهٔ سوم، لگاریتمی و نمایی در جدول ۶ و ۷ ارائه شده است. به‌منظور تعیین سطح معنادار بودن معادلهٔ رگرسیون تابع، از ضریب F جدول تجزیهٔ واریانس استفاده شد که برای تمام معادلات در سطح ۱ درصد معنادار شد. ضریب تعیین تعدیل‌شده (R^2_{adj}) برای توابع تولید بین ۰/۷۱۳ (معادلهٔ لگاریتمی) و ۰/۸۴۳ (معادلهٔ نمایی) در نوسان بود. کارایی مدل‌سازی (EF) از ۰/۷۳۹ در معادلهٔ لگاریتمی تا ۰/۸۸۲ در معادلهٔ درجهٔ سوم متغیر بود، در حالی که کمترین و بیشترین مقدار بیشینهٔ خطای نسبی (ME) به‌ترتیب به معادلهٔ لگاریتمی و درجهٔ دوم اختصاص یافت. حداقل تفاوت نسبی بین مقادیر برآوردشده و اندازه‌گیری‌شده (nRMSE) با ۶/۴ درصد به معادلهٔ درجهٔ سوم و حداکثر آن به ۹/۵ درصد به معادلهٔ لگاریتمی تعلق یافت. کمترین و بیشترین ضریب جرم باقی‌مانده (CRM) نیز به‌ترتیب در معادلهٔ خطی و نمایی وجود داشت. مقدار ضریب جرم باقی‌مانده (CRM منفی) حاکی از آن است که تمام معادلات به‌جز معادلهٔ نمایی، میزان مادهٔ خشک اندام هوایی را بیش از میزان واقعی برآورد می‌کند.

به‌منظور ارزیابی توابع تولید شوری، هر یک از معادلات بر اساس شاخص‌های آماری تعریف‌شده رتبه‌بندی شد (جدول ۷). بدین ترتیب، به معادله‌ای که بیشترین مقدار هر یک از شاخص‌های ضریب تعیین تعدیل‌شده (R^2_{adj}) و کارایی مدل‌سازی (EF) یا کمترین مقدار هر یک از شاخص‌های بیشینهٔ خطای نسبی (ME)، ریشهٔ میانگین مربعات خطای نرمال‌شده (nRMSE) و ضریب جرم باقی‌مانده (CRM) را داشت، امتیاز پنج و به معادله‌ای که کمترین مقدار R^2_{adj} و EF یا بیشترین مقدار ME، nRMSE و CRM را دارا بود، امتیاز یک تعلق گرفت. مقایسهٔ امتیاز معادلات مختلف نشان داد که معادلهٔ درجهٔ سوم، دارای بیشترین دقت برازش بود. روند تغییرات معادلات مختلف خطی، درجهٔ دوم، درجهٔ سوم، لگاریتمی و نمایی در شکل ۱ ارائه شده است.

بررسی روند تغییرات وزن تر اندام هوایی نهال‌های کُنار گونهٔ موریتانی نسبت به شوری عصارهٔ اشباع خاک، دلالت بر خطی‌بودن این تغییرات داشت (۱۶). بر اساس گزارش دیگری، عملکرد پنبه و ذرت شیرین به‌شدت متأثر از شوری و مقدار آب خاک قرارمی‌گیرد و پاسخ گیاه به شوری و رطوبت به‌صورت تابع غیرخطی است (۲۵). در بررسی مدل‌های مختلف بین عملکرد گیاه با تنش‌های شوری و خشکی، تابع غیرخطی درجهٔ دوم از بین معادلات خطی، درجهٔ دوم، لگاریتمی و متعالی بهترین تابع تولید آب- شوری در گیاهانی نظیر گندم، ذرت و پنبه معرفی شده است (۱۱، ۱۴، ۲۴).

