

ارزیابی نسبت‌های مختلف کشت مخلوط سورگوم-کوشیا در شرایط متفاوت شوری

علیرضا هدایتی فیروزآبادی^۱، سیدعبدالرضا کاظمینی^۲ و هادی پیرسته انوشه^{۳*}

۱- دانش‌آموخته دکتری، دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز، ایران

۲- دانشیار، دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز، ایران

۳- نویسنده مسئول، استادیار، مرکز ملی تحقیقات شوری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، یزد، ایران

پست الکترونیک: h.pirasteh@areeo.ac.ir

تاریخ دریافت: ۹۶/۱/۱۷ تاریخ پذیرش: ۹۶/۵/۲۴

چکیده

به منظور ارزیابی عملکرد علوفه در کشت مخلوط سورگوم (*Sorghum bicolor*) - کوشیا (*Bassia indica*)، آزمایش مزرعه‌ای به صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. تیمارها شامل تنش شوری در سه سطح ۲، ۷ و ۱۴ دسی‌زیمنس بر متر در کرت‌های اصلی و سامانه کشت در پنج سطح (سورگوم خالص، ۲/۳ سورگوم، ۱/۳ سورگوم، ۱/۲ سورگوم و کوشیا خالص) در کرت‌های فرعی بود. نتایج نشان داد که تنش شوری اگرچه رشد و عملکرد علوفه هر دو گیاه را کاهش داد، ولی کوشیا کاهش عملکرد کمتری نشان داد، به طوری که تأثیر شوری ۷ دسی‌زیمنس بر متر بر ارتفاع و علوفه خشک کوشیا معنی‌داری نبود. همچنین، شوری ۱۴ دسی‌زیمنس بر متر موجب کاهش ارتفاع، علوفه خشک و تر به ترتیب به میزان ۵۲/۱، ۴۴/۹ و ۶۲/۴ درصد در سورگوم و ۱۵/۵، ۳۸/۷ و ۲۳/۳ درصد در کوشیا شد. شاخص عملکرد نسبی سورگوم در این سطح شوری به میزان ۹ درصد کاهش یافت، ولی بر عملکرد نسبی کوشیا تأثیری نداشت. کوشیا در همه سطوح شوری، پاسخ کمتری به کشت مخلوط نشان داد، به طوری که در همه تیمارها و همه صفات تفاوت معنی‌داری بین کشت مخلوط ۱/۳ و ۱/۲ سورگوم با کشت خالص مشاهده نشد. از این منظر، سامانه‌های کشت مخلوط ۱/۳ سورگوم در همه سطوح شوری و ۱/۲ سورگوم در شوری ۱۴ دسی‌زیمنس بر متر دارای عملکرد نسبی بالایی یک بود. سورگوم تأثیرپذیری نسبت به رقابت داشت، به طوری که وزن تر و خشک سورگوم تنها در کشت مخلوط ۱/۳ سورگوم نسبت به کشت خالص کمتر نبود. کشت مخلوط ۲/۳ سورگوم به ویژه در شوری بالا، بشدت عامل بازدارنده‌ای برای سورگوم بود. عملکرد نسبی سورگوم تنها در کشت مخلوط ۲/۳ سورگوم در شوری متوسط بالایی یک بود. بر اساس نتایج بدست‌آمده مشخص گردید که کشت مخلوط بهینه برای هر گیاه درحالی‌که تأثیر منفی معنی‌داری بر عملکرد علوفه نداشت، توانست باعث کاهش اثر منفی تنش شوری گردد. در شرایط شور امکان هر کشت مخلوطی وجود ندارد و رسیدن به یک نتیجه کلی برای تصمیم‌گیری در مورد کشت مخلوط در شرایط شور نیازمند تحقیقات بیشتری است.

واژه‌های کلیدی: شوری، علوفه، گیاهان مرتعی.

مقدمه

ایران پس از هند و پاکستان در صدر کشورهای تهدیدشونده از نظر تنش شوری محسوب می‌گردد. برخی

گزارش‌ها میزان اراضی تحت شور کشور را در حدود ۲۵ تا ۲۷ میلیون هکتار (۱۵ تا ۱۷ درصد کل مساحت کشور) گزارش کرده‌اند (Sayyari & Mahmoodi, 2002). بر

این صورت کاهش رقابت بین گونه‌ای نسبت به رقابت درون گونه‌ای موجب می‌شود تا دو گیاه در آشیان اکولوژیک یکسان رقابتی نداشته باشند.

سورگوم (*Sorghum bicolor*) گیاهی روز کوتاه، چهار کرپنه از خانواده غلات است که با سامانه ریشه‌ای افشان و گسترده و به‌نحو کارآمدتری رطوبت موجود در خاک را تخلیه می‌کند (Emam, 2011). آستانه تحمل به شوری سورگوم به‌عنوان یک گیاه نیمه متحمل، با توجه به رقم از ۴/۱ (Ranjbar et al., 2014) تا ۶/۸ دسی‌زیمنس بر متر شوری عصاره اشباع خاک (Maas & Hoffman, 1977) متفاوت می‌باشد. کوشیا (*Bassia sp.*) گیاهی یکساله، پهن‌برگ و مخصوص نواحی گرم می‌باشد که توسط بذر تکثیر می‌شود. این گیاه به‌دلیل داشتن برخی ویژگی‌های ریخت‌شناسی و زراعی می‌تواند به میزان قابل توجهی توانمندی‌های پایین آب را تحمل کند (Friesen et al., 2009). کوشیا گونه ایندیکا (*B. indica*) به دلیل توان بالای تولید می‌تواند برای تأمین علوفه برای بهره‌برداری از منابع آب و خاک شور مورد استفاده قرار گیرد (Mahmood et al., 1997).

