

اثر استفاده از آب آبیاری شور بر تولید زیست توده و میزان تجمع یون ها در گیاه کوشیا

معصومه صالحی^{۱*}، محمد کافی^۲، حمید رضا صادقی پور^۳

۱. محقق مرکز ملی تحقیقات شوری؛ ۲. استاد گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه فردوسی مشهد

۳. استادیار دانشکده علوم، دانشگاه گلستان

تاریخ دریافت: ۸۹/۱/۱۱؛ تاریخ پذیرش: ۹۱/۳/۸

چکیده

یکی از راهکارهای افزایش تولید با منابع موجود استفاده از کشاورزی شورزیست می باشد. در بین شورزیست ها، کوشیا مورد توجه محققان قرار گرفته است. کوشیا گیاهی چهار کرنبه، نیمه شورزیست است که سازگاری خوبی به انواع خاک ها دارد. به منظور بررسی تاثیر تنش شوری بر میزان تجمع یون ها و عکس العمل کوشیا برای تحمل شوری، آزمایشی در هفت سطح شوری (۱/۵، ۰/۷، ۰/۴، ۰/۲۱، ۰/۲۸، ۰/۳۵ و ۰/۴۲ دسی زیمنس بر متر) با استفاده از آب زهکش با سه تکرار در طرح بلوک های کامل تصادفی در سال ۱۳۸۸ در اراضی شمال استان گلستان انجام شد. نتایج نشان داد که شوری موجب کاهش معنی دار در میزان زیست توده شد و تحمل به تنش شوری در گیاه در مراحل گلدهی (شاخص تحمل ۳۲) و رسیدگی (شاخص تحمل ۳۴) بیشتر از مرحله رویشی (شاخص تحمل ۲۴) بود. تاثیر تنش شوری بر تجمع سدیم، پتاسیم و کلر در گیاه معنی دار بود و بیشترین میزان یون ها در برگ تجمع یافت. سیستم ریشه ای این گیاه در جذب و انتقال سدیم به اندام هوایی انتخابی عمل کرد. به علاوه با افزایش میزان سدیم در محیط توسعه ریشه گیاه، جذب انتخابی برای پتاسیم افزایش یافته و توانست نسبت سدیم به پتاسیم را حفظ کند. همچنین کوشیا تحمل بالایی نسبت به تجمع کلر در برگ ها داشت. نتایج این تحقیق نشان داد که کوشیا در واقع یک گیاه خارج کننده نمک می باشد.

واژه های کلیدی: انتقال انتخابی، زیست توده، شوری، شورزیست، جذب انتخابی

مقدمه

چون تداخلی با تولید غذا و علوفه در اراضی مستعد ندارد و زیست توده قابل توجهی تولید می کند (Kernan et al., 1986).

عمده مشکل شوری در گیاهان عالی به دلیل تجمع مقادیر بیش از حد کلرید سدیم می باشد که بطور گسترده در مناطق ساحلی، خاک های مناطق خشک و زمین های فاریاب پخش شده است (Munns, 2002). شورزیست ها راهکارهای متفاوتی برای مقابله با شوری دارند. این راهکارها شامل کاهش میزان تجمع سدیم و کلر در سیتوپلاسم نسبت به محلول خاک می باشد که موجب می شود فعالیت های بیوشیمیایی سیتوپلاسم تحت تاثیر نمک قرار نگیرد (Stoery et al., 1983) و راهکار دیگر کاهش میزان پتانسیل محلول سلول نسبت به محیط خاک است (Yeo and Flowers, 1980; Adams et al., 1992). گونه هایی که نمی توانند از جذب نمک

مطالعات متعدد نشان داده است که در اراضی شور، کوشیا تولید زیست توده قابل توجهی می کند (Green et al., 1986; Steppuhn et al., 2005; Jami Al Ahmadi and Kafi, 2008; Kafi et al., 2010). علاوه بر مقاومت به شوری، کوشیا به دلیل ریشه عمیق به خوبی برای جذب آب رقابت می کند (Madrid et al., 1996; Foster, 1980). شروود (Sherrod, 1971) گزارش کرد که تولید ماده خشک در کوشیا تحت شرایط بدون آبیاری و با آبیاری به حدود ۱۱/۳ و ۲۶ تن در هکتار می رسد. تحمل به شوری و خشکی کوشیا موجب شده این گیاه به عنوان یک گیاه علوفه ای هنگامی که با آب شور در نواحی خشک آبیاری می شود مورد توجه قرار گیرد (Jami Al Ahmadi and Kafi, 2008). کوشیا به عنوان یک گیاه علوفه ای خوشخوراک شناخته شده است (Green et al., 1986). این گیاه به عنوان یک سوخت زیستی نیز مناسب می باشد،

ژن‌های HKT نقش مهمی در جذب مجدد سدیم از آوند چوب دارند (Sunarpi et al., 2005). هدف از این آزمایش تاثیر استفاده از آب شور بر تولید زیست توده در سه مرحله رشد رویشی، گلدهی و رسیدگی و میزان تجمع یون‌های سدیم، کلر و پتاسیم و بررسی میزان تبعیض گیاه برای جذب و انتقال سدیم در سه مرحله رشدی در تیمارهای مختلف آب شور در توده بومی سبزوارکوشیا می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش بر مبنای طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار و هفت سطح شوری آب زهکش در سال ۱۳۸۸ در مزرعه نمونه ارتش در شمال استان گلستان انجام شد. این مکان در طول ۵۴°۴۲' شرقی و عرض جغرافیایی ۳۷°۱۲' شمالی و ۵ متر زیر سطح دریا و در ۵۰ کیلومتری گرگان قرار گرفته است. میانگین بارندگی سالانه ۳۳۰ میلی‌متر است که بیش از ۸۰ درصد آن در پاییز و زمستان اتفاق می‌افتد. رطوبت نسبی این منطقه ۷۰ درصد می‌باشد. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در جدول ۱ خلاصه شده است. رطوبت ظرفیت زراعی و نقطه پژمردگی با استفاده از صفحات فشاری تعیین شد.