Archive of SID
www.SID.ir

جدول ۶. ضرایب معادلات تابع تولید شوری در نهال‌های کُنار

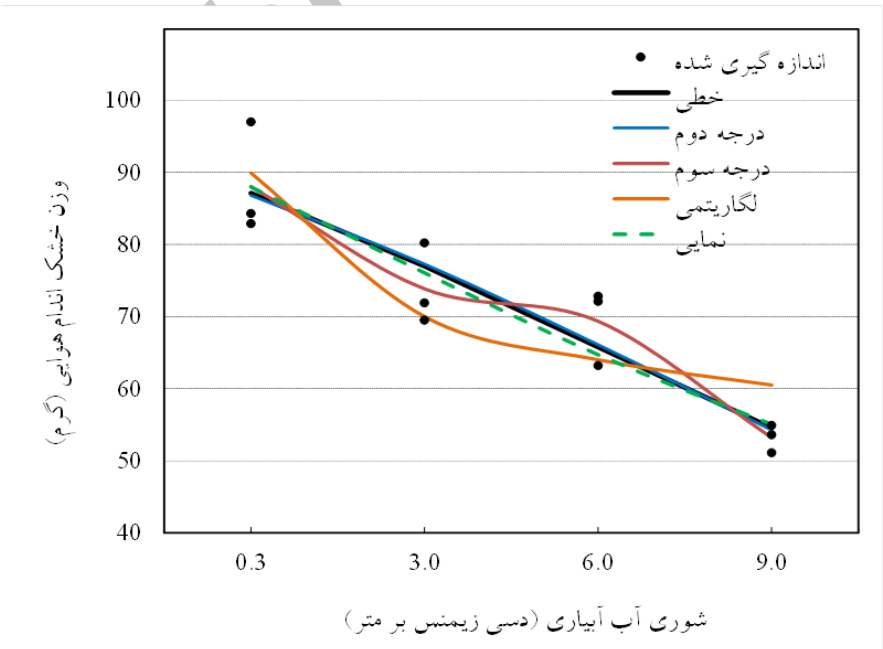
مدل تابع	a_0	a_1	a_2	a_3	F
خطی	۸۸/۲۴۸	-۳/۷۴۳	---	---	۵۴/۸۰۱ **
درجهٔ دوم	۸۷/۸۴۴	-۳/۴۰۵	-۰/۰۳۶	---	۲۴/۷۵۹ **
درجهٔ سوم	۹۱/۰۵۰	-۱۰/۵۴۷	۲/۰۵۷	-۰/۱۵۰	۱۹/۹۲۷ **
لگاریتمی	۷۹/۵۲۷	-۸/۶۵۴	---	---	۲۸/۳۰۵ **
نمایی	۸۹/۴۲۹	-۰/۰۵۴	---	---	۶۰/۱۹۶ **

** معنادار در سطح ۱ درصد.

جدول ۷. شاخص‌های آماری محاسبه‌شده برای معادلات مختلف تابع تولید

مدل تابع	R^2_{adj}	EF	ME	nRMSE	CRM	امتیاز (رتبه)
خطی	۰/۸۳۰ (۳*)	۰/۸۴۵ (۳)	۰/۱۳۹ (۲)	۷/۴ (۳)	$-۱/۳\times۱۰^{-۱۶}$ (۵)	۱۶ (۲)
درجهٔ دوم	۰/۸۱۲ (۲)	۰/۸۴۶ (۴)	۰/۱۴۳ (۱)	۷/۳ (۴)	$-۲/۶\times۱۰^{-۱۶}$ (۴)	۱۵ (۳)
درجهٔ سوم	۰/۸۳۸ (۴)	۰/۸۸۲ (۵)	۰/۱۲۶ (۴)	۶/۴ (۵)	$-۳/۵\times۱۰^{-۸}$ (۳)	۲۱ (۱)
لگاریتمی	۰/۷۱۳ (۱)	۰/۷۳۹ (۱)	۰/۰۹۹ (۵)	۹/۵ (۱)	$-۳/۵\times۱۰^{-۸}$ (۳)	۱۱ (۵)
نمایی	۰/۸۴۳ (۵)	۰/۸۳۹ (۲)	۰/۱۲۷ (۳)	۷/۵ (۲)	$۲/۴\times۱۰^{-۳}$ (۲)	۱۴ (۴)

* امتیاز شاخص آماری



شکل ۱. منحنی‌های مختلف تابع تولید شوری در نهال‌های کُنار

Archive of SID
www.SID.ir

بررسی روند تغییرات وزن تر اندام هوایی نهال‌های کُنار گونهٔ موریتانی نسبت به شوری عصارهٔ اشباع خاک، دلالت بر خطی‌بودن این تغییرات داشت (۱۶). بر اساس گزارش دیگری، عملکرد پنبه و ذرت شیرین به‌شدت متأثر از شوری و مقدار آب خاک قرارمی‌گیرد و پاسخ گیاه به شوری و رطوبت به‌صورت تابع غیرخطی است (۲۵). در بررسی مدل‌های مختلف بین عملکرد گیاه با تنش‌های شوری و خشکی، تابع غیرخطی درجهٔ دوم از بین معادلات خطی، درجهٔ دوم، لگاریتمی و متعالی بهترین تابع تولید آب- شوری در گیاهانی نظیر گندم، ذرت و پنبه معرفی شده است (۱۱، ۱۴، ۲۴).