در یک پژوهش دو ساله مزرعه‌ای (Abusuwar & Al-Solimani, 2013) مشخص شد که کشت مخلوط سورگوم-لوبیا تولید علوفه سورگوم را افزایش و باعث بهبود کیفیت آن شد. در هر دو سال و در هر دو کشت مقدار علوفه تولید شده در کشت مخلوط نسبت به کشت خالص بیشتر بود. البته بهبود کمیت و کیفیت می‌تواند در ارتباط با فراهمی نیتروژن کافی برای سورگوم از طریق تثبیت بیولوژیک توسط لوبیا باشد. Ranjbar و Soltani (۲۰۱۷) بحث کردند که در مواردی که کشت توأم سورگوم و کوشیا در کنار یکدیگر برای افزایش کیفیت علوفه مد نظر می‌باشد، به دلیل کاهش شدید عملکرد سورگوم در شوری‌های بالاتر، کشت توأم این دو گیاه در شوری آب آبیاری بیشتر از ۶ دسی‌زیمنس بر متر توصیه نمی‌شود.

کردالی و همکاران (۲۰۰۳) در یک مطالعه بر روی کشت مخلوط سورگوم و سیسیان (*Sesbania aculeata*) در

اساس یک تخمین دیگر در حدود ۳۴ میلیون هکتار و یا حدود ۲۰ درصد مساحت کشور متأثر از نمک می‌باشد (Moameni, 2010). با توجه به استفاده بی‌رویه از نهاده‌های مختلف در تولیدات کشاورزی و بهره‌برداری نامناسب از منابع طبیعی تجدیدناپذیر که منجر به تشدید روند شورشدن منابع آب و خاک شده است، باید به دنبال راهی بود که بدون متحمل شدن هزینه‌های اضافی و با استفاده از آب و کود موجود بتوان تولید بیشتری کرد و آن استفاده از زمان است که در واقع افزایش تولیدات کشاورزی در واحد سطح با کشت بیش از یک گیاه در یکسال زراعی در یک قطعه زمین می‌باشد (Bhatti et al., 2006). بهترین راه رسیدن به این مقصود چند کشتی است که یکی از انواع آن کشت مخلوط می‌باشد. کشت مخلوط یعنی کشت بیش از یک گیاه زراعی در یک قطعه زمین در یکسال زراعی، به‌ترتیبی که یک گونه گیاهی در بخشی از دوره رویشی خود در مجاورت گونه گیاهی دیگر باشد (Kandhro et al., 2007).

یکی از مسائلی که در کشت‌های مخلوط اهمیت فوق‌العاده‌ای دارد، مسئله انتخاب گیاه است و این انتخاب باید به گونه‌ای انجام شود که قرارگیری گیاهان مخلوط شونده در کنار هم در نهایت باعث افزایش عملکرد در واحد سطح شده و برتری کشت مخلوط نسبت به تک‌کشتی نمایان گردد (Baumann et al., 2001). در کشت مخلوط هنگامی حداکثر عملکرد بدست می‌آید که گیاهان تشکیل‌دهنده مخلوط از نظر نحوه و میزان استفاده از منابع طبیعی با یکدیگر کاملاً متفاوت باشند. این گونه گیاهان با خصوصیات مرفولوژیک متفاوت چنانچه در مجاورت یکدیگر کشت شوند قادر خواهند بود که از عوامل محیطی استفاده بهینه کنند، در نتیجه عملکرد کل در واحد سطح افزایش خواهد یافت (Setodehfar & Hamidi, 2013). بر همین اساس، باید از گونه‌هایی استفاده شود که فنولوژی و ویژگی‌های مرفولوژیک متفاوت داشته باشند که کمترین رقابت را در یک آشیانه اکولوژیک ثابت چه از نظر عوامل محیطی و چه از نظر زمان با هم ایجاد کنند و همچنین بتوانند رشد یکدیگر را تسهیل کنند (Abusuwar & Al-Solimani, 2013). در

شرایط شور و غیر شور گزارش کردند که عملکرد ماده خشک سورگوم تک‌کشتی بیشتر از سیسبان تک‌کشتی و برابر تیمارهای کشت مخلوط بود؛ ولی کل جذب نیتروژن کمترین بود و تفاوت معنی‌داری بین سیسبان تک‌کشتی و تیمارهای کشت مخلوط مشاهده نشد. نسبت برابری زمین (Land Equivalent Ratio:LER) در تیمار ۲ به ۱ سیسبان-سورگوم و ۱ به ۲ سیسبان-سورگوم بیشترین بود که نشان‌دهنده مزایای سامانه کشت مخلوط از نظر کارایی استفاده از زمین بود. این پژوهشگران نتیجه گرفتند که کشت مخلوط سورگوم به‌عنوان یک غله متحمل با سیسبان به‌عنوان یک شورزی می‌تواند یک راهکار کاربردی برای اراضی شور باشد.

مواد و روش‌ها

به‌منظور ارزیابی عملکرد علوفه در نسبت‌های مختلف کشت مخلوط سورگوم و کوشیا در شرایط شور آزمایش مزرعه‌ای در مرکز ملی تحقیقات شوری اجرا گردید. این پژوهش به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار طراحی شد. تیمارها شامل تنش شوری در سه سطح ۲ (به‌عنوان شاهد)، ۷ و ۱۴ دسی‌زیمنس بر متر در کرت‌های اصلی و سامانه کشت در پنج سطح سورگوم خالص، ۲/۳ سورگوم، ۱/۳ سورگوم، ۱/۲ سورگوم و کوشیا خالص در کرت‌های فرعی بود. نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک منطقه مورد مطالعه در جدول‌های ۱ و ۲ آمده است.

