برآورد نیاز آبی و ضریب گیاهی دو گونه سالیکورنیا در یزد

حسین بیرامی[۱]، محمدحسن رحیمیان و فرهاد دهقانی

استادیار، مرکز ملی تحقیقات شوری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، یزد، ایران.
beyrami.h@hotmail.com
استادیار، مرکز ملی تحقیقات شوری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، یزد، ایران.
mhrahimian@gmail.com
استادیار، مرکز ملی تحقیقات شوری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، یزد، ایران.
dehghany47@gmail.com

دریافت: اردیبهشت ۱۳۹۹ و پذیرش: مهر ۱۳۹۹

چکیده

منابع آب و خاک کشور محدود می‌باشد و استفاده بهینه از منابع آب در بخش کشاورزی مستلزم برآورد هرچه دقیق‌تر میزان آب مورد نیاز گیاهان مختلف در شرایط متفاوت می‌باشد. این تحقیق به‌منظور تخمین تبخیر و تعرق، نیاز آبی و ضریب گیاهی دو گونه سالیکورنیا در شرایط لایسیمتری به‌صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی انجام گردید. تیمارهای آزمایش شامل دو گونه مختلف سالیکورنیا (*S. bigelovii* و *S. persica*) و دو سطح مختلف شوری آب آبیاری (۸ و ۲۵ دسی زیمنس بر متر) در سه تکرار بود. تبخیر و تعرق واقعی گیاه (ET_a) و تبخیر و تعرق مرجع (ET_o) و ضرایب گیاهی (Kc) سالیکورنیا در سه مرحله رشد برآورد شدند. نتایج نشان داد که افزایش شوری از ۸ به ۲۵ دسی زیمنس بر متر در هر دو گونه موجب تغییر معنی‌دار عملکرد (وزن دانه و وزن کل اندام هوایی) در سطح آماری یک درصد شد. میزان آب مصرفی در فصل رشد در تیمارها و تکرارهای مختلف بین ۲۸۶۷۹ تا ۳۳۳۰۴ مترمکعب بر هکتار متفاوت بود. مقدار ضریب گیاهی در شوری ۸ دسی زیمنس بر متر در گونه بیگلووی در ابتدا، میانه و انتهای فصل به‌ترتیب ۱/۱۸، ۱/۵۵ و ۱/۴۲ و در شوری ۲۵ دسی زیمنس بر متر به‌ترتیب برابر ۱/۰۶، ۱/۳۷ و ۱/۲۶ بود. مقدار ضریب گیاهی در شوری ۸ دسی زیمنس بر متر در گونه پرسیکا در ابتدا و میانه و انتهای فصل به‌ترتیب ۱/۳۷، ۱/۵۸ و ۱/۱۰ و در شوری ۲۵ دسی زیمنس بر متر به‌ترتیب برابر ۱/۱۵، ۱/۳۸ و ۱/۲۷ بود. علاوه بر این شاخص کارایی مصرف آب سالیکورنیا (WUE) در تیمارهای مختلف بین ۰/۲۱ تا ۰/۳۸ کیلوگرم بر مترمکعب متغیر بود.

واژه‌های کلیدی: تبخیر و تعرق، آب شور، کارایی مصرف آب، گیاه شورزی، لایسیمتر

۱- آدرس نویسنده مسئول: مرکز ملی تحقیقات شوری، یزد، ایران.

مقدمه

افزایش جمعیت و نیاز به غذا از یک طرف و محدودیت استفاده از منابع آب متعارف و توسعه تدریجی شوری منابع آب و خاک از طرف دیگر سبب شده است که راهکارها و اقدامات پایدار تولید در منابع آب و خاک نامتعارف (شور) اهمیت دو چندان پیدا کنند. با توجه به اینکه اکثریت گیاهان زراعی، گلیکوفیت‌های حساس به نمک هستند، تلاش‌های اولیه برای کشت این گلیکوفیت-ها در رژیم‌های شور با استفاده از برنامه‌های سنتی زراعی، چندان امیدوار کننده نبوده است (فلاورز و همکاران، ۲۰۱۰؛ سینگ و همکاران، ۲۰۱٤). فلاورز و یئو (۱۹۹۵) نتایج کلی تلاش‌های مربوط به دست‌کاری ژنتیکی و افزایش تحمل به شوری گیاهان گلیکوفیت را ناموفق عنوان کرده‌اند. آن‌ها اذعان داشته‌اند که در اثر تلاش‌های مذکور، تنها تعداد انگشت‌شماری از واریته‌های متحمل به شوری ایجاد شده است. به گفته آنان، دلایل کم‌بودن موفقیت‌ها در این زمینه، شامل پیچیدگی ژنتیکی و مکانیزم تحمل به نمک گیاهان، پایین بودن سطح همکاری بین متخصصان تولیدات گیاهی و فیزیولوژیست‌ها و همچنین اولویت نداشتن مسئله شوری منابع آب و خاک در طی این سال‌ها بوده است. طی سال‌های بعد و با گسترش مشکلات شوری منابع آب و خاک کشاورزی، افزایش جمعیت و نیاز به تولید غذا در شرایط شور، استراتژی‌های جدیدتری در خصوص معرفی گیاهان مناسب و پربازده در شرایط شور معرفی و پیگیری شده است. یکی از این استراتژی‌ها برای دستیابی مستقیم‌تر به گزینه‌های مناسب و متحمل در برابر شوری، کار بر روی گیاهان هالوفیت و گونه‌های گیاهی دارای تحمل ذاتی به نمک، بوده است (فلاورز ۲۰۰٤). این گیاهان از لحاظ دامنه تحمل به شوری، روند رشد و تولید در شرایط شور، دارای تنوع زیادی هستند که همین موضوع، آن‌ها را نیازمند بررسی و تحقیق فراوان نموده است. به گفته محققین، هالوفیت‌ها حتی زمانی‌که با آب شور دریا آبیاری می‌شوند، می‌توانند عملکردی به اندازه محصولات زراعی متعارف داشته باشند (گلن و همکاران، ۱۹۹۹؛ ونتورا و همکاران، ۲۰۱۱a,b). هرچند که حد بهینه رشد بیشتر هالوفیت‌ها بین ۵۰ تا ۲۵۰ میلی مولار NaCl است (فلاورز و همکاران، ۱۹۸٦)، اما برای برخی نمونه‌ها، این مقدار بین ۲۰۰ تا ٤۰۰ میلی مولار NaCl نیز گزارش شده است (فلاورز و کولمر، ۲۰۰۸).

تا به امروز، یکی از موفق‌ترین نمونه‌های کشت هالوفیت در سواحل دریاها، شاید سالیکورنیا باشد (ونتورا و ساگی، ۲۰۱۳؛ اورلوسکی و همکاران، ۲۰۱٦). سالیکورنیا از گیاهان یکساله خانواده کنوپودیاسه[1] است که به‌صورت علفی با ساقه‌های آبدار و گوشتی ظاهر می‌شود و به‌طور طبیعی در سواحل دریا و حاشیه مانداب‌های شور، رشد و تکامل یافته است (محمدی و همکاران، ۱۳۸۹). سالیکورنیا از آب شور تغذیه و به روش گرده‌افشانی تولیدمثل می‌کند (اولسن و همکاران ۲۰۰۳). با افزایش شوری، پتانسیل آب در سالیکورنیا- پرسیکا به شدت منفی شده و نشان می‌دهد که در پاسخ به شدت شوری این گیاه تنظیم اسموتیکی دارد (احمد و همکاران، ۲۰۱۲). به‌دلیل وجود خاک‌های شور و آب و هوای متنوع در ایران و وجود زیستگاه‌های گسترده شور در بیابان‌های گرم و معتدل، شرایط برای رشد این‌گونه مطلوب عنوان شده است (آخانی و همکاران، ۲۰۰۳؛ آخانی، ۲۰۰۷). پایداری کشت در گونه‌های متفاوتی از سالیکورنیا در تنش‌های مختلف محیطی توسط پژوهشگران متعددی انجام یافته است (اکین و همکاران، ۲۰۱۷؛ سینگ و همکاران، ۲۰۱۸؛ سوزا و همکاران، ۲۰۱۸). گونه‌های مختلفی از سالیکورنیا در بخش‌های مرکزی، جنوب، شمال و شمال غربی ایران شامل استان‌های اصفهان، کرج، خوزستان، هرمزگان، بوشهر و ارومیه یافت شده‌اند. به‌طورکلی، سالیکورنیا یکی از گیاهانی است که در بین هالوفیت‌ها دارای خصوصیات برجسته اقتصادی و زراعی بوده و علاوه بر تولید دانه‌های روغنی و پروتئین، از نظر تولید علوفه نیز حائز اهمیت است. این گیاه با استفاده از

[1] *Chenopodiaceae*

منابع آب خیلی شور نظیر سواحل جنوبی کشور (خلیج فارس و دریای عمان) قادر به رشد بوده و طبق شواهد اولیه، می‌تواند نتایج رضایت‌بخشی را نیز به همراه داشته باشد (بیرامی و همکاران، ۱۳۹۸).