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان داد که صفات رویشی نهال‌های کُنار گونهٔ موریتانی با رسیدن شوری آب آبیاری از ۳ به ۶ دسی‌زیمنس بر متر کاهش معناداری نداشت. لذا، به نظر می‌رسد که بتوان پس از دورهٔ استقرار نهال‌های کُنار گونهٔ مذکور، از آب‌های شور تا ۶ دسی‌زیمنس بر متر برای آبیاری نهال‌ها بدون بروز تأثیر سوء معنادار استفاده کرد. البته، تأثیر طولانی‌مدت استفاده از آب‌های شور تا پایان مرحلهٔ رشد رویشی، نیازمند بررسی و مطالعهٔ بیشتر است. مقایسهٔ معادلات مختلف به‌صورت خطی، درجهٔ دوم، درجهٔ سوم، لگاریتمی و نمایی برای تابع تولید شوری در نهال‌های کُنار موریتانی نشان داد که معادلهٔ درجهٔ سوم بیشترین دقت برازش را دارد.

منابع

۱. تراهی ع. (۱۳۸۴) احداث کلکسیون واریته‌های برتر کنار (*Ziziphus spina-christi* L.) کشور به‌منظور حفظ ذخایر توارثی و بررسی سازگاری واریته‌های کنار در شرایط استان خوزستان. گزارش پروژهٔ تحقیقاتی. انتشارات مؤسسهٔ تحقیقات خرما و میوه‌های گرمسیری. اهواز. ۲۸ ص.

۲. تراهی ع. (۱۳۸۵) تعیین خواص کمّی و کیفی توده‌های محلی کنار (*Ziziphus spina-christi* L.) کشور. گزارش پروژهٔ تحقیقاتی. انتشارات مؤسسهٔ تحقیقات خرما و میوه‌های گرمسیری. اهواز. ۳۴ ص.

۳. حبیب پور ک. و صفری ر. (۱۳۸۸) راهنمای جامع کاربرد SPSS در تحقیقات پیمایشی. انتشارات متفکران. تهران. ۸۶۶ ص.

۴. سپاسخواه ع.، توکلی ع. و موسوی ف. (۱۳۸۵) اصول و کاربرد کم‌آبیاری. انتشارات کمیتهٔ ملی آبیاری و زهکشی ایران. تهران. ۱۹۰ ص.

۵. سرائی‌تبریزی م.، همایی م.، بابازاده ح.، کاوه ف. و پارسی‌نژاد م. (۱۳۹۴) مدل‌سازی پاسخ گیاه ریحان به تنش آبی در سطوح متفاوت رطوبتی. تحقیقات آب و خاک ایران. ۴۶(۲): ۱۶۳-۱۷۱.

۶. صالحی م.، کافی م. و کیانی ع. (۱۳۹۰) اثر تنش شوری و کم‌آبی بر تولید زیست‌تودهٔ کوشیا (*Kochia scoparie*) و روند شوری خاک. به‌زراعی نهال و بذر. ۲-۲۷(۴): ۴۱۷-۴۳۳.

۷. عصاره م. (۱۳۸۷) ویژگی‌های زیستی درختان کنار در ایران و معرفی سایر گونه‌های جنس *Ziziphus*. انتشارات مؤسسهٔ تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور. تهران. ۵۷۱ ص.

۸. علی‌حوری م. و تیشه‌زن پ. (۱۳۹۰) برنامهٔ راهبردی بخش خرما در کشور: زیربرنامهٔ آبیاری. انتشارات کردگار. اهواز. ۴۳ ص.

۹. علیزاده ا. (۱۳۹۴) طراحی سیستم‌های آبیاری: طراحی

Archive of SID
www.SID.ir

سیستم‌های آبیاری تحت فشار. انتشارات دانشگاه امـام رضا (ع). مشهد. ۳۶۸ ص.

۱۰. کافی م.، صالحی م. و عشقی‌زاده ح. (۱۳۸۹) کشاورزی شورزیسـت: راهبردهـای مـدیریت گیـاه، آب و خـاک. انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد. مشهد. ۳۷۷ ص.

۱۱. نجفی مود م.، علیزاده ا.، داوری ک.، کافی م. و شـهیدی ع. (۱۳۹۱) تعیین تابع برتر آب- شـوری- عملکـرد در دو رقم پنبه. آب و خاک. ۲۶(۳): ۶۷۲-۶۷۹.

12. Azim A., Ghazanfar Sh., Latif A. and Nadeem M.A. (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.

13. Grice A.C. (1997) Post-fire regrowth and survival of the invasive tropical shrubs *Cryptostegia grandifolia* and *Ziziphus mauritiana*. Ecology. 22(1): 49-55.

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

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

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

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

18. Kurap S.S., Hedar Y.S., Al-Dhaheri M.A., El-Heawiety A.Y., Aly MAM and Alhadrami G. (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.

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

20. Merkley G.P. and Allen R.G. (2004) Sprinkle and trickle irrigation lectures. Biological and Irrigation Engineering Department, Utah State University, Logan, Utah.

21. 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.

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

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

24. Rhoades J.D., Kandiah A. 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. Russo D. and Bakker D. (1986) Crop water production function for sweet corn and cotton irrigated with saline waters. Soil Science Society. 51: 1554-1562.

Archive of SID
www.SID.ir