تیمارهای شوری شامل هفت سطح شوری آب ۱/۵ (S₁)، ۷ (S₂)، ۱۴ (S₃)، ۲۱ (S₄)، ۲۸ (S₅)، ۳۵ (S₆) و ۴۲ (S₇) دسی‌زیمنس بر متر بود. آب شور برای هر تیمار با مخلوط کردن دو منبع آب شور (۳۲۵ dSm⁻¹) و آب غیر شور (۰/۹ dSm⁻¹) با استفاده از معادله [۱] بدست آمد (Hanson, 1999). دو منبع آب در یک مخزن ۵۰۰۰ لیتری مخلوط شدند و میزان شوری آب با دستگاه اندازه گیری هدایت الکتریکی (EC^۳) مدل WTW اندازه گیری شد. ترکیب شیمیایی آب مورد استفاده در جدول ۲ ذکر شده است.

$$EC = \frac{ECs(vs) + ECi(vi)}{vs + vi} \quad [1]$$

که در آن ECs = شوری منبع آب شور، ECi = شوری منبع آب غیر شور، Vs = حجم آب شور، Vi = حجم آب غیر شور هستند.

جولوگیری کنند، باید راه‌های دیگری جهت مدیریت نمک رسیده به برگ‌ها توسط جریان تعرق و نمک تجمع یافته در طول زمان اتخاذ کنند. در سلول‌های برگ‌های مورد نظر تجمع نمک خیلی زود به حد غلظت کشنده می‌رسد، مگر اینکه آن‌ها بتوانند نمک را در واکوئل‌ها تثبیت کنند، بدین طریق سیتوپلاسم از سمیت یون حفظ می‌شود. شوریست‌هایی که به این کده‌بندی دست یافته‌اند و می‌توانند در بافت‌های برگ‌گی خود غلظت‌های بالاتر از ۵۰۰ میلی‌مولار نمک را نگه دارند. برگ‌های جو نیز می‌توانند مانند بعضی از این گونه‌ها غلظت‌های نزدیک به ۵۰۰ میلی‌مولار را بدون صدمه دیدن تحمل کنند (Munns et al., 2006). جدا کردن تاثیر سدیم و کلر در تنش شوری در گیاهان کمتر مورد بررسی قرار گرفته و بیشتر تحقیقات روی تاثیر سدیم می‌باشد. شوری زیاد در اثر کلرید سدیم سه مشکل عمده شامل کاهش پتانسیل اسمزی، اختلال در جذب و انتقال یون‌های غذایی مانند پتاسیم و کلسیم و اثرات سمیت مستقیم روی غشاها و سیستم‌های آنزیمی برای گیاهان عالی ایجاد می‌کند (Munns, 2002).

گیاهان مختلف برای جذب سدیم نسبت به پتاسیم عکس‌العمل متفاوتی نشان می‌دهند. برای مثال سیستم ریشه‌ای سوئدا (*Suaeda maritima* L. Dum.) ظرفیت ضعیفی برای جذب پتاسیم نسبت به سدیم دارد و میزان زیادی سدیم را در ساقه انباشته می‌کند (Yeo and Flowers, 1980). برخی گیاهان مانند پوکسینیل (*Puccinella tenuiflora*) از خانواده گندمیان ظرفیت بالایی در جذب پتاسیم نسبت به سدیم دارند، زیرا میزان سدیم در ساقه آن کمتر از گیاهان تجمع دهنده نمک می‌باشد (Wang et al., 2002). کاهش میزان ورود سدیم به جریان تعرق از طریق سلول‌های ریشه یکی از راهکارهای حفظ نسبت پتاسیم به سدیم در گیاهان تحت تنش شوری می‌باشد، این راهکار توسط آنتی‌پورتر Na⁺/H⁺ غشاء پلاسمایی (SOS¹) و ناقل پتاسیم (HKT^۳) انجام می‌شود (Chinnusamy et al., 2005). در گیاهانی مانند آرابیدوپسیس (Uozumi et al., 2000)، اوکالیپتوس (Liu et al., 2001) و گندم (Rubio et al., 1995) تمایل کمی برای انتقال سدیم تحت تنش شوری وجود دارد. شواهد نشان می‌دهد که

¹ -Salt Overly Sensitive

² -High affinity K Transporter

³ - Electrical Conductivity

سدیم از قانون جذب انتخابی که عبارت است از نسبت سدیم به پتاسیم در منطقه توسعه ریشه تقسیم بر نسبت سدیم به پتاسیم در کل گیاه استفاده گردید (Pitman, 1984). به منظور بررسی انتقال انتخابی یون‌ها از ریشه و برگ‌ها از انتقال انتخابی که عبارت است از نسبت سدیم به پتاسیم در ریشه تقسیم بر نسبت سدیم به پتاسیم در برگ استفاده گردید (Wang and Zhu, 1994).

در مرحله رویشی، اواسط مرحله گلدهی و رسیدگی گیاه کوشیا از ۰/۱۶۵ متر مربع برداشت شد میزان ماده خشک بعد از خشک شدن در آون به مدت ۷۲ ساعت اندازه گیری شد. میزان تولید زیست توده بر اساس عملکرد نسبی (Yr) محاسبه شد، که در آن Y زیست توده تولیدی در شرایط شور و Ym تولید در شرایط غیر شور و یا شوری کم است (معادله ۲) (Maas, 1990):

$$Yr = Y / Ym \quad [۲]$$

$$Yr = \frac{1}{1 + (C/C_{50})^{\exp(sC_{50})}} \quad [۳]$$

$$STI = C_{50} + sC_{50} \quad [۴]$$

اندازه کرت‌ها ۳×۳ متر در نظر گرفته شد و کرت‌ها از هم ۳ متر فاصله داشتند. بعد از سبز شدن بذر، بوته‌ها به تعداد ۲۰ بوته در مترمربع با فاصله ۱۰ سانتی‌متر بین بوته‌ها و ۵۵ سانتی‌متر بین ردیف‌ها تنک شدند. منشا بذر از توده سبزوار استان خراسان رضوی انتخاب شده بودند. در این آزمایش نمونه‌گیری در سه مرحله رشدی رویشی (زمانی که کنوبی گیاه بسته شد)، زایشی (۵۰٪ گلدهی) و رسیدگی (زمان تغییر رنگ برگ‌ها) انجام شد و بوته‌ها به طور کامل با آب مقطر شستشو شدند. برگ، ساقه و ریشه از یکدیگر جدا شده و پس از خشک شدن آسیاب شد و میزان یون‌های سدیم و پتاسیم بعد از تبدیل شدن نمونه‌ها به خاکستر با دستگاه فلیم فوتومتر مدل JENWAY و میزان کلر با روش دیاتولوف و رنجل (Diatolff and Rengel, 2001) با دستگاه اسپکتوفتومتر مدل PHARMECIA اندازه گیری شد. در همین مراحل نیز نمونه خاک از عمق‌های ۰-۳۰، ۳۰-۶۰ و ۶۰-۹۰ سانتی‌متری خاک گرفته شد و میزان یونهای سدیم، پتاسیم و کلر آن اندازه گیری شد. به منظور بررسی ظرفیت جذب انتخابی پتاسیم سیستم ریشه گیاه نسبت به

جدول ۱. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش.