با توجه به کمبود منابع آبی شیرین، می‌توان از آب‌های شور و نامتعارف برای تولید گیاهان شورزی علوفه‌ای مانند کوشیا استفاده کرد. در این رابطه، مشکلی که به نظر می‌رسد سد راه تولید علوفه کوشیا از منابع آب شور باشد، می‌تواند خوشخوراکی پایین آن باشد؛ در حالی‌که، سورگوم از تولید بالای علوفه، خوشخوراکی زیاد و تحمل مناسب به تنش شوری برخوردار است. بنابراین، کشت مخلوط کوشیا-

با توجه به کمبود منابع آبی شیرین، می‌توان از آب‌های شور و نامتعارف برای تولید گیاهان شورزی علوفه‌ای مانند کوشیا استفاده کرد. در این رابطه، مشکلی که به نظر می‌رسد سد راه تولید علوفه کوشیا از منابع آب شور باشد، می‌تواند خوشخوراکی پایین آن باشد؛ در حالی‌که، سورگوم از تولید بالای علوفه، خوشخوراکی زیاد و تحمل مناسب به تنش شوری برخوردار است. بنابراین، کشت مخلوط کوشیا-

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه پیش از آبشویی

ویژگی	شوری	بافت	FC	PWP	اسیدیتته	پتاسیم	فسفر	کربن آلی
مقدار	(dS m ⁻¹)	لومی شنی	(%)	۸/۱	گل اشباع	۲۱۶/۱	۱۱/۴	(%)
۱۲/۴	۲۳/۵				۷/۸۲			۰/۵۷

جدول ۲- مقادیر کاتیون‌ها و آنیون‌های (meq L⁻¹) خاک مزرعه قبل از کاشت

ویژگی	Cl ⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ²⁻
مقدار	۶۸/۰	۲۰/۱	۱۸/۸	۴۸/۷	۰/۷۳	۲/۶۷	۱/۸۶

پس از آماده‌سازی زمین و تهیه کرت‌ها، دو گیاه سورگوم (رقم پگاه) و کوشیا با فاصله بین ردیف ۵۰ سانتی‌متر و فاصله روی ردیف ۱۰ سانتی‌متر کشت شدند. هر کرت شامل ۶ خط کشت به طول ۴ متری بود. کشت بصورت دستی و

در اواخر اردیبهشت انجام گردید. چند روز پیش از کاشت، برای یکنواخت کردن شوری عصاره اشباع خاک، کل مزرعه آبشویی شد. کوددهی شامل ۱۶۰ کیلوگرم نیتروژن خالص از منبع اوره در سه زمان کاشت، ۳۰ روز و ۶۰ روز پس از

شرایط کشت خالص و کشت مخلوط؛ RY_a و RY_b به ترتیب عملکرد نسبی سورگوم و کوشیا می‌باشند. داده‌ها پس از آزمون یکنواختی با نرم‌افزار آماری SAS مورد تجزیه واریانس قرار گرفتند و میانگین‌ها با آزمون LSD در سطح احتمال یک درصد مقایسه شدند.

نتایج

نتایج تجزیه واریانس صفات رشدی و عملکردی نشان داد که تأثیر شوری و سامانه کشت و برهم‌کنش آنها بر ارتفاع بوته، شاخص سطح برگ، عملکرد علوفه خشک و عملکرد علوفه تر سورگوم معنی‌دار بود. از سوی دیگر، عملکرد علوفه تر و عملکرد علوفه خشک کوشیا تحت تأثیر معنی‌دار شوری و سامانه کشت و برهم‌کنش آنها و ارتفاع بوته کوشیا تحت تأثیر معنی‌دار شوری و سامانه کشت قرار گرفت.

تنش شوری با کاهش معنی‌دار ارتفاع بوته هر دو گیاه همراه بود (جدول ۳)، ولی این تأثیر در سورگوم در هر دو سطح ۷ و ۱۴ دسی‌زیمنس بر متر و در کوشیا تنها در سطح ۱۴ دسی‌زیمنس بر متر معنی‌دار بود. شدت کاهش ارتفاع بوته نیز در دو گیاه به‌طور قابل توجهی متفاوت بود. به‌طوری‌که ارتفاع بوته سورگوم در سطح ۷ و ۱۴ دسی‌زیمنس بر متر به ترتیب با کاهش ۲۳/۴ و ۵۲/۱ درصدی همراه بود، در حالی که تنش ۱۴ دسی‌زیمنس بر متر موجب کاهش ۱۷/۷ درصدی ارتفاع بوته کوشیا گردید (جدول ۳). شوری از طریق کاهش فشار تورژسانس سبب کاهش رشد و توسعه سلول‌ها در ساقه شده و به‌همین دلیل اولین اثر محسوس شوری بر روی گیاهان بصورت ارتفاع کمتر گیاه مشاهده گردید (Ali & Hasnain, 2014). بعلاوه از آنجا که شوری موجب اختلال در جذب عناصر غذایی و برهم زدن تعادل یونی در گیاه می‌شود می‌توان کاهش رشد ساقه را به کمبود عناصر غذایی و اختلالات تغذیه‌ای ناشی از شوری نسبت داد (Naseer, 2001).

کاشت و ۱۵۰ کیلوگرم فسفر خالص بصورت سوپرفسفات تریپل قبل از کاشت و همراه با شخم بود.

تیمارهای آب شور با مخلوط کردن آب دو چاه طبیعی با هدایت‌های الکتریکی ۲ و ۱۴ دسی‌زیمنس بر متر در دو استخر جداگانه تهیه و با سامانه لوله‌کشی وارد مزرعه و کرت موردنظر گردید. در محل ورودی کرت، هدایت الکتریکی آب با EC-Meter پرتابل اندازه‌گیری و کنترل شد. به‌منظور ایجاد یک تراکم یکنواخت در مزرعه، آبیاری تا زمان استقرار با آب غیر شور انجام شد. در تیمار سورگوم خالص و کوشیا خالص کل ۶ ردیف کاشت به گیاه مربوطه اختصاص یافت. در تیمار ۲/۳ سورگوم، ۴ ردیف به سورگوم و ۲ ردیف به کوشیا؛ و در تیمار ۱/۳ سورگوم، ۲ ردیف به سورگوم و ۴ ردیف به کوشیا و در تیمار ۱/۲ سورگوم ۳ ردیف به سورگوم و ۳ ردیف به کوشیا اختصاص داده شد.