رنجبر و پیراسته (۱۳۹۷) در پژوهشی تأثیر تنش شوری به‌صورت درصدهای مختلف (شاهد، ۱۵، ۳۰، ۴۵، ۶۰، ۷۵، ۹۰ و ۱۰۰ درصد) از آب خلیج‌فارس (۵۸ دسی زیمنس بر متر) بر جوانه‌زنی و رشد گیاهچه گونه‌های مختلف سالیکورنیا، به‌منظور تعیین آستانه تحمل به شوری و آستانه کاهش ۵۰ درصدی در یزد را در دو گونه *Salicornia europaea* و *S. bigelovii* به همراه سه توده بومی خور مزین (استان بوشهر)، ایلخچی (استان آذربایجان شرقی) و مرکزی (مناطق مرکزی ایران) بررسی نمودند. بود. نتایج آنان نشان داد که میانگین جوانه‌زنی گونه‌ها از شوری ۲۵ درصد آب خلیج‌فارس به‌طور معنی‌داری کاهش یافت، ولی جوانه‌زنی هیچ‌کدام از گونه‌ها حتی در شوری ۱۰۰ درصد آب خلیج‌فارس متوقف نشد. آنان بیان نمودند که همه گونه‌های سالیکورنیا تحمل به شوری بالایی داشتند، به‌طوری‌که حد آستانه تحمل توده‌های خور مزین، ایلخچی، مرکزی و گونه‌های *S. europaea* و *S. bigelovii* به ترتیب ۱۴/۳۶، ۵/۰۱، ۱۴/۴۶، ۱۱/۹۱ و ۷/۵۴ دسی زیمنس بر متر و حد آستانه کاهش ۵۰ درصد جوانه‌زنی آن‌ها به ترتیب ۵۶/۲۵، ۵۱/۶۰، ۶۱/۱۵، ۳۲/۶۹ و ۲۷/۰۱ دسی زیمنس بر متر برآورد شد. رحیمیان و همکاران (۱۳۹۶) در پژوهشی به بررسی تغییرات تبخیر و تعرق و نیاز آبی سالیکورنیا در سواحل جنوبی کشور پرداختند. نتایج آنان نشان داد که میانگین تبخیر و تعرق روزانه و فصلی سالیکورنیا در نوار ساحلی جنوب کشور به ترتیب برابر با ۷/۵ میلی‌متر بر روز (بین ۴/۹ تا ۹/۰ میلی‌متر) و ۱۵۶۷ میلی‌متر (بین ۱۲۲۸ تا ۱۷۹۹ میلی‌متر) می‌باشد. همچنین آنان بیان نمودند که نیاز آبی سالیکورنیا وابسته به محل کشت، راندمان کاربرد سیستم آبیاری و آبشویی بوده که در دامنه راندمان‌های مختلف کاربرد آب بین ۱۹ تا ۴۰ هزار مترمکعب در هکتار متغیر است و کمترین آب مورد نیاز سالیکورنیا در مناطق بوشهر، بندر دیلم و جاسک و بیشترین آب مورد نیاز در مناطق غربی شامل آبادان، ماهشهر و هندیجان به دست آوردند.

با این وجود، با تمام تلاش‌ها و تحقیقات صورت گرفته بر روی این گیاه تاکنون، هنوز سؤالات و ابهاماتی در خصوص ضرایب گیاهی و نیاز آبی این گیاه وجود دارد (رحیمیان و همکاران، ۱۳۹۶)؛ بنابراین این تحقیق با هدف تعیین تبخیر و تعرق و نیاز آبی دو گونه مختلف سالیکورنیا (*S. bigelovii* و *S. persica*) و دو سطح مختلف شوری آب آبیاری (۸ و ۲۵ $dS.m^{-1}$) انجام یافت.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در مرکز ملی تحقیقات شوری کشور واقع در استان یزد با مختصات جغرافیایی شمالی و شرقی انجام گرفت. برای تعیین تبخیر و تعرق مرجع از داده‌های هواشناسی نزدیک‌ترین ایستگاه هواشناسی سینوپتیک مرجع (ایستگاه یزد) استفاده گردید. ابتدا خصوصیات عمومی فیزیکی و شیمیایی در خاک مورد نظر برای پر نمودن لایسیمترها در اسفند ۱۳۹۵ اندازه‌گیری شد (جدول ۱). خاک مورد نظر دارای کلاس بافت لوم شنی و متوسط بافت بوده، دارای شوری بالا و pH خنثی می‌باشد. این خاک دارای ماده آلی ناچیزی بوده و ازت کل در آن نیز مقدار بسیار کمی داشت. همچنین خصوصیات شیمیایی آب استفاده شده برای آبیاری در این پژوهش در جدول ۲ آورده شده است. این آب از اختلاط آب چاه (با EC برابر با چهار دسی زیمنس بر متر) و آب شور انتقالی از منطقه عقدا استان یزد با شوری بسیار بالا تأمین گردید.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد مطالعه در زمان شروع آزمایش

ویژگی	شن (%)	سیلت (%)	رس (%)	کلاس بافت خاک	ECe ($dS\ m^{-1}$)	pH	کربن آلی (%)	ازت کل (%)	پتاسیم (av) ($mg\ kg^{-1}$)	فسفر (av) ($mg\ kg^{-1}$)
مقدار	۶۸/۵۸	۱۵/۴۲	۱۶	لوم شنی (SL)	۱۱/۸۳	۷/۴۶	۰/۲۱	۰/۰۱۸	۱۴۴	۲۰/۱۲

جدول ۲- خصوصیات شیمیایی آب آبیاری تیمارهای آزمایش

ویژگی	EC ($dS\ m^{-1}$)	pH	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^{+}	K^{+}	Cl^{-}	SAR
			($meq\ l^{-1}$)					
تیمار ۱	۸/۰۰	۸/۰۵	۳/۱۵	۸/۹۰	۲/۷۷	۰/۰۰	۶۳/۳۲	۰/۱۷	۶۶/۵۱	۶/۲۶	۲۵/۸۰
تیمار ۲	۲۵/۰۰	۷/۹۴	۴/۰۵	۲۹/۵۲	۲/۷۷	۰/۰۰	۲۱۱/۳۰	۰/۵۱	۲۲۳/۱۱	۱۹/۵۰	۵۱/۵۷

این پژوهش به‌صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی با دو فاکتور شوری آب آبیاری و دو گونه مختلف سالیکورنیا انجام گرفت. تیمارهای پژوهش دو گونه سالیکورنیا (*S. bigelovii* و *S. persica*) و دو سطح مختلف شوری آب آبیاری ۸ و ۲۵ دسی‌زیمنس بر متر با سه تکرار (جمعاً ۱۲ لایسیمتر) بود.

محل مورد نظر برای تعبیه و استقرار لایسیمترها در اواخر اسفند ۱۳۹۵ انتخاب و سپس اقدام به تسطیح و آماده‌سازی سایت گردید. برای آماده‌سازی لایسیمترها ابتدا تعداد ۱۲ عدد لایسیمتر وزنی با طول ۸۵، عرض ۲۵ و ارتفاع ۳۰ سانتی‌متر تهیه شدند. در کف این لایسیمترها فیلتری شنی قرار داده شد تا زهکشی به سهولت از مجرای زیرین آن‌ها صورت گیرد. سپس هر یک از لایسیمترها با خاکی با بافت غالب منطقه (لوم شنی) پر شده و بر روی پایه و باسکول‌های (ترازوها) الکترونیکی مجزا با دقت توزین ۵۰ گرم قرار داده شدند، به‌طوری‌که سطح بالایی لایسیمترها هم‌سطح مزرعه باشد. مجرای زهکش کف لایسیمترها به درون یک مخزن ذخیره متصل بود تا میزان زه‌آب خروجی در زمان‌های معین مورد اندازه‌گیری قرار گیرد. برای اینکه تبادل دمایی از دیواره لایسیمترها به حداقل برسد، دیواره لایسیمترها با فوم پوشش داده شد. نشاءهای مورد نیاز برای این پروژه در گلخانه مرکز ملی تحقیقات شوری تهیه و سپس به درون لایسیمترها در محل سایت اصلی انتقال داده شده‌اند. بدین گونه که ابتدا از بذور هر دو گونه مورد آزمایش سالیکورنیا در نیمه اول اسفند ۱۳۹۵ در سینی‌های نشا کشت شدند و پس از رسیدن به مرحله استقرار، این نشاءها در اوایل فروردین ۱۳۹۶ به لایسیمترها انتقال یافتند. تراکم کاشت تعداد نشاءهای انتقال‌یافته چهار نشاء در هر لایسیمتر (با فاصله ۲۰ سانتی‌متر) بود.