Table 1. Soil physical and chemical properties of the experimental field

عمق خاک (سانتی‌متر) Soil depth (cm)	θ_{fc} (%)	θ_{pwp} (%)	Bd (g/cm ³)	ECe (dS/m)	pH	بافت Texture	θ_s (%)
0-30	23.4	13.0	1.50	7.01	7.7	Si-Cl-L	41.56
30-60	22.5	11.8	1.47	9.52	7.69	Si-Cl-L	42.83
60-90	23.5	11.6	1.40	7.84	7.65	Si-Cl-L	43.73

θ_{fc} و θ_{pwp} = رطوبت وزنی خاک در ظرفیت مزرعه و نقطه پژمردگی دائمی، Bd = وزن مخصوص ظاهری، ECe = هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک، θ_s = رطوبت خاک در حالت اشباع و Si-Cl-L = سیلتی، رسی و لومی.

θ_{FC} and θ_{pwp} = Gravimetric soil water content at field capacity and permanent wilting point, respectively; Bd = Bulk density; EC_e = Soil extract electrical conductivity; θ_s = saturated soil water content, Si-Cl-L = Silty Clay Loam.

جدول ۲. ترکیب شیمیایی منابع آب آبیاری.

Table 2. Chemical composition of irrigation water resources

منبع آب Water Resources	EC (dS/m)	pH	CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺
			-----Meq/l-----						
غیر شور non Saline Water	0.9	7.3	0.0	5.5	0.4	3.1	3.0	2.8	3.2
شور saline Water	325.0	8.0	0.0	5.6	940.0	3014.4	4.0	206.0	3750.0

اثر شوری در یک مرحله، در مراحل بعدی رشد نیز اثر خواهد گذاشت، به همین دلیل مطالعه اثر شوری در مراحل مختلف رشد مشکل است. معمولا گیاهان در اوایل رشد نسبت به شوری حساس تر از مراحل بعدی هستند. گیاه ذرت در مرحله رویشی نسبت به مراحل بعدی رشد، مقاوم تر است. در مقابل گیاهی نظیر چغندر قند در مرحله رویشی نسبت به نمک خیلی حساس است (Shalhevet, 1994).

تأثیر تنش شوری بر میزان تجمع سدیم، پتاسیم و کلر سطح ۵ درصد معنی دار بود. بیشترین میزان تجمع در شوری ۴۲ دسی زیمنس بر متر مشاهده شد. در بین اندامهای گیاهی بیشترین میزان سدیم تجمع یافته در برگ‌ها مشاهده گردید (جدول ۵). سدیم برگ در مرحله رویشی بیشتر از مرحله زایشی و رسیدگی بود که احتمالا به دلیل رشد سریع و تعرق بالا در این مرحله است و در مرحله زایشی با ریزش برگ‌های پیر که میزان سدیم بالایی دارند میزان سدیم تجمع یافته کاهش می‌یابد (Munns, 2002). مکان اصلی سمیت سدیم پهنک برگ می‌باشد جایی که سدیم بعد از تعرق در برگ تجمع می‌یابد (Munns, 2002). بیشتر سدیمی که به اندام‌های هوایی منتقل می‌شود در آنجا باقی می‌ماند زیرا گیاه از طریق آوند آبکش مقدار کمی از سدیم را از اندام هوایی به ریشه منتقل می‌کند. فرآیندی که میزان سدیم را در اندام هوایی کنترل می‌کند میزان بارگیری سدیم در آوند چوب ریشه می‌باشد (Munns and Tester, 2008). بالنوکین و همکاران (Balnokin et al., 2005) بیان کردند که بالاتر بودن میزان یون‌های سدیم و پتاسیم در اندام هوایی نشان دهنده این است که هر دو یون برای حفظ اختلاف پتانسیل اسمزی از ریشه به ساقه نقش دارند. میزان پتاسیم برگ در مرحله رویشی حتی در تیمار غیر شور نیز حدودا دو برابر سدیم بود و در شوری ۴۲ دسی زیمنس بر متر به حدود ۱/۵۸ برابر کاهش یافت. در مرحله گلدهی این نسبت ۱/۸ است و با افزایش شوری بدون تغییر باقی ماند. کرنان و همکاران (Kernan et al., 1986) بیان کردند که غلظت پتاسیم در کوشیا حدود ۲/۶ تا ۲/۹ درصد وزن خشک گیاه است. صالحی و کافی (Salehi and Kafi, 2011) بیان کردند که با اعمال شوری از ۱/۵ به ۴۲ دسی زیمنس بر متر در مراحل اولیه رشدی نسبت پتاسیم به سدیم از ۱/۸۶ به ۰/۸۶ تغییر کرد. به نظر می‌

ضرایب معادله ۳ با استفاده از نرم افزار SAS و رویه NLIN (غیر خطی) و REG (رگرسیون) برآورد و رسم نمودارها با استفاده از برنامه Excel و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از روش LSD با برنامه SAS در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