در اوایل شهریور، همزمان با اواسط مرحله گلدهی سورگوم، زمانی که ۵۰ درصد بوته‌های هر کرت به گل رفته بودند، برداشت انجام شد. پیش از برداشت بوته‌ها، ارتفاع ۱۰ بوته تصادفی از دو گیاه سورگوم و کوشیا در هر کرت به وسیله متر تعیین شد و میانگین ده بوته به‌عنوان داده آن کرت در نظر گرفته شد. از درون هر کرت با رعایت اثر حاشیه‌ای چهار متر مربع کف‌بر شد و وزن آن به‌عنوان عملکرد علوفه تر سورگوم و کوشیا اندازه‌گیری گردید. سطح برگ سورگوم با استفاده از دستگاه LA-Meter در یک متر مربع تعیین و بعد شاخص سطح برگ محاسبه شد. نمونه‌ها با قرار گرفتن در آون 4 ± 70 درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت خشک و وزن آنها به‌عنوان وزن خشک سورگوم و کوشیا یادداشت گردید. شاخص‌های تعیین مزیت نسبی کشت مخلوط شامل عملکرد نسبی (RY) و نسبت برابری زمین (LER) بر اساس فرمول‌های زیر محاسبه شد.

$$RY = Y_i / Y_s$$

$$LER = RY_a + RY_b$$

در این فرمول‌ها، Y_i و Y_s به ترتیب عملکرد هر گونه در

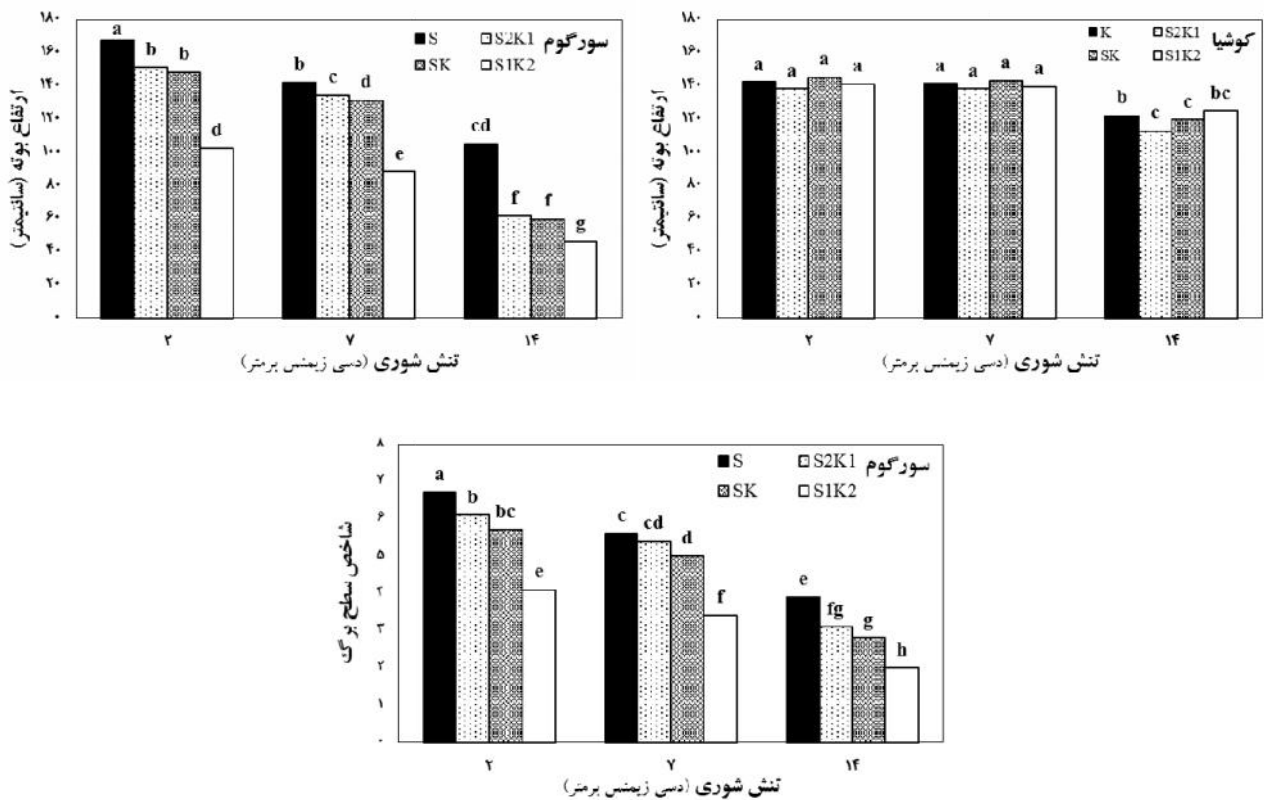
جدول ۳- اثرات اصلی شوری بر ویژگی‌های رشدی و عملکردی سورگوم و کوشیا

عملکرد علوفه خشک (kg m^{-2})		عملکرد علوفه تر (kg m^{-2})		شاخص سطح برگ	ارتفاع بوته (cm)		شوری
سورگوم	کوشیا	سورگوم	کوشیا	سورگوم	سورگوم	کوشیا	(dS m^{-1})
۱/۶۸a	۱/۳۸a	۵/۹۵a	۴/۴۵a	۵/۶۵a	۱۴۱/۶۸a	۱۴۲/۳۴a	۲
۱/۶۷a	۱/۱۵b	۵/۳۹b	۳/۹۷b	۴/۸۵b	۱۴۰/۴۵a	۱۰۹/۰۵b	۷
۱/۲۹b	۰/۵۲c	۳/۶۴c	۲/۴۵c	۲/۹۵c	۱۱۶/۵۶c	۶۸/۱۹c	۱۴

میانگین‌های با حداقل یک حرف مشترک در هر ستون بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال یک درصد تفاوت معنی‌دار ندارند.