آبیاری بر اساس دور متداول آبیاری این گیاه (دو تا سه روز) و بر اساس میزان تخلیه رطوبت خاک در هر نوبت و در نظر گرفتن حداکثر تخلیه مجاز (MAD[1]) ۵۰ درصد و نیاز آبشویی حدود ۲۵ درصد انجام شد. برای کنترل شوری خاک، زه‌آب خروجی از ناحیه ریشه در هر نوبت از آبیاری جمع‌آوری شده و هدایت الکتریکی آن‌ها در هر نوبت اندازه‌گیری شد. در نهایت حجم کل آب آبیاری محاسبه شده به هر لایسیمتر در هر مرحله آبیاری اعمال شد. میزان عناصر غذایی مورد نیاز گیاه بر اساس آزمون خاک و علائم کمبود به‌خصوص از نظر نیتروژن، فسفر و پتاسیم (۵۰ کیلوگرم بر هکتار سولفات پتاسیم و سوپر فسفات تریپل و اوره قبل از کشت و چهار بار کود سرک اوره هر نوبت ۵۰ کیلوگرم بر هکتار در میانه فصل) و عناصر میکرو (کود کامل دو در هزار به‌صورت محلول در آب آبیاری سه مرتبه در میانه فصل) به خاک اضافه شد.

تخمین تبخیر و تعرق و ضرایب گیاهی

تبخیر و تعرق واقعی (ET_a) دو گونه گیاه سالیکورنیا بیگلووی و پرسیکا و برای هر یک از تیمارهای

[1] - Maximum Allowable Depletion

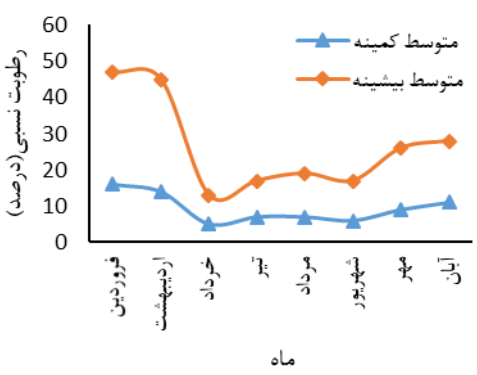
مختلف شوری آب آبیاری ۸ و ۲۵ دسی زیمنس بر متر به روش بیلان رطوبتی خاک بر اساس حجم آب ورودی و خروجی لایسیمترها در طول فصل رشد اندازه‌گیری شد. تبخیر و تعرق مرجع (ET_o) بر اساس آمار هواشناسی (جدول ۳) نزدیک‌ترین ایستگاه هواشناسی (ایستگاه یزد) و با استفاده از روش پنمن مانتیث فائو در طول دوره رشد محاسبه شد. سپس ضرایب گیاهی (Kc) سالیکورنیا بر اساس نسبت ET_a/ET_o در مراحل مختلف رشد برآورد گردید (فرناندز و همکاران ۲۰۰۰). در انتهای کار پس از برداشت سالیکورنیا میزان شوری خاک در هر یک از لایسیمترها مورد اندازه‌گیری و ارزیابی قرار گرفت. برداشت سالیکورنیاها به‌صورت دستی انجام یافته و پس از خشک شدن خصوصیات عملکردی (وزن کاه، وزن دانه و وزن کل اندام هوایی) سالیکورنیا اندازه‌گیری شد. برای رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel 2013 و برای آنالیز داده‌ها از نرم‌افزار SPSS 16.0 استفاده گردید.

جدول ۳- آمار سینوپتیک ایستگاه هواشناسی یزد

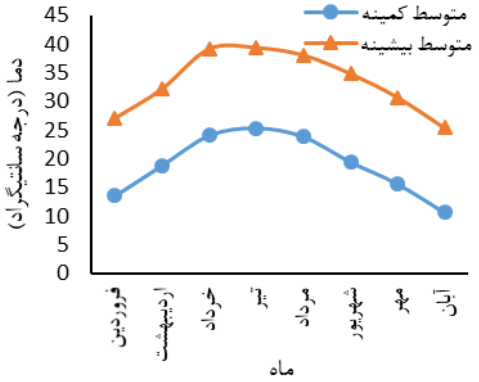
ماه	دما (درجه سانتی‌گراد)			رطوبت نسبی (درصد)			بارندگی (میلی‌متر)		تبخیر ماهانه (میلی‌متر)	ساعات آفتابی ماهانه	میانگین سرعت باد (m/s)
	متوسط کمینه	متوسط بیشینه	میانگین	متوسط کمینه	متوسط بیشینه	میانگین	مجموع ماهانه	حداکثر ۲۴ ساعته			
فروردین	۱۳/۵	۲۷/۱	۲۰/۳	۱۶/۰	۴۷/۰	۳۱/۰	۱/۷	۱/۰	۲۵۹/۷	۲۶۵/۲	۶/۹
اردیبهشت	۱۸/۸	۳۲/۲	۲۵/۵	۱۴/۰	۴۵/۰	۲۹/۰	۱۱/۶	۷/۵	۳۳۵/۰	۲۸۴/۰	۶/۷
خرداد	۲۴/۰	۳۹/۱	۳۱/۶	۵/۰	۱۳/۰	۹/۰	۰/۰	۰/۰	۴۸۰/۹	۳۸۶/۰	۶/۵
تیر	۲۵/۳	۳۹/۳	۳۲/۳	۷/۰	۱۷/۰	۱۲/۰	۰/۰	۰/۰	۵۰۸/۷	۳۸۱/۵	۷/۰
مرداد	۲۳/۸	۳۸/۰	۳۰/۹	۷/۰	۱۹/۰	۱۳/۰	۰/۰	۰/۰	۴۶۲/۴	۳۷۰/۳	۷/۳
شهریور	۱۹/۴	۳۴/۸	۲۷/۱	۶/۰	۱۷/۰	۱۲/۰	۰/۰	۰/۰	۳۸۰/۱	۳۵۳/۸	۵/۱
مهر	۱۵/۶	۳۰/۷	۲۳/۲	۹/۰	۲۶/۰	۱۷/۰	۰/۰	۰/۰	۲۶۲/۰	۳۰۸/۹	۴/۸
آبان	۱۰/۶	۲۵/۴	۱۸/۰	۱۱/۰	۲۸/۰	۲۰/۰	۰/۰	۰/۰	۱۶۰/۸	۲۷۶/۳	۴/۲
آذر	۳/۳	۱۶/۹	۱۰/۱	۱۷/۰	۴۰/۰	۲۸/۰	۰/۴	۰/۴	۶۵/۹	۲۵۱/۸	۴/۷

نتایج و بحث

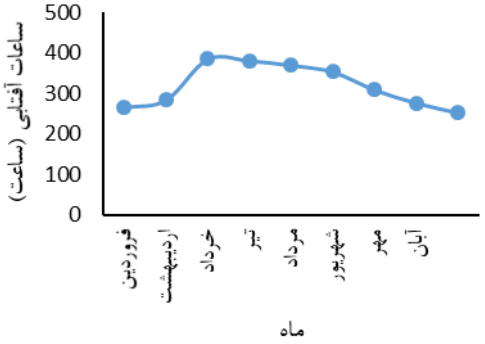
شکل ۱ میانگین ماهانه پارامترهای مختلف هواشناسی شامل دمای حداقل، دمای حداکثر، رطوبت هوا، سرعت باد و ساعات آفتابی در منطقه مطالعاتی را نشان می‌دهد. این نمودارها بر اساس آمار هواشناسی ایستگاه سینوپتیک یزد ترسیم شده‌اند. بر این اساس، میانگین حداکثر و حداقل دمای هوا (در دوره رشد فروردین تا آبان) به‌ترتیب ۳۹/۳ و ۱۰/۶ درجه سانتی‌گراد می‌باشد که در ماه‌های تیر و آبان مشاهده شده است. همچنین رطوبت میانگین هوا در منطقه بین ۹ تا ۳۱ درصد متغیر است که به‌ترتیب در ماه‌های خرداد و فروردین به ثبت رسیده است. مطالعه داده‌های هواشناسی به‌ویژه دمای هوا نشان می‌دهد که خروج سریع‌تر این منطقه از سرمای زمستانه نویدبخش تناسب بیشتر اقلیم این مناطق برای کشت و توسعه سالیکورنیا می‌باشد.