نتایج و بحث

تأثیر تنش شوری بر وزن خشک اندام هوایی کوشیا در سطح ۵ درصد معنی‌دار بود. در حالی که، اختلاف معنی‌داری بین تیمار ۱/۵ و ۷ دسی زیمنس بر متر مشاهده نشد. کوشیا تحت شرایط بدون تنش در مرحله رویشی و گلدهی به ترتیب حدود ۱۶ و ۳۴ تن در هکتار علوفه خشک تولید کرد. تحت تنش شوری شدید (۴۲ دسی زیمنس بر متر) در مرحله رویشی و گلدهی به ترتیب تولید ۴ و ۱۱ تن علوفه خشک در هکتار داشت. کافی و همکاران (Kafi et al., 2010) گزارش کردند که کوشیا قادر است ۱۱ تن در هکتار در شرایط بدون تنش در استان خراسان تولید کند. تولید کوشیا در تکزاس تحت تنش خشکی و بدون تنش ۱۱/۳ و ۲۶ تن در هکتار گزارش شده است (Sherrod, 1971; Foster, 1980). در واقع در بین گزارشات موجود (Sherrod, 1971; Foster, 1980; Jami Al Ahmadi and Kafi, 2008; Kafi et al., 2010) کوشیا بالاترین میزان زیست‌توده را در شرایط اقلیمی استان گلستان تولید کرد. کوشیا گیاهی است حساس به فتوپریود بنابراین تاریخ کاشت و همچنین شرایط اقلیمی مانند رطوبت بالا بر تولید زیست توده تأثیر می‌گذارد (Salehi et al., 2009).

تابع برازش شده با معادله کاهشی تغییر یافته (معادله ۳) در مقابل تیمارهای شوری دارای ضریب تبیین ۰/۹۹ میانگین مربعات ۰/۰۰۵ یا کمتر بود (جدول ۴، شکل ۱). بر مبنای این معادله ۵۰٪ کاهش عملکرد اندام هوایی در شوری ۲۳/۴، ۳۲/۲ و ۳۳/۲ و شیب خط ۰/۰۳۲، ۰/۰۱۵ و ۰/۰۲۵ در مرحله رویشی، گلدهی و رسیدگی مشاهده شد. شاخص تحمل به تنش (STI) حاصل از معادله ۴ در مرحله رویشی کمتر از مرحله رسیدگی و گلدهی بود (جدول ۴). در مرحله رویشی ۵۰٪ کاهش عملکرد در شوری کمتری مشاهده شد و شیب خط کاهش عملکرد نیز بیشتر بود. گیاهان در مراحل مختلف رشد، حساسیت‌های مختلفی به شوری از خود بروز می‌دهند. از آنجا که

رسد توانایی گیاه برای نگهداری نسبت بالای پتاسیم به سدیم سیتوسولی در تحمل به شوری گیاه نقش مهمی داشته باشد (Shabala and Cuin, 2008).

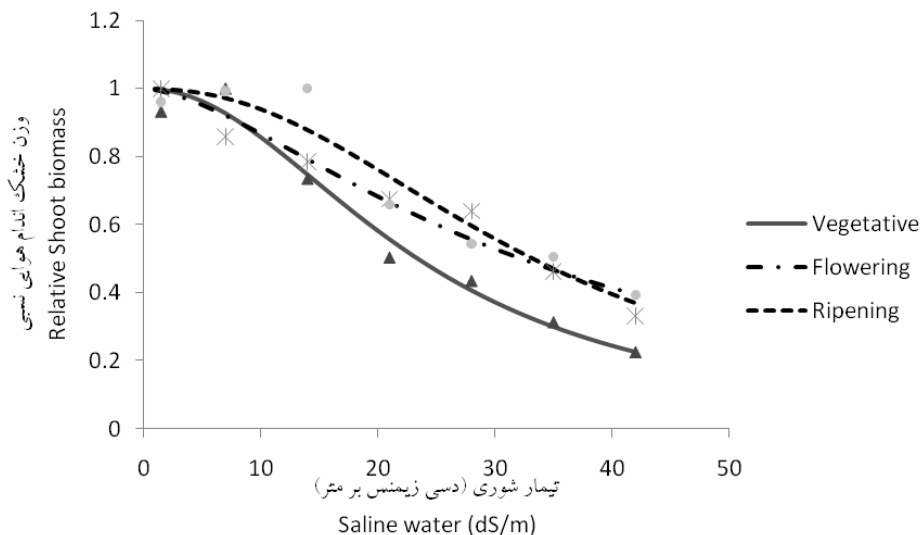
جدول ۳. تاثیر تنش شوری بر وزن خشک اندام هوایی کوشیا (گرم در متر مربع) در مرحله رویشی، گلدهی و رسیدگی

Table 3. Salinity effect on shoot dry biomass of kochia (g.m⁻²) at vegetative, flowering and ripening stages.

تیمار شوری (دسی زمینس بر متر)	وزن خشک اندام هوایی (گرم در متر مربع)		
	Shoot dry weight (gr/m ²)		
Saline water (dS/m)	رویشی Vegetative	گلدهی Flowering	رسیدگی Ripening
1.5	1601.8 a	3439.9 a	4180.6 a
7	1717.2 a	2955.1 ab	4321.6 a
14	1263.6 b	2701.2 bc	4352.2 a
21	867.1 c	2321.4 c	2868.9 b
28	749.0 cd	2199.6 c	2372.8 bc
35	541.8 de	1592.0 d	2206.2 bc
42	390.2 c	1136.0 d	1723.3 c

*زیست توده تولیدی در هر ستون دارای حروف مشابه اختلاف معنی داری در سطح ۵٪ ندارند (با روش LSD).

Shoot dry biomass followed by the same letter are not statistically different according to the least significant differences (LSD) between all pairs at the α -probability of 0.05.



شکل ۱. وزن خشک نسبی کوشیا در زمان‌های مختلف که با معادله ۳ برازش داده شده است به عنوان تابعی از آب شور (ECiw). در شکل علائم ● و * و ▲ داده‌های مشاهده شده در مرحله رویشی، گلدهی و رسیدگی می‌باشد.

Fig. 1. Relative kochia shoot biomass at growth stage as fitted to the discount equation (eq. 3) as a function of saline water (ECiw). In Figure symbols ●, *, and ▲ are observation data for vegetative, flowering and ripening stages.

جدول ۴. ضریب تبیین (R^2)، میانگین مربعات (MSER) و ۹۵٪ حدود اطمینان (95% CI) و ۵۰٪ کاهش عملکرد (C_{50} بر حسب dS/m)، S شیب خط و شاخص تحمل به تنش (STI) تابع کاهش تغییر یافته برای وزن خشک اندام هوایی کوشیا در مرحله رویشی، گلدهی و رسیدگی. شاخص تحمل به تنش (STI) از معادله ۴ گرفته شده است.