ارتفاع بوته کوشیا در سطح ۷ دسی‌زیمنس بر متر تحت تأثیر کشت مخلوط قرار نگرفت و بیشترین ارتفاع بوته کوشیا در تیمار کشت خالص بدست آمد و تفاوت معنی‌داری بین سایر سامانه‌های کشت مشاهده نشد (شکل ۱). ولی در شدت شوری ۱۴ دسی‌زیمنس بر متر تفاوت معنی‌داری بین سامانه‌های کشت وجود داشت. تنش شوری ۱۴ دسی‌زیمنس بر متر نسبت به شرایط غیرشور با کاهش ۱۴/۲ درصدی ارتفاع بوته کوشیا در کشت خالص و کاهش ۱۸/۶، ۱۷/۷ و ۱۱/۴ درصدی ارتفاع بوته در سامانه‌های کشت ۲/۳، ۱/۲ و ۲/۳ سورگوم همراه بود. در سامانه‌های کشت مخلوط، به‌ویژه در شوری متوسط و شدید، ارتفاع کوشیا از سورگوم تجاوز کرد. اغلب گندمیان تابستانه مانند سورگوم به سختی و یا به کندی استقرار می‌یابند و حضور یک گونه رقیب، مشکل استقرار را تشدید می‌کند (Bovey & Hussey, 1991). همین موضوع از یکسو موجب تحمل بسیار بالاتر کوشیا به شوری نسبت به سورگوم شد تا ارتفاع کوشیا نسبت به سورگوم به کشت مخلوط حساسیت کمتری داشته باشد. Farajian Mashhadi و همکاران (۲۰۱۳) گزارش کردند که سرعت رشد کمتر ارزن پادزهری و رشد سریع کوشیا در شرایط شور، سبب شد تا ارزن پادزهری در رقابت با کوشیا مغلوب شود که این رقابت بر تجمع ماده خشک در تیمارهای کشت مخلوط اثر منفی گذاشت.

در همه سطوح شوری تفاوت معنی‌داری بین ارتفاع بوته سورگوم در سامانه‌های کشت مشاهده شد (شکل ۱). در هر سه سطح شوری بیشترین ارتفاع بوته مربوط به تیمار سورگوم خالص و کمترین آن مربوط به ۱/۳ سورگوم بود. کشت مخلوط در مورد سورگوم سبب کاهش اثرات تنش شوری ۷ دسی‌زیمنس بر متر و افزایش اثرات تنش شوری ۱۴ دسی‌زیمنس بر متر بر ارتفاع بوته گردید. بدین ترتیب که تأثیر منفی تنش شوری ۷ دسی‌زیمنس بر متر موجب کاهش ۱۵/۱ درصدی ارتفاع بوته سورگوم در کشت مخلوط گردید که این افت در تیمارهای کشت مخلوط ۲/۳، ۱/۲ و ۱/۳ سورگوم به ترتیب به ۱۱، ۱۱/۵ و ۱۳/۸ درصد کاهش یافت (شکل ۱). توانایی جذب بیشتر منابع مانند آب، مواد غذایی و به‌ویژه نور در سامانه‌های کشت مخلوط عامل اصلی تعیین‌کننده کارایی رقابت است و در این میان ارتفاع و سطح برگ دو صفت اصلی بشمار می‌آیند (Egbe, 2010). در سامانه‌های کشت مخلوط، با افزایش سهم هر گیاه، به دلیل رقابت برای نور و سایه‌اندازی امکان کاهش ارتفاع گیاه دیگر وجود دارد (Setoodefar & Hamidi, 2013). در این پژوهش، در سامانه‌های کشت مخلوطی که درصد بالایی از کانوپی به کوشیا اختصاص داشت، ارتفاع سورگوم به دلیل سایه‌اندازی شدید کوشیا کاهش معنی‌داری داشت. بنابراین باید به خاطر داشت که کوشیا گیاهی است که توانایی شاخه‌زایی و توسعه جانبی بسیار زیادی دارد.



شکل ۱- تأثیر سامانه‌های کشت (S: کشت خالص، S₂K₁، SK و S₁K₂ به ترتیب ۲/۳، ۱/۲ و ۱/۳ سورگوم) بر ارتفاع بوته سورگوم و کوشیا و شاخص سطح برگ سورگوم در سطوح متفاوت شوری (آزمون LSD در سطح احتمال یک درصد)

(2001).

در هر سه سطح تنش شوری، کشت مخلوط تأثیر معنی‌داری بر شاخص سطح برگ سورگوم داشت (شکل ۱). در سطوح ۲ و ۱۴ دسی‌زیمنس بر متر بیشترین شاخص سطح برگ از تیمار کشت خالص سورگوم و در سطح ۷ دسی‌زیمنس بر متر بیشترین شاخص سطح برگ از تیمارهای کشت خالص و کشت مخلوط ۲/۳ سورگوم بدست آمد. بهترین سامانه کشت مخلوط ۲/۳ سورگوم بود که موجب کاهش تأثیر تنش شوری بر شاخص سطح برگ سورگوم از ۱۶/۴ به ۱۱/۵ درصد کاهش در شوری ۷ دسی‌زیمنس بر متر گردید (شکل ۱). سطح برگ گیاهان معیار مهمی برای کارآیی سامانه‌های کشت مخلوط است، به طوری‌که توانایی جذب بیشتر نور را در رقابت افزایش داده و می‌تواند منجر به افزایش سرعت فتوسنتز شود (Egbe, 2010). اگرچه سورگوم دارای سطح برگ مناسبی

شاخص سطح برگ سورگوم به‌طور معنی‌داری در اثر تنش شوری کاهش یافت و با تشدید شوری این کاهش بیشتر شد. با افزایش شوری آب آبیاری از ۲ به ۷ و ۱۴ دسی‌زیمنس بر متر شاخص سطح برگ سورگوم به طور میانگین به میزان ۱۴/۲ و ۴۷/۸ درصد کاهش یافت (جدول ۳). هنگامی که گیاه در شرایط شور رشد می‌کند، فعالیت فتوسنتزی آن کاهش یافته و در نتیجه رشد، سطح برگ و محتوای کلروفیل کاهش و فلورسانس کلروفیل افزایش می‌یابد (Ali & Hasnain, 2014). البته کاهش سطح برگ در گیاه سورگوم با افزایش شوری توسط دیگران نیز گزارش شده است (Godfrey et al., Ranjbar et al., 2015). بیان شده که کاهش معنی‌دار سطح برگ با افزایش شوری بعلت اثرات سمی یون‌های کلر و سدیم در متابولیسم گیاهی و عدم توازن عناصر یا کاهش دسترسی به آب برای رشد متعادل (بعلت اثر اسمتیک شوری) می‌باشد (Naseer,)