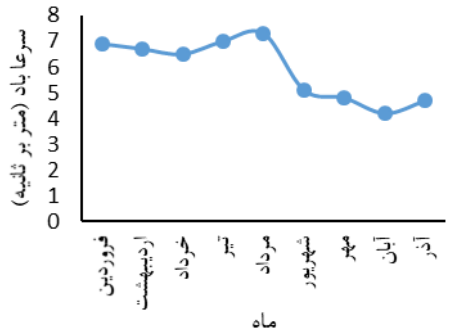
ب- رطوبت نسبی



الف- میانگین‌های دمای حداقل، دمای حداکثر



د- ساعات آفتابی

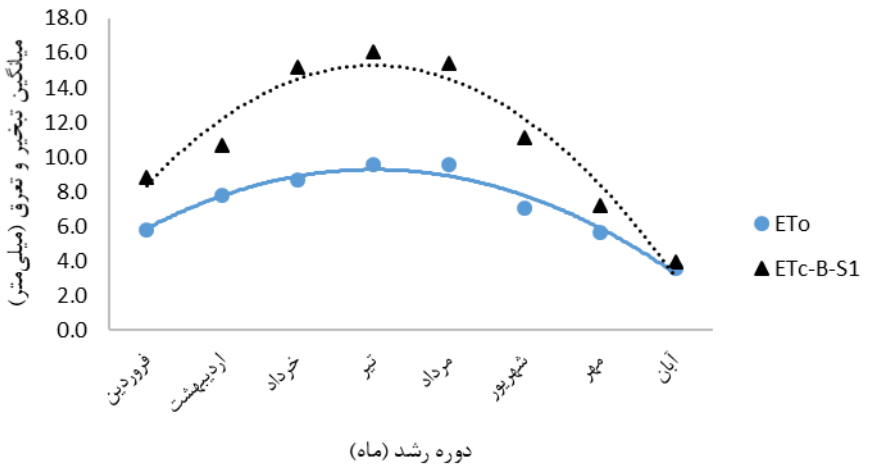


ج- میانگین سرعت باد

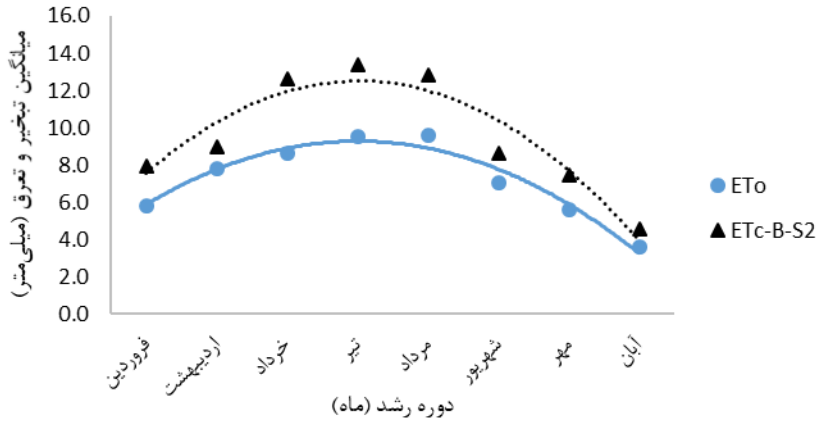
شکل ۱- تغییرات ماهانه میانگین پارامترهای مختلف هواشناسی در ایستگاه هواشناسی سینوپتیک یزد

رابطه بین تبخیر و تعرق مرجع و واقعی

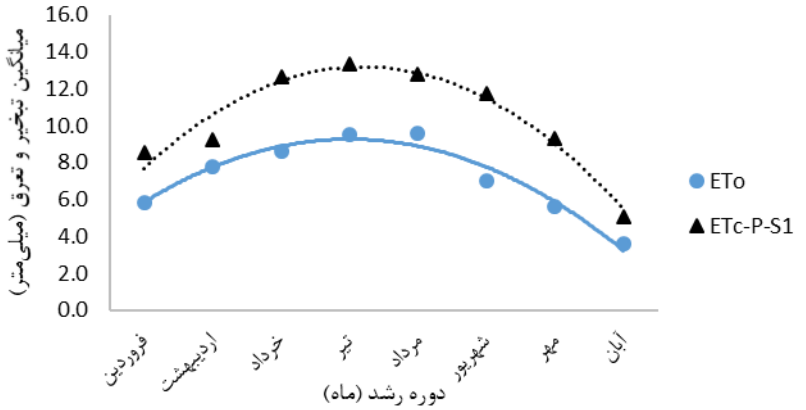
به‌منظور تعیین نیاز آبی سالیکورنیا، ابتدا تبخیر و تعرق مرجع (ET_o) ایستگاه منتخب به کمک آمار هواشناسی ماهانه محاسبه شد. شکل‌های ۲ تا ۵ به‌ترتیب تغییرات تبخیر و تعرق واقعی در تیمارهای مختلف و تغییرات تبخیر و تعرق مرجع ماهانه (ET_o) محاسباتی به روش پنمن- مانتیث-فائو در ایستگاه مورد مطالعه را نشان می‌دهد. در این شکل‌ها دیده می‌شود که بیشترین مقدار تبخیر و تعرق در منطقه مورد مطالعه در ماه‌های خرداد، تیر و مرداد روی داده است و مقدار تبخیر و تعرق واقعی در طول فصل رشد بیشتر از تبخیر و تعرق مرجع می‌باشد و تنها در انتهای فصل مقدار تبخیر و تعرق مرجع و واقعی مقدار نزدیک به هم دارند. نتایج مشابهی توسط بِنز و همکاران (۲۰۰۵) و گراتن و همکاران (۲۰۰۸) نیز گزارش شده است. آنان بیان نمودند که مقدار تبخیر و تعرق سالیکورنیا گونه بیگلووی در شرایط استفاده از آب شور و زه‌آب شور، در طول فصل بیشتر از گیاه مرجع (در شرایط استاندارد) بود و ضریب گیاهی میانگین برای سالیکورنیا گونه بیگلووی را ۱/۱ گزارش نمودند. بالابودن این ضریب به دلیل شدت بالای تعرق این گیاه در مقایسه با تبخیر می‌باشد به طوری بیش از ۷۸ درصد تلفات آب در سیستم صرفاً ناشی از تعرق بود (گراتن و همکاران، ۲۰۰۸).



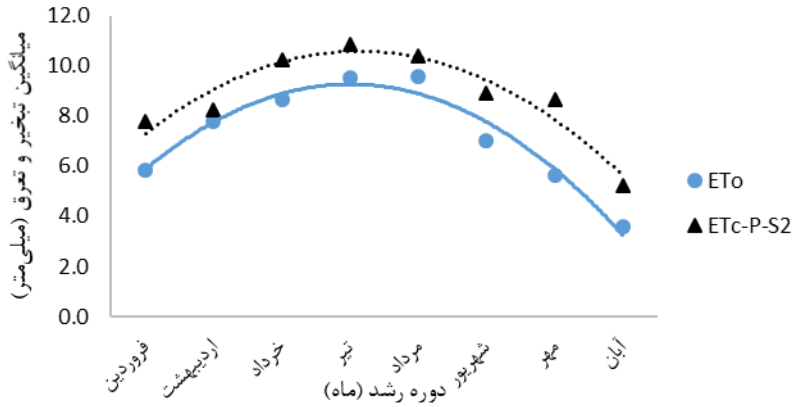
شکل ۲- تبخیر و تعرق مرجع و تبخیر و تعرق واقعی در طول فصل رشد برای سالیکورنیا گونه بیگلووی در شوری هشت دسی‌زیمنس بر متر (B-S1: گونه بیگلووی سطح شوری یک)



شکل ۳- تبخیر و تعرق مرجع و تبخیر و تعرق واقعی در طول فصل رشد برای سالیکورنیا گونه بیگلووی در شوری ۲۵ دسی‌زیمنس بر متر (B-S2: گونه بیگلووی سطح شوری دو)