Table 4. Coefficient of determination (R^2), mean square error (MSER) and 95% confidential interval (95% CI) of C_{50} (in dS/m), S of non linear regression fit of the modified discount function for the relative shoot biomass of kochia harvested at vegetative, flowering and ripening stages. Salt tolerance index (STI) derived from eq. 4 is shown for each water treatment.

مرحله رشدی	ضریب	تخمین	SE	95% CI		R^2	MSER	STI
Growth stages	Coefficient	Estimation						
رویشی	C_{50}	23.42	1.20	20.33	26.52	0.99**	0.0026	24.16
Vegatative	s	0.032	0.005	0.017	0.033			
گلدهی	C_{50}	32.24	2.31	26.30	38.18	0.99**	0.003	32.17
Flowering	s	0.015	0.005	0.029	0.00			
رسیدگی	C_{50}	33.23	2.39	27.07	39.39	0.99**	0.005	34.06
Ripening	s	0.0025	0.008	0.005	0.04			

** معنی دار در سطح ۱٪

** Significant at 0.01 probability levels

جدول ۵. تاثیر تنش شوری بر میزان سدیم، پتاسیم و کلر برگ، ساقه، ریشه کوشیا بر حسب میلی‌گرم یون در گرم وزن خشک گیاه در سه مرحله رویشی، گلدهی و رسیدگی.

Table 5. Salinity effect on Na, K and Cl ($mg.g^{-1}$) content of kochia leaf at vegetative, flowering and ripening stages.

تیمار شوری (دسی زیمنس بر متر)	کلر ساقه Stem Cl	پتاسیم ریشه Root K	پتاسیم ساقه Stem K	پتاسیم برگ Leaf K	سدیم ریشه Root Na	سدیم ساقه Stem Na	سدیم برگ Leaf Na	کلر برگ Leaf Cl
----- مرحله رویشی ----- Vegetative stage -----								
1.5	6.5 b	2.4 a	8.3 abc	24.0 bc	4.1 b	6.3 b	12.3 b	47.6 b
7	6.8 b	2.4 a	8.7 abc	27.5 b	4.1 b	6.6 b	11.7 b	47.3 b
14	6.2 b	3.2 a	9.1 ab	28.8 b	4.6 ab	6.7 b	12.2 b	52.4 ab
21	6.3 b	3.1 a	6.6 c	26.3 b	6.1 a	5.9 b	16.4 b	60.0 a
28	6.7 b	3.2 a	7.3 bc	24.0 bc	5.0 ab	5.5 b	14.9 b	55.1 ab
35	6.3 b	3.3 a	8.1 abc	16.9 c	4.9 ab	6.4 b	12.7 b	58.1 a
42	7.8 a	3.4 a	9.6 a	43.3 a	6.1 a	9.7 a	27.4 a	55.1 ab
----- مرحله گلدهی ----- Flowering stage -----								
1.5	4.6 b	3.9 ab	10.9 a	19.0 c	5.5 d	6.6 b	10.6 b	47.7 cd
7	4.6 b	4.8 a	9.8 ab	24.5 ab	5.6 d	6.9 b	10.6 b	48.3 cd
14	4.5 b	2.1 d	7.8 cd	27.5 a	5.9 d	7.1 b	8.8 b	53.3 bc
21	4.5 b	3.7 abc	6.7 cde	25.1 ab	6.5 cd	6.5 b	11.8 b	45.9 b
28	4.9 b	3.7 abc	6.0 de	26.0 a	8.7 bc	7.6 b	13.6 b	57.5 b
35	4.9 b	2.7 cd	5.4 e	20.5 bc	9.3 b	6.6 b	12.5 b	56.5 b
42	6.9 a	3.4 bc	8.3 bc	29.8 a	11.6 a	10.0 a	16.6 a	70.9 a
----- مرحله رسیدگی ----- Ripening stage -----								
1.5	4.6 c	3.3 c	3.9 d	20.5 b	3.2 c	3.8 d	6.7 c	43.0 cd
7	5.9 b	4.1 c	2.7 d	15.2 c	4.2 c	4.1 c	7.1 c	39.1 d
14	6.5 b	7.7 ab	9.9 bc	13.9 c	7.9 b	6.1 b	9.2 bc	44.5 cd
21	6.0 b	6.2 b	8.4 c	17.5 bc	8.9 b	7.9 b	10.9 b	59.8 ab
28	8.5 a	8.1 a	10.4 b	16.7 bc	10.0 b	8.5 b	11.7 b	64.2 ab
35	8.5 a	6.7 ab	9.7 bc	12.9 c	9.1 b	9.1 b	9.1 bc	53.8 bc
42	8.7 a	8.5 a	13.8 a	28.9 a	13.3 a	13.9 a	20.5 a	68.9 a

* در هر ستون اعداد دارای حروف مشابه اختلاف معنی داری در سطح ۵٪ ندارند (با روش LSD).

In each column, numbers followed by the same letter are not statistically different according to the least significant differences (LSD) between all pairs at the α -probability of 0.05.

جدول ۶. تاثیر تنش شوری بر میزان سدیم به پتاسیم در سه مرحله رویشی، گلدهی و زایشی و جذب انتخابی یون‌ها.

Table 6. Salinity effect on Na/K at vegetative, flowering and ripening stages and selective absorption (SA) of anions.

Saline water (dS/m)	جذب انتخابی SA	نسبت سدیم به پتاسیم plant Na/K		
		رویشی Vegetative	گلدهی Flowering	رسیدگی Ripening
1.5	7.85 abc	0.68 abc	0.68 bc	0.53 cd
7	9.71 a	0.63 bc	0.72 bc	0.67 cd
14	8.13 ab	0.59 c	0.61 c	0.96 ab
21	10.27 a	0.85 a	0.80 abc	0.79 bc
28	6.73 bcd	0.77 abc	0.80 abc	0.85 abc
35	4.69 d	0.88 a	0.91 ab	1.02 a
42	5.44 cd	0.80 ab	0.97 a	0.93 ab

* در هر ستون اعداد دارای حروف مشابه اختلاف معنی داری در سطح ۵٪ ندارند (با روش LSD).

Data followed by the same letter are not statistically different according to the least significant differences (LSD) between all pairs at the α -probability of 0.05.