تنش شوری، رشد و عملکرد علوفه هر دو گیاه را کاهش داد، ولی حساسیت سورگوم به طور قابل ملاحظه‌ای بیشتر از کوشیا بود. به طوری که تنش شوری متوسط باعث کاهش همه صفات اندازه‌گیری شده گردید، ولی تأثیر معنی‌داری بر ارتفاع بوته و عملکرد علوفه خشک کوشیا نداشت. کوشیا یک گیاه شورزی با تحمل شوری بسیار بالاتر از سورگوم است. گیاهان به طور عمده از دو طریق بیرون راندن یا بیرون نگهداشتن نمک‌ها و یا از طریق وارد کردن نمک‌ها خود را با تنش شوری وفق می‌دهند. اگرچه اختلافاتی در بین گونه‌ها از نظر توانایی بیرون راندن یون‌های سدیم و کلر وجود دارد، ولی سازوکارهای محدود کننده انتقال این یون‌ها به بخش هوایی گیاه در سطح ریشه عمل می‌کنند (Munns & Tester, 2008). این نوع گیاهان باید قادر به مقابله با تنش اسمزی حاصل از تجمع نمک در محیط بیرونی باشند و معمولاً در پاسخ به تنش اسمزی از تولید متابولیت‌های سازگار کمک می‌گیرند، چون سنتز آنها مستلزم صرف انرژی و کربن است. بدین ترتیب کاهش عملکرد طبیعی خواهد بود (Taiz et al., 2015; Pirasteh-Anosheh et al., 2016). در مقابل، بسیاری از هالوفیت‌ها وارد کننده نمک بوده و با جذب نمک‌ها و تجمع آنها در فضای واکوئلی برگ‌های بالغ، تنظیم اسمزی می‌کنند. این گیاهان نیز ورود سدیم به بافت‌های حساس مانند برگ‌های جوان، گل‌ها و بذرها را محدود می‌کنند. تعادل اسمزی بین سیتوپلاسم و واکوئل و نیز محیط برون سلولی در این گیاهان نیز با سنتز ترکیبات آلی مانند پرولین و ساکارز فراهم می‌شود. چون حجم سیتوپلاسم در یک سلول بالغ نسبت به حجم واکوئل خیلی کوچک است. البته میزان انرژی و کربن مورد نیاز برای سنتز محلول‌های سازگار به‌عنوان تنظیم‌کننده‌های اسمزی در مقایسه با گیاهانی که نمک‌ها را بر خلاف شیب الکتروشیمیایی بیرون می‌رانند، کمتر خواهد بود (Taiz et al., 2015; Flowers & Colmer, 2015).

در همه شرایط شوری، کشت مخلوط موجب تغییر در وزن تر سورگوم و کوشیا گردید (شکل ۲). در هر سه سطح شوری، بیشترین وزن تر سورگوم از کشت خالص و مخلوط

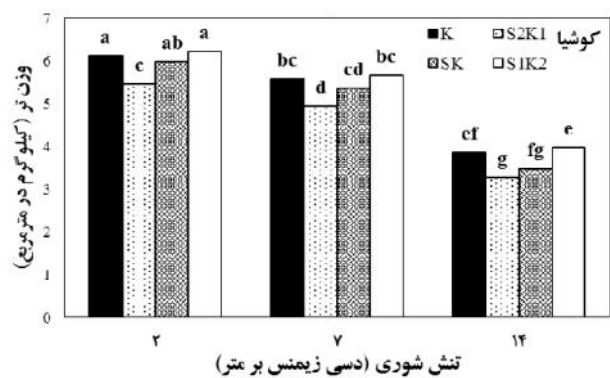
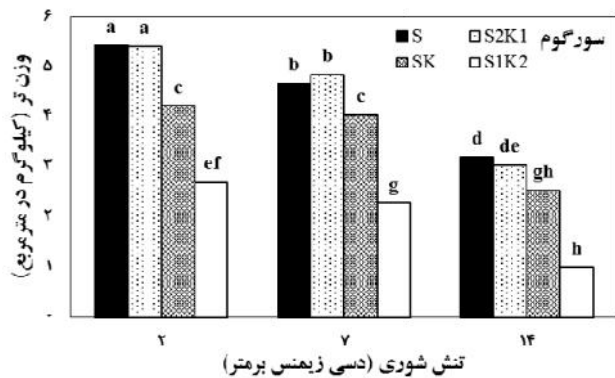
بود، ولی کوشیا با توسعه جانبی زیاد و ایجاد شاخه‌های فرعی گسترده با وجود برگ‌های کوچک‌تر، در شرایط کشت مخلوط شاخص سطح برگ سورگوم را کاهش داد. اختلاف سطح برگ گیاهان در کشت خالص و مخلوط علاوه بر جذب کمتر منابع از خاک، به جذب بیشتر تشعشع توسط گیاه رقیب در بالای کانوبی و ممانعت از رسیدن به پایین بستگی دارد (Setodehfar & Hamidi, 2013).