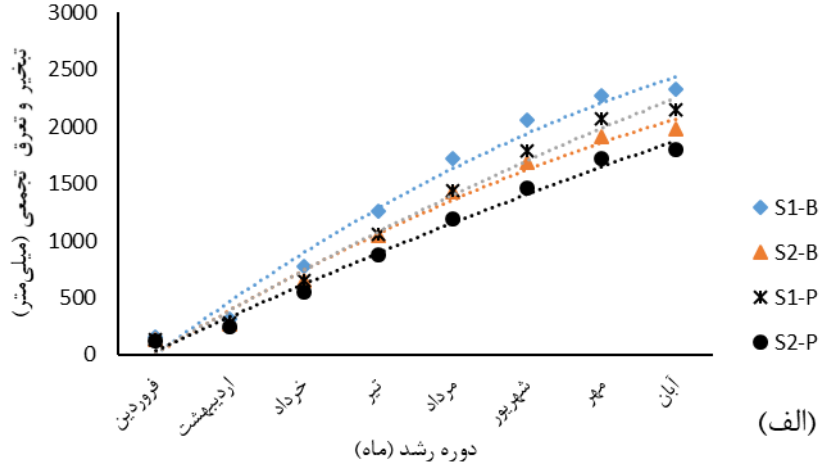


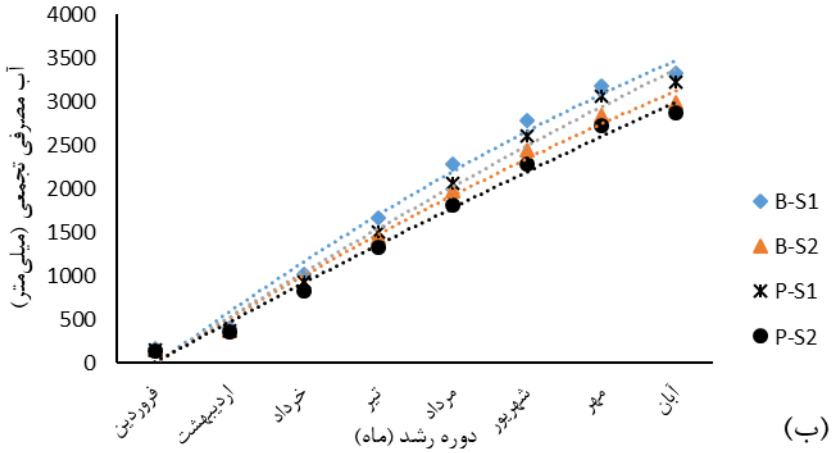
شکل ۴- تبخیر و تعرق مرجع و تبخیر و تعرق واقعی در طول فصل رشد برای سالیکورنیا گونه پرسیکا در شوری هشت دسی‌زیمنس بر متر (P-S1: گونه پرسیکا سطح شوری یک)



شکل ۵- تبخیر و تعرق مرجع و تبخیر و تعرق واقعی در طول فصل رشد برای سالیکورنیا گونه پرسیکا در شوری ۲۵ دسی‌زیمنس بر متر (P-S2: گونه پرسیکا سطح شوری دو)

شکل ٦ میزان تبخیر و تعرق تجمعی و آب مصرفی (تبخیر و تعرق و نیاز آبشویی) در طول دوره رشد در تیمارهای مختلف را نشان می‌دهد. همان‌گونه که دیده می‌شود میزان تبخیر و تعرق تجمعی در فصل رشد در سطوح شوری یکسان، در گونه بیگلووی بیشتر از گونه پرسیکا می‌باشد. با افزایش شوری در هر دو گونه میزان تبخیر و تعرق تجمعی کاهش یافته است. بر اساس مطالعاتی که توسط محققان دیگر نیز انجام یافته نشان می‌دهد امکان کشت سالیکورنیا با آب شور وجود داشته و نیاز آبی بالایی که در این تحقیق (۲۸٦۸ میلی‌متر تا ۳۳۳۰ میلی‌متر) به‌دست آمد، توسط دیگر محققان نیز در مورد سالیکورنیا گزارش شده است. برای مثال گراتان و همکاران (۲۰۰۸) بیان نمودند که گیاه سالیکورنیا در صورت آبیاری با آب دریا (با شوری ۵۲ دسی زیمنس بر متر) و یا آب زهکشی بسیار شور (٤۹ دسی زیمنس بر متر)، بین ۱/۵ تا ۲/۵ برابر تبخیر تشتک به آب نیاز دارد. در مطالعه گراتان و همکاران (۲۰۰۸) نیز تبخیر و تعرق صورت گرفته از لایسیمترهای سالیکورنیا بین ٤ تا ٦ برابر تبخیر صورت گرفته از خاک لخت عنوان شده است که بیانگر شدت بالای تعرق این گیاه نسبت به مجموع تبخیر و تعرق از سطح مزرعه می‌باشد. بر طبق گزارش گراتان و همکاران (۲۰۰۸) نسبت تعرق به تبخیر و تعرق سالیکورنیا در طول فصل رشد به بیشتر از ۷۸ درصد نیز می‌رسد. همچنین گلن و همکاران (۱۹۹۸) بیان نمودند که تبخیر و تعرق واقعی صورت گرفته از لایسیمترها در حدود ٦۵ درصد عمق آب کاربردی در تمامی تیمارها بوده است. در این مطالعه، میانگین نسبت تبخیر و تعرق واقعی صورت گرفته از لایسیمترهای تحت کشت سالیکورنیا به میزان تبخیر از تشتک (Epan) طی دو سال متوالی آزمایش به‌ترتیب حدود ۱/۰۱ و ۱/٤٦ بود.

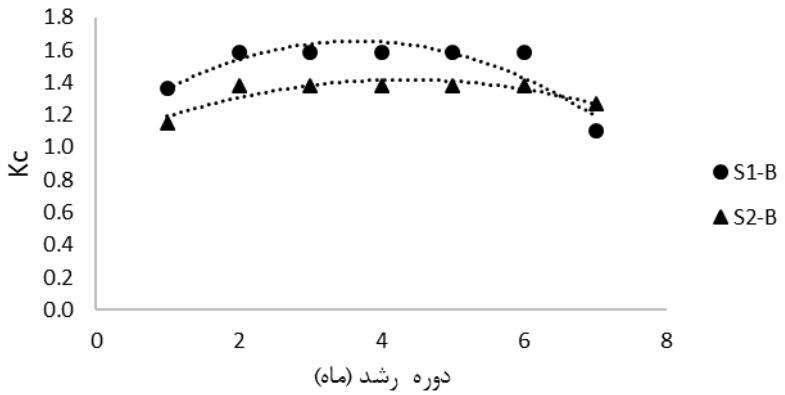




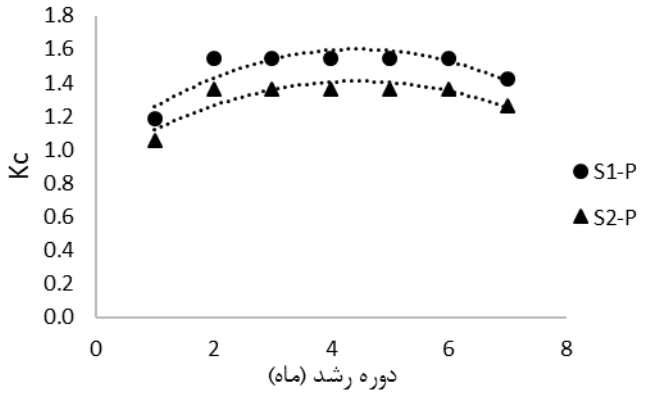
شکل ۶- میزان تبخیر و تعرق (الف) و آب مصرفی (ب) تجمعی دو گونه سالیکورنیا در تیمارهای مختلف (علائم B-S1 و B-S2 به‌ترتیب بیانگر گونه بیگلووی در سطح شوری یک و دو و علائم P-S1 و P-S2 به‌ترتیب بیانگر گونه پرسیکا سطح شوری یک و دو می‌باشند)