جدول ۷. تاثیر تنش شوری بر نسبت سدیم به پتاسیم برگ، ساقه و ریشه و انتقال انتخابی یونها از ریشه به برگ کوشیا در سه مرحله رویشی، گلدهی و رسیدگی.

Table 7. Saline water effect on Na/K ratio of leaf, stem and root and selective transportation of anions from root to leaf of kochia at vegetative, flowering and ripening stages.

آب شور (دسی‌زیمنس بر متر)	نسبت سدیم به پتاسیم ریشه Root Na/K	نسبت سدیم به پتاسیم ساقه Stem Na/K	نسبت سدیم به پتاسیم برگ leaf Na/K	انتقال انتخابی یونها از ریشه به برگ SA
-----Vegetative stage- مرحله رویشی-----				
1.5	1.54 d	0.80 b	0.57 abc	2.69
7	1.56 d	0.80 b	0.51 bc	3.07
14	1.59 cd	0.77 b	0.45 c	3.54
21	1.85 bcd	0.90 b	0.74 ab	2.48
28	2.04 abc	0.79 b	0.66 abc	3.06
35	2.10 ab	0.82 b	0.83 a	2.54
42	2.34 a	1.06 a	0.68 abc	3.42
-----Flowering stage- مرحله گلدهی-----				
1.5	1.48 d	0.66 e	0.61 ab	2.44
7	2.11 cd	0.74 de	0.52 ab	4.08
14	2.93 b	0.92 cd	0.37 b	4.86
21	2.43 bc	1.03 bc	0.55 ab	4.36
28	1.76 cd	1.33 a	0.55 ab	3.18
35	2.39 bc	1.16 ab	0.72 a	3.31
42	3.91 a	1.31 a	0.66 ab	5.95
-----Ripening stage- مرحله رسیدگی-----				
1.5	1.06 b	1.57 a	0.37 c	2.87
7	1.07 b	1.64 c	0.55 bc	1.94
14	1.55 a	0.99 b	0.83 ab	1.87
21	1.07 b	1.69 a	0.65 bc	1.64
28	1.21 ab	0.82 bc	0.70 abc	1.72
35	1.51 a	0.97 b	1.05 a	1.44
42	1.53 a	1.02 b	0.75 ab	2.04

* در هر ستون اعداد دارای حروف مشابه اختلاف معنی داری در سطح ۵٪ ندارند (با روش LSD).

Data followed by the same letter are not statistically different according to the least significant differences (LSD) between all pairs at the α -probability of 0.05.

جدول ۸. تاثیر تنش شوری بر میزان سدیم و کلر اضافه شده به خاک، میزان سدیم و کلر جذب شده توسط گیاه در مرحله رویشی، گلدهی و رسیدگی.

Table 8. Saline water effects on Na and Cl accumulation in soil, Na and Cl absorption by plant at vegetative, flowering and ripening stage.

آب شور (دسی‌زیمنس بر متر) Saline water (dS/m)	میزان سدیم اضافه شده Na accumulation in soil	Plant Na content کل گیاه			میزان کلر اضافه شده Cl accumulation in soil	Plant Cl content کل گیاه		
		رویشی Vegetative	گلدهی Flowering	رسیدگی Ripening		رویشی Vegetative	گلدهی Flowering	رسیدگی Ripening
----- کیلوگرم در هکتار --Kg.ha ⁻¹ -----								
1.5	130.5	130.8	274.2	200.1	49.4	308.4	504.7	735.8
7	559.7	141.2	224.2	224.9	212.5	333.2	414.8	771.1
14	1095.7	108.7	215.5	333.0	418.1	274.4	441.8	1108.4
21	1621.7	86.2	180.5	258.9	623.6	231.4	335.1	757.1
28	2478.7	69.4	205.8	231.7	829.1	193.7	420.8	712.2
35	2683.6	57.6	128.9	200.9	1034.6	149.0	289.3	664.9
42	3214.6	78.0	135.8	238.5	1240.2	137.5	295.8	544.7

میزان انتقال سدیم به برگ را کنترل و میزان پتاسیم بیشتری را منتقل می‌کند. با افزایش شوری میزان قدرت انتقال انتخابی گیاه افزایش و ریشه گیاه میزان انتقال سدیم از ریشه به برگ را کاهش داد (جدول ۷). نتایج نشان داد که نسبت سدیم به پتاسیم در ریشه بیشتر از برگ و ساقه است. این نتایج حاکی از بالا بودن قدرت انتقال انتخابی کوشیا برای پتاسیم از ریشه به برگ است. در مقایسه نتایج جذب و انتقال انتخابی کوشیا با گیاهان شورزیست مورد بررسی ونگ و همکاران (Wang et al., 2002) نشان داد که کوشیا نیز مانند گیاه *Echinochloa frumentacea* خارج کننده نمک می‌باشد.

با افزایش میزان شوری آب آبیاری میزان سدیم اضافه شده به خاک افزایش یافت (جدول ۸). در شوری ۱/۵ دسی زیمنس بر متر کل میزان سدیم برداشت شده توسط گیاه با میزان سدیم اضافه شده توسط آب آبیاری به خاک با هم برابر است و در زمان گلدهی سدیم تجمع یافته در گیاه دو برابر سدیم آب مصرفی بود. کوشیا یک گیاه چهارکربنه است دارای مسیر NADP-ME (Kadereit et al., 2003؛ Welkie et al., 1970) و دارای آناتومی کرانز چهارکربنه نوع kochicid است (Pyankov et al., 2007؛ Muhaidat et al., 1999). مهم‌ترین خصوصیات این مسیر چهارکربنه نیاز به سدیم به عنوان یک عنصر ریز مغذی می‌باشد (Brownell and Crossland, 1972). سدیم ممکن است نقش فیزیولوژیکی در افزایش فعالیت آنزیم فسفوفنل پیروفسفات کربوکسیلاز داشته باشد (Collins and Jones, 1986). این مهمترین عامل

نتایج آزمایش نشان داد که میزان کلر ساقه تا شوری ۳۵ دسی زیمنس بر متر تحت تاثیر قرار نگرفت و با افزایش شوری در ۴۲ دسی زیمنس بر متر افزایش معنی‌داری را نشان داد. بیشترین میزان تجمع کلر در برگ‌ها مشاهده شد (جدول ۵). میزان کلر برگ به میزان ۴۰۰ میلی مولار توسط بیشتر گیاهان قابل تحمل است، حتی گیاهان بسیار حساس مانند لیمو می‌تواند تا ۲۵۰ میلی مولار کلر را تحمل کند و احتمالا این مقدار کلر در واکنش تجمع می‌یابد (Munns and Tester, 2008). بلیسکی و فوی (Bilski and Foy, 1988) بیان کردند که میزان مقاومت کوشیا به کلر بیشتر از سولفات است.