وزن تر هر دو گیاه به طور معنی‌داری تحت تأثیر شوری قرار گرفت، ولی سورگوم حساسیت بیشتری نسبت به تنش شوری از خود نشان داد (جدول ۳). تنش‌های شوری ۷ و ۱۴ دسی‌زیمنس بر متر به ترتیب با کاهش ۱۰/۸ و ۴۴/۹ درصدی وزن تر گیاه سورگوم و کاهش ۹/۵ و ۳۸/۷ درصدی وزن تر گیاه کوشیا همراه بود. از سوی دیگر، وزن خشک این دو گیاه نیز در اثر تنش شوری کاهش یافت، با این تفاوت که تنها تنش ۱۴ دسی‌زیمنس بر متر موجب کاهش ۲۳/۳ درصدی وزن خشک کوشیا گردید. وزن خشک سورگوم در شرایط تنش‌های ۷ و ۱۴ دسی‌زیمنس بر متر به ترتیب ۱۷/۳ و ۶۲/۴ درصد کمتر از شاهد بودند (جدول ۳). شوری نه تنها از طریق کاهش تعداد و سطح برگ سبب کاهش ظرفیت کل فتوسنتزی در گیاهان می‌گردد بلکه از طریق کاهش میزان کلروفیل در برگ‌ها سبب اختلال در سنتز مواد فتوسنتزی برای رشد گیاه می‌شود (Taiz et al., 2015). وزن خشک گیاه تحت تأثیر شوری به موازات کاهش سطح برگ و میزان کلروفیل برگ‌ها کاهش می‌یابد. این امر نشان می‌دهد که شاخص ماده خشک، سطح برگ و غلظت کلروفیل در ارتباط با یکدیگر می‌باشند. در واقع با کاهش سطح برگ و غلظت کلروفیل قدرت گیاه برای تولید ماده خشک و در نهایت عملکرد دانه کاهش می‌یابد (Pirasteh-Anosheh et al., 2016). دلیل دیگر کاهش وزن بیوماس کل می‌تواند ناشی از هزینه انرژی متابولیک مربوط به سازگاری در شرایط تنش، کاهش میزان فتوسنتز در واحد سطح برگ، کاهش جذب کربن، صدمه به بافت‌ها و رسیدن به حداکثر غلظت نمکی باشد که گیاه آن را تحمل می‌کند (Taiz et al., 2015).

دسی‌زیمنس بر متر تنها در تیمار کشت مخلوط ۱/۳ سورگوم تفاوت معنی‌داری با کشت خالص نداشت. در مورد وزن تر کوشیا نیز تأثیر منفی شوری ۷ دسی‌زیمنس بر متر نه تنها در سامانه‌های کشت مخلوط تشدید نشد، بلکه کشت مخلوط ۱/۳ سورگوم در شوری ۱۴ دسی‌زیمنس بر متر توانست به کاهش اثرات تنش شوری کمک کند، بدین ترتیب که شوری وزن تر کوشیا را در تیمار کشت خالص ۳۱/۱ درصد و در تیمار ۱/۳ سورگوم ۲۹/۷ درصد کاهش داد (شکل ۲). بهبود رشد در کشت مخلوط نشان‌دهنده رقابت کمتر بین گونه‌ای نسبت به رقابت درون گونه است که استفاده بهتر از منابع محیطی را میسر می‌سازد (Larocque et al., 2012). همچنین با حضور سورگوم، تحمل شوری کوشیا افزایش یافت، که نشان‌دهنده جذب کمتر نمک توسط ریشه کوشیا می‌باشد. در این ارتباط می‌توان به اصل مساعدت تولید اشاره کرد. اصل مساعدت تولید به حالتی گفته می‌شود که گیاهانی که به‌صورت مخلوط رشد می‌کنند محیط‌های یکدیگر را در جهت مثبت تغییر می‌دهند، که این تغییرات الزاماً دوطرفه هم نیست (Javanshir et al., 2000).

۲/۳ سورگوم بدست آمد. تنش شوری ۷ دسی‌زیمنس بر متر موجب کاهش ۱۳/۹ درصدی وزن تر سورگوم در کشت خالص گردید، که این افت در تیمارهای ۲/۳ و ۱/۲ سورگوم به ۱۰/۳ و ۴/۲ درصد رسید. اثر مثبت کشت مخلوط در کاهش اثرات منفی شوری در سورگوم در شرایط شوری بالا (۱۴ دسی‌زیمنس بر متر) مشاهده نشد (شکل ۲). بهبود تولید ماده پرورده و در نتیجه افزایش وزن تر در شرایط شور، با در نظر گرفتن اینکه سورگوم گیاهی تک‌لیه با ریشه افشان و کوشیا دولیه با ریشه راست است (Friesen et al., 2009; Emam, 2011)، شاید به استفاده بهتر دو گیاه از منابع خاک مرتبط باشد (Larocque et al., 2012). علت دیگر این امر را شاید بتوان استفاده مؤثرتر از تشعشع توسط تیمارهای کشت مخلوط به دلیل متراکم‌تر شدن سایه‌انداز گیاهی نسبت به کشت خالص دانست (Setoodefar & Hamidi, 2013).

در شرایط غیرشور (۲ دسی‌زیمنس بر متر) و شوری ۷ دسی‌زیمنس بر متر، وزن تر کوشیا در تیمارهای کشت مخلوط ۱/۲ و ۱/۳ سورگوم تفاوت معنی‌داری با کشت خالص نداشت (شکل ۲)، در حالی‌که در شرایط ۱۴



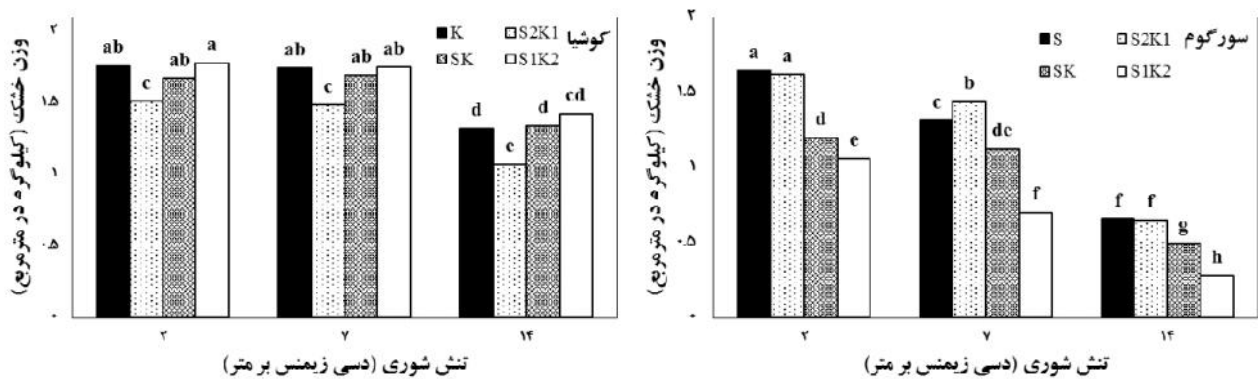
شکل ۲- تأثیر سامانه‌های مختلف کشت (S: کشت خالص، S₂K₁، SK، S₁K₂ به ترتیب ۲/۳، ۱/۲ و ۱/۳ سورگوم) بر وزن تر سورگوم و کوشیا در سطوح متفاوت شوری (آزمون LSD در سطح احتمال یک درصد)

سورگوم از تیمار کشت مخلوط و ۲/۳ سورگوم بدست آمد. در حالی‌که در شرایط شوری ۷ دسی‌زیمنس بر متر وزن خشک بوته‌های کشت مخلوط ۲/۳ سورگوم به‌طور معنی‌داری و نزدیک به ۱۰ درصد بیشتر از شاهد بود.