ضریب گیاهی

شکل ۷ ضریب گیاهی سالیکورنیا گونه بیگلووی در دو شوری متفاوت در فصل رشد را نشان می‌دهد. همان‌گونه که دیده می‌شود منحنی ضریب گیاهی در شوری هشت دسی زیمنس بر متر بالاتر از منحنی ضریب گیاهی در شوری ۲۵ دسی زیمنس بر متر است. در انتهای فصل رشد (مهر و آبان) منحنی ضریب گیاهی در شوری ۲۵ دسی زیمنس بر متر بالاتر از منحنی ضریب گیاهی در شوری هشت دسی زیمنس بر متر می‌باشد. شکل ۸ میانگین ماهانه ضریب گیاهی سالیکورنیا گونه پرسیکا در دو شوری متفاوت در فصل رشد را نشان می‌دهد. همان‌گونه که دیده می‌شود منحنی ضریب گیاهی در شوری هشت دسی زیمنس بر متر در تمامی طول فصل رشد بالاتر از منحنی ضریب گیاهی در شوری ۲۵ دسی زیمنس بر متر قرار دارد. در تحقیق حاضر ضریب گیاهی سالیکورنیا در مراحل مختلف رشد در شوری ۸ $dS.m^{-1}$ در گونه بیگلووی در ابتدا، میانه و انتهای فصل به‌ترتیب ۱/۱۸، ۱/۵۵ و ۱/۴۲ و در شوری ۲۵ $dS.m^{-1}$ به‌ترتیب برابر ۱/۰۶، ۱/۳۷ و ۱/۲۶ بود. مقدار ضریب گیاهی در شوری ۸ $dS.m^{-1}$ در گونه پرسیکا در ابتدا و میانه و انتهای فصل به‌ترتیب ۱/۳۷، ۱/۵۸ و ۱/۱۰ و در شوری ۲۵ $dS.m^{-1}$ به‌ترتیب برابر ۱/۱۵، ۱/۳۸ و ۱/۲۷ به‌دست آمد. در این خصوص نیز مطالعاتی در دست است، به‌عنوان نمونه می‌توان به مطالعه بنز و همکاران (۲۰۰۵) اشاره کرد که ضریب گیاهی سالیکورنیا را برای مزارع آزمایشی تحت شرایط شور، ۱/۱ به‌دست آورده‌اند.



شکل ۷- ضریب گیاهی سالیکورنیا – بیگلووی در دو شوری متفاوت در فصل رشد (علائم مشابه شکل ۶)

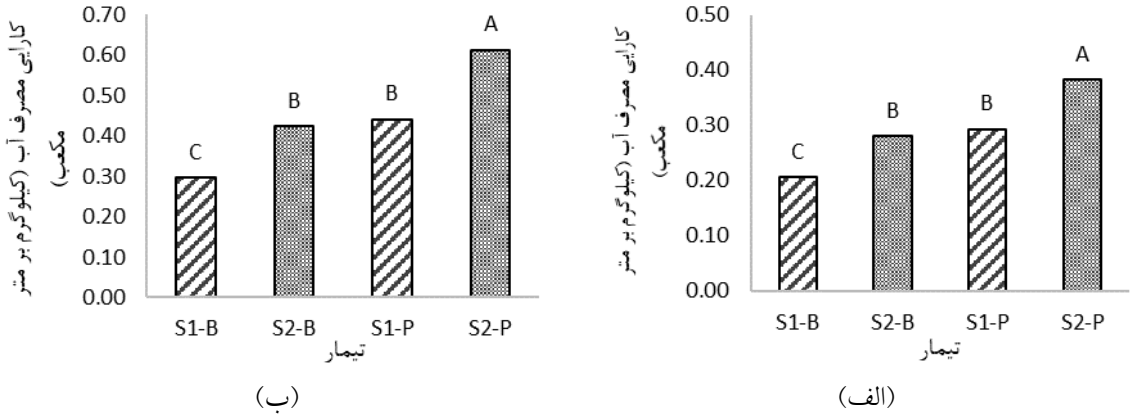


شکل ۸- ضریب گیاهی سالیکورنیا – پرسیکا در دو شوری متفاوت در فصل رشد (علائم مشابه شکل ۶)

رابطه بین عملکرد و آب مصرفی

در این پژوهش شاخص کارآیی مصرف آب (میزان تولید بر میزان آب مصرفی) بر اساس اندازه‌گیری‌های حجم آب مصرفی و عملکرد محصول در هر تیمار محاسبه گردید. حجم آب مصرفی تیمارها و تکرارهای مختلف (به‌صورت غرقابی) بین ۲۸٦۸ تا ۳۳۳۰ میلی‌متر (معادل ۲۸٦۷۹ تا ۳۳۳۰٤ مترمکعب در هکتار) و عملکرد دانه گیاه سالیکورنیا در تیمارها و تکرارهای مختلف بین ۱٤٦۵ تا ۲۹۷٤ کیلوگرم بر هکتار متغیر بود. سوزا و همکاران (۲۰۱۸) در تحقیقات خود اثر معنی‌دار گونه و شوری بر عملکرد سالیکورنیا را گزارش نموده‌اند. آنان افزایش عملکرد در شرایط کشت با شوری‌های متوسط (غلظت حدود ۸٦ مولار NaCl) را گزارش نمودند. بر اساس اندازه‌گیری‌ها و محاسبات انجام شده آب مصرفی، شاخص کارآیی مصرف آب سالیکورنیا (WUE) ۰/۲۱ تا ۰/۳۸ کیلوگرم بر مترمکعب بود (شکل ۹ الف). کارآیی مصرف آب بر اساس اندازه‌گیری‌های حجم تبخیر و تعرق و عملکرد محصول در هر تیمار در شکل ۹ ب آورده شده است. بر اساس اندازه‌گیری‌ها و محاسبات انجام شده، شاخص کارآیی مصرف آب سالیکورنیا (WUE) بر اساس تبخیر و تعرق بین ۰/۲۹ تا ۰/٦۱ کیلوگرم بر مترمکعب متغیر می‌باشد (شکل ۹ ب). این نتایج نشان‌دهنده این است که این گیاه دارای کارایی مصرف آب کمتری نسبت به گیاهان زارعی معمول می‌باشد. با توجه به اینکه شاخص کارآئی مصرف آب از تقسیم میزان عملکرد بر حجم آب مصرفی به دست می‌آید و در اثر افزایش شوری آب آبیاری از ۸ به ۲۵ دسی زیمنس بر متر، صورت کسر افزایش یافته و مخرج کسر با کاهش معنی‌دار همراه بوده است، لذا این شاخص با افزایش شوری آب آبیاری از ۸ به ۲۵ دسی زیمنس بر متر، افزایش یافت. بر اساس مطالعات محققان مختلف مانند سوزا و همکاران (۲۰۱۸) و روزما و اسکات (۲۰۱۳)، مغایب و همکاران (۲۰۰٤) با افزایش شوری در ابتدا مقدار وزن خشک اندام هوایی سالیکورنیا افزایش یافت، ولی با افزایش مقدار بیشتر غلظت سدیم، مقدار وزن خشک اندام هوایی کاهش یافت به‌طوری‌که در غلظت ۳٤۰ میلی مولار سدیم مقدار وزن خشک اندام هوایی به کمتر از مقدار شاهد (در غلظت صفر سدیم) رسید. کوربان و همکاران (۱۹۹۹) نیز در تحقیقات خود بر روی سالیکورنیا گونه بیگلووی گزارش نمودند که اثر شوری در غلظت‌های پایین‌تر می‌تواند موجب بهبود رشد گیاه گردد. در عین حال بر اساس نتایج محققانی مانند احمد و همکاران (۲۰۱۲)، با افزایش شوری آب آبیاری، پتانسیل آب در گیاه سالیکورنیا به شدت منفی می‌گردد، لذا این گیاه در پاسخ به شدت شوری، با تنظیم اسموتیکی موجب کاهش مقدار تبخیر و تعرق می‌گردد؛ بنابراین افزایش عملکرد از یکسو و کاهش تبخیر و تعرق از سویی دیگر موجب افزایش کارایی مصرف آب این گیاه با افزایش شوری آب آبیاری از ۸ به ۲۵ دسی زیمنس بر متر گردید.