قانون جذب انتخابی یون‌ها نشان می‌دهد که هرچه میزان ظرفیت جذب انتخابی پتاسیم بیشتر باشد به معنی این است که گیاه قادر است سدیم بیشتری را خارج کند و میزان پتاسیم بیشتری را جذب کند و نشان دهنده ظرفیت جذب بالاتر سیستم ریشه‌ای برای پتاسیم می‌باشد (Pitman, 1984). قدرت جذب انتخابی پتاسیم گیاه با افزایش شوری تا ۲۱ دسی زیمنس بر متر افزایش و بعد از آن میزان جذب انتخابی کاهش یافت (جدول ۶). در واقع با افزایش میزان سدیم در آب آبیاری قابلیت انتخابی ریشه گیاه برای جذب پتاسیم کاهش و سدیم بیشتری وارد گیاه گردید. علی‌رغم کاهش قدرت انتخابی ریشه با افزایش میزان جذب سدیم میزان جذب پتاسیم نیز افزایش یافت (جدول ۵). با این وجود به دلیل بالا بودن میزان سدیم آب آبیاری نسبت سدیم به پتاسیم در گیاه همچنان با افزایش شوری افزایش یافت (جدول ۶).

بالایی نسبت به تجمع کلر در برگ‌ها دارد. علی‌رغم اینکه کوشیا قادر است میزان سدیم بالایی را در اندام هوایی تجمع دهد ولی نمی‌توان آن را به عنوان یک گیاه زیست پالا برای کاهش سدیم خاک استفاده کرد بویژه زمانی که از آب شور استفاده می‌شود به گونه‌ای که در شوری ۷ دسی زیمنس بر متر تنها ۰.۴٪ نمک اضافه شده به خاک توسط گیاه برداشت می‌شود. در صورتی که در شرایط بدون آبیاری کشت شود موجب برداشت نمک از خاک های شور شده و هر سال با توجه به زیست توده تولیدی حدود ۲۰۰ تا ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار نمک را از خاک خارج خواهد کرد. این دو راهکار جذب و انتقال انتخابی برای حفظ نسبت سدیم به پتاسیم در کوشیا مورد استفاده قرار می‌گیرد و علی‌رغم اینکه کوشیا میزان سدیم را در حد پایین نگه می‌دارد ولی برای این کار باید انرژی بسیار زیادی را صرف کند که در نهایت موجب کاهش میزان زیست توده گیاه گردید. در واقع مزیت اصلی این گیاه نسبت به سایر شورزیست‌ها در تغذیه دام می‌تواند سیستم حفظ نسبت پتاسیم به سدیم در اندام هوایی باشد که موجب کاهش میزان سدیم برگ و افزایش کیفیت تغذیه ای گیاه می‌شود.

مقاومت به شوری در گونه‌های چهارکربنه است. ولی با افزایش شوری علی‌رغم افزایش میزان تجمع سدیم در گیاه به دلیل کاهش میزان زیست‌توده تولیدی میزان برداشت سدیم از خاک کاهش یافت (جدول ۸). با توجه به نتایج به نظر می‌رسد که در صورتی آبی با شوری ۳ دسی زیمنس بر متر مورد استفاده قرار گیرد تمامی سدیم اضافه شده به خاک توسط گیاه برداشت می‌شود.

نتیجه گیری

نتایج این تحقیق نشان داد که تحمل کوشیا به تنش شوری در مراحل گلدهی و رسیدگی بیشتر از مرحله رویشی است. کوشیا در واقع یک گیاه خارج کننده نمک است اما سدیم را تا حدودی که مورد نیاز می‌باشد در برگ تجمع می‌دهد زیرا سدیم نقش یک ریز مغذی را در کوشیا دارد. سیستم ریشه‌ای این گیاه در جذب و انتقال سدیم به اندام هوایی انتخابی عمل می‌کند. علاوه بر جذب انتخابی، انتقال سدیم از ریشه به اندام هوایی نیز به صورت انتخابی صورت می‌گیرد و همه این عوامل به کوشیا کمک می‌کند تا بتواند نسبت سدیم به پتاسیم را حفظ کند. به‌علاوه کوشیا تحمل

منابع

- Adams, P., Thomas, J.C., Vernon, D.M., Bohnert, H.J., Jensen, R.G., 1992. Distinct cellular and organistic response to salt stress. *Plant, Cell Environ.* 33, 1215-1223.
- Balnokin, Y.V., Myasoedov, N.A., Shamsutdinov, Z.S., Shamsutdinov, N.Z., 2005. Significant of Na and K for sustained hydration of organ tissues in ecologically distinct halophytes of the family Chenopodiaceae. *Russ. J. Plant Physiol.* 52, 882-890.
- Bilski, J.J., Foy, C.D., 1988. Differential tolerances of weed species to aluminum, manganese and salinity. *J. Plant Nut.* 11, 93-105.
- Brownell, P.F., Crossland, C.J., 1972. The requirement of sodium as micronutrient by species having the C4 dicarboxylic photosynthetic pathway. *Plant Physiol.* 49, 794-797.
- Chinnusamy, V., Jagendorf, A., Zhu, J.K., 2005. Understanding and improving salt tolerance in plants. *Crop Sci.* 45, 437-448.
- Collins, R.P., Jones, M.B., 1986. The influence of climatic factors on the distribution of C4 species in Europe. *Plant Ecol.* 64, 1 21-129.
- Diatloff, E., Rengel, Z., 2001. Compilation of simple spectrophotometric techniques for the determination of elements in nutrient solution. *J. Exp. Bot.* 49, 69-76.
- Foster, C., 1980. Kochia-poorman's alfalfa shows potential as feed. *Rangeland.* 2, 22-23.