گلن و همکاران (۱۹۹۷) بیان نمودند که تحقیقات متعددی نشانگر مقدار آب مصرفی بالا و دوره کوتاه آبیاری برای سالیکورنیا هستند. همچنین کاربرد شوری‌های بالا ممکن است باعث کاهش عملکرد گردد که یک استراتژی برای جلوگیری از این کاهش، آبیاری روزانه تا حدی که آبشویی نیز رخ دهد، می‌باشد. آنان همچنین بیان نمودند که آبیاری روزانه موجب افزایش تبخیر سطحی و افزایش شوری محلول خاک می‌شود، مگر اینکه مقدار آب آبیاری بیشتر از مقدار تبخیر پتانسیل باشد. همچنین طبق نظر گلن و همکاران (۱۹۹۷) برای رسیدن به بیشترین عملکرد در گیاه سالیکورنیا، شوری در ناحیه ریشه (صفر تا ۱۵ سانتی‌متری برای این گیاه) بایستی در حدود ۷۰ تا ۷۵ گرم بر لیتر نگه‌داشته شود. سوزا و همکاران (۲۰۱۸) و روزما و اسکات (۲۰۱۳) در تحقیقات خود بیان نمودند که عملکرد گونه‌های متفاوت سالیکورنیا در شوری‌های متوسط رشد حداکثری نسبت به شرایط کنترل یا بدون شوری داشتند. صالحی و همکاران (۱۳۹۶) بیان نمودند که میزان تولید این گیاه در شرایط اقلیم یزد با مدیریت مناسب و آبیاری با آب با هدایت الکتریکی ۱۵ دسی زیمنس بر متر در گونه سالیکورنیا بیگلوی ۱/۹ تن در هکتار و گونه پرسیکا ۱/۵ تن در هکتار بود. به‌منظور رسیدن به حداکثر عملکرد با توجه به حساسیت گیاه به طول روز باید تاریخ کاشت گیاه در زمان مناسب با توجه به فتوپریود منطقه انجام شده و همچنین نیاز آبی و کودی گیاه در مراحل حساس رشدی گیاه تأمین شود. رحیمیان و همکاران (۱۳۹۷) گزارش نمودند که بر اساس حجم آب مصرفی (با شوری آب آبیاری حدود ۵۵ دسی زیمنس بر متر) و عملکرد ماده خشک سالیکورنیا در منطقه بوشهر، شاخص کارآیی مصرف آب برای علوفه خشک سالیکورنیا (WUE) بین ۰/۱۵ تا ۰/۴۴ کیلوگرم بر مترمکعب متغیر بود. آنان همچنین بیان نمودند که اگرچه محدودیت فیزیکی منابع آب برای تأمین نیاز آبی سالیکورنیا در منطقه مطالعاتی وجود ندارد، اما با توجه به شوری آب دریا و پیش‌بینی ورود حجم قابل توجهی از آب‌های شور به مزارع سالیکورنیا، خطر شور شدن و از بین رفتن تدریجی خاک در آینده وجود خواهد داشت. مضافاً اینکه، پیش‌بینی‌ها حکایت از وقوع نفوذ عمقی قابل توجه آب در مزارع سالیکورنیا داشته که توجه جدی به مسئله زهکشی اراضی تحت آبیاری، جلوگیری از افزایش سطح ایستایی و کاهش مخاطرات زیست‌محیطی مربوطه در آینده را ضروری و غیرقابل اجتناب خواهد کرد. محمدی و همکاران (۱۳۸۹) در مقایسه میانگین تیمارهای شوری بیشترین رشد و ماده خشک تولید شده را در شوری ۲۰۰ میلی مولار به‌دست آمد و کمترین مقدار وزن خشک در بیشترین تیمار شوری یعنی ۶۰۰ میلی مولار به‌دست آمد.



شکل ۹- کارایی مصرف آب در تیمارهای مختلف (الف) بر اساس آب مصرفی و (ب) بر اساس تبخیر و تعرق (علائم مشابه شکل ۶)

اندازه‌گیری شوری خاک پس از اتمام فصل رشد در خاک لایسیمترها با توجه به ضریب آبشویی اعمال شده (حدود ۲۵ درصد) نشان داد که به‌صورت میانگین در لایسیمترهای با تیمارهای آب آبیاری با شوری ۸ و ۲۵ دسی زیمنس بر متر شوری خاک در لایسیمترهای دارای گونه بیگلووی به‌ترتیب ۱۲/۲٤ و ۳۳/۰۰ دسی زیمنس بر متر، در لایسیمترهای دارای گونه پرسیکا به‌ترتیب ۱۲/۷٤ و ۲۷/٦۳ دسی زیمنس بر متر بود.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج نشان می‌دهد که بیشترین مقدار تبخیر و تعرق در منطقه در ماه‌های خرداد، تیر و مرداد روی داده است و مقدار تبخیر و تعرق واقعی در طول فصل رشد بیشتر از تبخیر و تعرق مرجع می‌باشد و تنها در انتهای فصل مقدار تبخیر و تعرق مرجع و واقعی مقدار نزدیک به هم دارند. همچنین افزایش درجه شوری از ۸ به ۲۵ دسی زیمنس بر متر در هر دو گونه موجب افزایش معنی‌دار عملکرد دانه شد. بررسی میزان تبخیر و تعرق تجمعی در طول دوره رشد در تیمارهای مختلف نشان می‌دهد که این پارامتر در سطوح شوری برابر در گونه بیگلووی بیشتر از گونه پرسیکا بوده و با افزایش شوری در هر دو گونه میزان تبخیر و تعرق تجمعی کاهش یافته است. همچنین میزان آب مصرفی در فصل رشد در سطوح شوری برابر در گونه بیگلووی نسبت به گونه پرسیکا بیشتر بوده و با افزایش شوری از ۸ به ۲۵ دسی زیمنس به متر در هر دو گونه میزان آب مصرفی کاهش یافته است. حجم آب مصرفی تیمارها و تکرارهای مختلف بین ۲۸ تا ۳۳ هزار مترمکعب در هکتار متغیر بوده است و با در نظر گرفتن طول دوره رشد سالیکورنیا (حدود هفت ماه) و در مقایسه با نیاز آبی سایر گیاهان، این مقادیر اعداد بالایی به شمار می‌آیند. علاوه بر این باید در نظر داشت که پتانسیل تبخیری اتمسفر[1] در منطقه یزد به‌دلیل دمای بالا و رطوبت نسبی پایین هوا بالا بوده و با در نظر گرفتن مسئله آبشویی، این موارد از دلایل اصلی بالا بودن نیاز آبی سالیکورنیا در این منطقه محسوب می‌شود. مطالعه ضریب گیاهی سالیکورنیا (هر دو گونه بیگلووی و پرسیکا) در دو شوری متفاوت نشان می‌دهد منحنی ضریب گیاهی در شوری هشت دسی زیمنس بر متر بالاتر از منحنی ضریب گیاهی در شوری ۲۵ دسی زیمنس بر متر است. محاسبه کارایی مصرف آب بر اساس اندازه‌گیری‌های انجام شده، نشان داد که شاخص کارآیی مصرف آب سالیکورنیا (WUE) بین ۰/۲۱ تا ۰/۳۸ کیلوگرم بر مترمکعب متغیر بوده است و که این گیاه دارای کارایی مصرف آب کمتری نسبت به گیاهان زارعی معمول است. همچنین کارایی مصرف آب در گونه پرسیکا بیشتر از گونه بیگلووی بود.

سپاسگزاری

مولفان بدین وسیله مراتب تشکر و قدردانی خود را از شرکت توسعه منابع آب و نیروی ایران به دلیل حمایت‌های انجام یافته در راستای این تحقیق اعلام می‌دارد.

[1] -Evaporation demand of the atmosphere

فهرست منابع

۱. بیرامی، ح. رحیمیان، م.ح. دهقانی، ف. رنجبر، غ.ح. هاشمی‌نژاد، ی. ۱۳۹۸. تأثیر شوری آب آبیاری بر عملکرد و اجزاء عملکرد دو گونه سالیکورنیا (*S. bigelovii* و *Salicornia persica*). نشریه دانش کشاورزی و تولید پایدار. جلد ۲۹، شماره ۳. صفحات ۱۱۳ تا ۱۲۲.

۲. رحیمیان، م.ح.، هاشمی نژاد، م.، هاشمی نژاد، ی. و بیرامی، ح. ۱۳۹٦. برآورد تبخیر و تعرق و نیاز آبی سالیکورنیا در نوار ساحلی جنوب کشور، اولین همایش ملی شورورزی، مرکز تحقیقات شوری، یزد، ایران.

۳. رحیمیان، م.ح.، هاشمی نژاد، م.، هاشمی‌نژاد، ی. و بیرامی، ح. ۱۳۹۷. ارزیابی نیاز آبی و آبشویی سالیکورنیا در سواحل جنوبی کشور. گزارش نهایی پروژه تحقیقاتی مرکز ملی تحقیقات شوری. ۱۸۰ صفحه.

٤. رنجبر ، غ.ح. و پیرسته انوشه، هادی. ۱۳۹۷. تعیین آستانه تحمل به شوری گونه های سالیکورنیا با استفاده از آب خلیج فارس. نشریه خشک بوم. جلد ۸، شماره ۲. صفحات ۱۰۳ تا ۱۱۲.

۵. صالحی، م.، دهقانی، ف.، و ابراهیمی، ن.ق.، ۱۳۹٦. تجربه موفق تکثیر بذر سالیکورنیا با منابع آب شور. نشریه آب و توسعه پایدار. جلد ٤، شماره ۱. صفحات ۳۷ تا ٤٦.