- Green, D., Knipfel, J., Kernan, J., Coxworth, E., 1986. Evaluation of Kochia as a high yielding forage crop for saline soils. Soil and Crop Workshop, University of Saskatchewan, Saskatoon.
- Hanson, B.R., Grattan, S.R., Fultan, A. 1999. Agriculture salinity and drainage. Universtiy of California.
- Jami Al Ahmadi, M., Kafi, M., 2008. Kochia (*Kochia scoparia*): To be or not to be? In: Khan, M.A., Kafi, M. (eds.), Crop and Forage Production Using Saline Waters. Daya Publisher, New Delhi.
- Kadereit, G., Borsch, T., Weising, K., Freitag, H., 2003. Phylogeny of Amaranthaceae and Chenopodiaceae and the evolution of C4 photosynthesis. Inter. J. Plant Sci. 164, 959-986.
- Kafi, M., Asadi, H., Ganjeali, A., 2010. Possible utilization of high-salinity waters and application of low amounts of water for production of the halophyte *Kochia scoparia* as alternative fodder in saline agroecosystems. Agric. Water Manage. 97, 139-147.
- Kernan, J., Souslski, K., Green, D., Knipfel, J., Coxworth, E., 1986. Kochia and other forage as energy crops. Saskatchewan Research Council. R-811-1-E-86.
- Liu, W., Fairbairn, Reid, R.J., Schachtman, D.P., 2001. Characterization of two HKT1 homologus from *Eucalyptus camaldulensis* that display intrinsic osmosensing capacity. Plant Physiol. 127, 283-294.
- Maas, E. V., 1990. Crop salt tolerance. In: Tanji, K.K. (ed.), Agricultural Salinity Assessment and Management. New York, N.Y.: ASCE.
- Madrid, J., Hernandez, F., Pulgar, M. A., Cid, J. M., 1996. Nutritive value of Kochia scoparia L. and ammoniated barley straw for goats. Small Ruminant Res. 19, 213-218.
- Muhaidat, R., Sage, R.F., Dengler, N.G., 2007. Diversity of Kranz anatomy and biochemistry in C4 eudicots. Amer. J. Bot. 94, 362-381.
- Munns, R., 2002. Comparative physiology of salt and water stress. Plant Cell Environ. 25, 239-250.
- Munns, R., James, R.A., Lauchli, A., 2006. Approaches to increasing the salt tolerance of wheat and other cereals. J. Exp. Bot. 57, 1025-1043.
- Munns, R., Tester, M., 2008. Mechanisms of salinity tolerance. Ann. Rev. Plant Biol. 59, 651-681.
- Pitman, M.G., 1984. Transport across the root and shoot/root interaction. In: Staples, R.C., Toennissen, G.H. (eds.), Salinity Tolerance in Plants: Strategies for Crop Improvement. John Wiley & Sons, New York, pp. 93-123.
- Pyankov, V.I., Artyusheva, E.G., Edwards, G., 1999. Formation of C4 syndrome in leaves and cotyledons of *Kochia scoparia* and *Salsola collina* (Chenopodiaceae). Russ. J. Plant Physiol. 46, 452-466.
- Rubio, F., Gassmann, W., Schroeder, J.I., 1995. Sodium driven potassium transporter HKT1 and mutations conferring salt tolerance. Sci. 270, 1660-1663.
- Salehi, M., Kafi, M., Kiani, A. R., 2009. Growth analysis of Kochia (*Kochia scoparia* L. SCHRAD) irrigated with saline water in summer cropping, Pak. J. Botany. 41, 1861-1870
- Salehi, M., Kafi, M., 2011. Initial irrigation time with saline water on the salt tolerance and ion content of *Kochia scoparia* (L. Schrad) at seedling stages. Spanish J. Agri. Res. 2, 650-653.

- Shabala, S., Cuin, T.A., 2008. Potassium transport and plant salt tolerance. *Physiol. Plant.* 133, 651-669.
- Shalhevet, J., 1994. Using water of marginal quality for crop production: major issues. *Agric. Water Manage.* 25, 233-269.
- Sherrod, L.B., 1971. Nutritive value of *Kochia scoparia*. I. Yield and chemical composition at three stages of maturity. *Agron. J.* 63, 343-344.
- Steppuhn, H., Van Genuchten, M.T., Grieve, C.M., 2005. Root-zone salinity. II. Indices for tolerance in agricultural crops. *Crop Sci.* 45, 221-232.
- Stoery, R., Pitman, M.G., Stelzer, R., Carter, C., 1983. X-Ray Micro-Analyses of Cells and Cell Compartments of *Atriplex spongiosa*. *J. Exp. Bot.* 34, 778-794.
- Sunarpi, H.T., Motoda, J., Kubo, M., Yang, H., Yoda, K., 2005. Enhanced salt tolerance mediated by AtHKT1 transporter-induced Na⁺ unloading from xylem vessels to xylem parenchyma cells. *Plant J.* 44, 928-938.
- Uozumi, N., Kim, E.J., Rubio, F., Yamaguchi, T., Muto, S., Tsuboi, A., Bakker, E.P., Nakamura, T., Schroeder, J.I., 2000. The *Arabidopsis* HKT1 gene homolog mediates inward Na⁺ currents in *Xenopus laevis* oocytes and Na⁺ uptake in *Saccharomyces cerevisiae*. *Plant Physiol.* 122, 1249-1259.
- Wang, S., Zheng, W., Ren, J., Zhang, C., 2002. Selectivity of various types of salt resistant plants for K over Na. *J. Arid Environ.* 52, 457-472.
- Wang, S., Zhu, X.Y., 1994. Studies on the characteristics of ion absorption and distribution in *Puccinella tenuiflora*. *Acta Prataculturae Sinica* 3, 39-43.
- Welkie, G.W., Caldwell, M., 1970. Leaf anatomy of species in some dicotyledon families as related to the C₃ and C₄ pathways of carbon fixation. *Can. J. Bot.* 48, 2135-2146.
- Yeo, A., 1998. Molecular biology of salt tolerance in the context of whole plant physiology. *J. Exp. Bot.* 49, 915-929.
- Yeo, A., Flowers, T.J., 1980. Salt tolerance in the halophyte *Suaeda maritima* L. Dum: evaluation of the effect of salinity upon growth. *J. Exp. Bot.* 31, 1171-1183.