٦. محمدی، ح.ر، اکبری، غ.ع.، خوش خلق سیما، ن.ا. و مرادی، ف. ۱۳۸۹. بررسی رشد ونمو وخواص کیفی روغن سالیکورنیا به عنوان یک گیاه شورزیست و متحمل به شوری آب دریا، همایش ملی دستاوردهای نوین در تولید گیاهان با منشاء روغنی، بجنورد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد بجنورد.

7. Ahmad, S.T., Sima, N.A.K.K. and Mirzaei, H.H. 2012. Effects of sodium chlorideon physiological aspects of *Salicornia Persica* growth. Journal of Plant Nutrition. 36: 401–414.
8. Akhani, H., Ghobadnejhad, M. and Hashemi, S. 2003. Ecology, biogeography and pollen morphology of Bienertia cycloptera Bunge ex Boiss. (*Chenopodiaceae*), an enigmatic C4 plant without Kranz anatomy. Plant Biology. 5(2):167-78.
9. Akhani, H. 2007. Diversity, biogeography, and photosynthetic pathways of Argusia and Heliotropium (Boraginaceae) in South West Asia with an analysis of phytogeographical units. Botanical Journal of the Linnean Society. 155(3): 401-25.
10. Benes, S.E., Grattan, S.R. and Robinson, P.H. 2005. Cultivation of halophytes to reduce drainage volumes on the Westside San Joaquin Valley of California. Final report to the California State University Agricultural Research Initiative (ARI). Project #00-1-003. 18 Oct. 2005.
11. Akcin, T.A., Akcin, A. and Yalcın, E. 2017. Anatomical changes induced by salinity stress in Salicornia freitagii (Amaranthaceae). Brazilian Journal of Botany. 40(4): 1013-1018.
12. Fernandez, M.D., Gallardo, M., Bonachela, S., Orgaz, F. and Fereres, E. 2000. Crop coefficient of a pepper crop grown in plastic greenhouses in Almeria, Spain. ISHS Acta Horticulturae, 537: III International Symposium on Irrigation of Horticultural Crops.
13. Flowers, T.J., Hajibagheri, M.A. and Clipson, N.J.W. 1986. Halophytes. The Quarterly Review of Biology. 61: 313–337.
14. Flowers, T.J. and Yeo, A.R. 1995. Breeding for salinity resistance in crop plants: where next? Australian Journal of Plant Physiology. 22: 875–884.
15. Flowers, T.J. 2004. Improving crop salt tolerance. Journal of Experimental Botany. 55: 307–319.
16. Flowers, T.J. and Colmer, T.D. 2008. Salinity tolerance of halophytes. New Phytologists. 179: 945–963.
17. Flowers, T.J., Galal, H.K. and Bromham, L. 2010. Evolution of halophytes: multiple origins of salt tolerance in land plants. Functional Plant Biology. 37: 604–612.

18. Glenn, E., Miyamoto, S., Moore, D. and Brown, P. 1997. Water requirements for cultivating *Salicornia bigelovii Torr*. with seawater on sand in a coastal desert environment. Journal of Arid Environments. 36(4):711-730.
19. Glenn, E.P., Brown, J.J. and O'Leary, J.W. 1998. Irrigating crops with seawater. Scientific American. 279: 76–81.
20. Glenn, E.P., Brown, J.J. and Blumwald, E. 1999. Salt tolerance and crop potential of halophytes. Critical Reviews in Plant Sciences. 18: 227–255.
21. Grattan, S.R., Benes, S.E., Peters, D.W. and Diaz, F. 2008. Feasibility of irrigating pickleweed (*Salicornia bigelovii Torr*.) with hyper-saline drainage water. Journal of Environment Quality. 37: 149–156.
22. Orlovsky, N., Japakova, U., Zhang, H. and Volis, S. 2016. Effect of salinity on seed germination, growth and ion content in dimorphic seeds of Salicornia europaea L. (*Chenopodiaceae*). Plant Diversity. 38: 183-189.
23. Olson, M.E., Gaskin, J.F. and Ghahremani-Nejad, F. 2003. Stem anatomy is congruent with molecular phylogenies placing Hypericopsis persica in Frankenia (Frankeniaceae): comments on vasicentric tracheids. Taxon. 525-532.
24. Rozema, J. and Schat, H. 2013. Salt tolerance of halophytes, research questions reviewed in the perspective of saline agriculture. Environmental and Experimental Botany. 92: 83–95.
25. Singh, D., Buhmann, A. K., Flowers, T. J., Seal, C. E. and Papenbrock, J., 2014. Salicornia as a crop plant in temperate regions: selection of genetically characterized ecotypes and optimization of their cultivation conditions.Journal of AoB Plants. 6: 1-20.
26. Singh, A., Sharma, S. and Shah, M.T. 2018. Successful Cultivation of Salicornia brachiata – A Sea Asparagus Utilizing RO Reject Water: A Sustainable Solution. International Journal of Waste Resources. 8(1): 1-5.
27. Souza, M.M., Mendes, C.R., Doncato, K.B., Badiale-Furlong, E. and Costa, C.S.B. 2018. Growth, Phenolics, Photosynthetic Pigments, and Antioxidant Response of Two New Genotypes of Sea Asparagus (*Salicornia neei Lag.*) to Salinity under Greenhouse and Field Conditions. Agriculture. 8(7): 115-133.
28. Ventura, Y., Wuddineh, W.A., Myrzabayeva, M., Alikulov, Z., Khozin-Goldberg, I., Shpigel, M., Samocha, T.M. and Sagi, M. 2011a. Effect of seawater concentration on the productivity and nutritional value of annual Salicornia and perennial Sarcocornia halophytes as leafy vegetable crops. Scientia Horticulturae. 128: 189–196.
29. Ventura, Y., Wuddineh, W.A., Shpigel, M., Samocha, T.M., Klim, B.C., Cohen, S., Shemer, Z., Santos, R. and Sagi, M. 2011b. Effects of day length on flowering and yield production of Salicornia and Sarcocornia species. Scientia Horticulturae. 130: 510–516.
30. Ventura, Y. and Sagi, M. 2013. Halophyte crop cultivation: The case for Salicornia and Sarcocornia. Environmental and Experimental Botany. 92: 144-153.

Estimation of Water Requirement and Crop Coefficients of Two Salicornia Species in Yazd

H. Beyrami[1] , M.H. Rahimian, and F. Dehghany

Assistant Professor, National Salinity Research Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Yazd, Iran.
beyrami.h@hotmail.com
Assistant Professor, National Salinity Research Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Yazd, Iran.
mhrahimian@gmail.com
Assistant Professor, National Salinity Research Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Yazd, Iran.
dehghany47@gmail.com

Received: May 2020, and Accepted: September 2020

Abstract

Water and soil resources of the country are limited, and the optimal use of water resources in agriculture requires estimation of the exact amount of water consumption by different plants in different conditions. This study was conducted to investigate evapotranspiration, crop coefficient, and water requirements of salicornia under lysimetric conditions in a factorial experiment with completely randomized design. The experimental treatments were two species of salicornia (*Salicornia bigelovii* and *Salicornia persica*) and two levels of irrigation water salinities (8 and 25 $dS.m^{-1}$) in three replications. The actual evapotranspiration (ETa), reference evapotranspiration (ET_0), and crop coefficients (Kc) of salicornia species were determined at three main salicornia growth stages. The results showed that increase in irrigation water salinity from 8 to 25 $dS.m^{-1}$caused significant changes in yield (biomass and seed yield) of the two salicornia species at the 1-percent probability level. Moreover, the amount of irrigation water consumption in different treatments and replications varied from 28 to 33 thousand cubic meters per hectare. For the salinity level of 8 $dS.m^{-1}$, the K_c values at the beginning, middle, and end of growing season of *bigelovii* specie were obtained as 1.18, 1.55, and 1.42, respectively, while for the salinity level of 25 $dS.m^{-1}$, these values were 1.06, 1.37, and 1.26, respectively. For *persica* specie, the Kc values of the beginning, middle, and end of the growing season were 1.37, 1.58, and 1.10 (for salinity level of 8 $dS.m^{-1}$) and 1.15, 1.38 and 1.27 (for salinity level of 25 $dS.m^{-1}$), respectively. In addition, water use efficiencies of salicornia varied from 0.21 to 0.38 $kg.m^{-3}$ at different treatments and species.

Keywords: Evapotranspiration, Halophyte plant, Lysimeter, Saline water, Water Use Efficiency

[1] - Corresponding author: National Salinity Research Center, Yazd, Iran.