وزن خشک سورگوم و کوشیا هم در شرایط شور و هم در شرایط غیرشور تحت تأثیر سامانه‌های کشت مخلوط قرار گرفت (شکل ۳). در شرایط غیرشور و شوری شدید (به ترتیب ۲ و ۱۴ دسی‌زیمنس بر متر)، بیشترین وزن خشک

هیچ‌یک از سامانه‌های کشت تأثیر معنی‌داری بر وزن خشک کوشیا نداشت. افت وزن خشک کوشیا در اثر شوری ۱۴ دسی‌زیمنس بر متر از ۲۴/۲ درصد در تیمار کشت خالص به ۲۰/۹ و ۱۸/۷ درصد به ترتیب در تیمارهای ۱/۲ و ۱/۳ سورگوم کاهش پیدا کرد (شکل ۳). از این رو به نظر می‌رسد که کمترین توان رقابتی سورگوم با کوشیا در سامانه کشت مخلوط ۱/۳ سورگوم بود و با افزایش نسبت سورگوم توان رقابتی کوشیا کاهش یافت. طبق اصل گوس یا طرد رقابتی تا زمانی که دو گونه نتایج مشابهی دارند بقای آنها در کنار هم امکان‌پذیر نیست و گونه ضعیف‌تر در اثر رقابت از محیط حذف می‌شود (Larocque et al., 2012). بنابراین گیاهانی که قرار است در یک سیستم کشت مخلوط با هم رشد کنند باید تا حد زیادی دارای نتایج متفاوت بوده و نیازهای مختلفی داشته باشند. در این ارتباط، اصل تولید رقابتی بیان می‌کند که اگر دو گونه نتایج مشابه ولی نیازهای متفاوت داشته باشند، در این صورت رقابت ضعیفی با یکدیگر داشته و هر دو گونه به طور نامحدودی در محیط باقی مانده و عملکرد بالاتری را تولید خواهند کرد. لازم به ذکر است که در این شرایط رقابت بین گونه‌ای کمتر از رقابت درون گونه‌ایست (Javanshir et al., 2000).

کمترین وزن خشک سورگوم در شرایط شوری ۱۴ دسی‌زیمنس در تیمار کشت مخلوط ۱/۳ سورگوم بدست آمد که به میزان بسیار قابل توجهی کمتر (۸۳/۲ درصد) از تیمار کشت خالص غیرشور بود (شکل ۳). سامانه بهینه کشت مخلوط موجب افزایش تحمل شوری ۷ دسی‌زیمنس بر متر گردید، به طوری که میزان کاهش وزن خشک سورگوم ناشی از تنش شوری متوسط در شرایط کشت خالص ۲۰/۱ درصد بود که در تیمارهای ۲/۳ و ۱/۲ سورگوم به ۱۱/۴ و ۶/۵ درصد کاهش یافت. به طور کلی، تفاوت معنی‌داری بین وزن خشک سورگوم در کشت مخلوط بهینه با کشت خالص در شرایط غیرشور مشاهده نشد و در شرایط شوری متوسط کشت مخلوط با سامانه بهینه تأثیر مثبت و معنی‌داری بر وزن خشک سورگوم داشت. البته اختلافات مرفولوژیک موجود در ریشه دو گیاه باعث استفاده بهینه از منابع غذایی موجود در خاک و اختلافات مرفولوژیک در قسمت‌های هوایی دو گیاه باعث نفوذ بهتر نور به درون سایه‌انداز و استفاده مطلوب‌تر از آن می‌شود (Larocque et al., 2012). در همه شرایط تنش شوری، تنها کشت مخلوط ۲/۳ سورگوم وزن خشک کوشیا را تحت تأثیر قرار داد و سایر سامانه‌های کشت مخلوط تفاوت معنی‌داری با شاهد نداشتند (شکل ۳). تنش شوری ۷ دسی‌زیمنس بر متر هم در



شکل ۳- تأثیر سامانه‌های مختلف کشت (S: کشت خالص، S₁K₂ و S₂K₁ به ترتیب ۲/۳، ۱/۲ و ۱/۳ سورگوم) بر وزن خشک سورگوم و کوشیا در سطوح متفاوت شوری (آزمون LSD در سطح احتمال یک درصد)

میانگین عملکرد نسبی سورگوم را در شرایط کشت مخلوط

نتایج نشان داد که سطح شوری ۷ دسی‌زیمنس بر متر

(جدول ۴). به نحوی که بیشترین و کمترین عملکرد نسبی سورگوم به ترتیب از تیمارهای کشت مخلوط ۲/۳ و ۱/۳ سورگوم بدست آمد. بیشترین عملکرد نسبی کوشیا مربوط به تیمارهای کشت مخلوط ۱/۳ و ۱/۲ سورگوم بود و کمترین آن در تیمار ۲/۳ سورگوم مشاهده شد. نسبت برابری زمین نیز در تیمارهای کشت مخلوط ۲/۳ و ۱/۲ سورگوم بیشترین بود (جدول ۴). Farajian Mashhadi و همکاران (۲۰۱۳) نشان دادند که بیشترین عملکرد نسبی ارزن پادزهری در شرایط شور در کشت مخلوط ۷۵٪ ارزن-۲۵٪ سورگوم و بیشترین عملکرد نسبی سورگوم در این شرایط در کشت مخلوط ۵۰-۵۰٪ سورگوم بدست آمد. در این پژوهش مشخص شد که کوشیا عملکرد نسبی بهتری نسبت به ارزن داشت و نسبت برابری زمین هم همواره پایین تر از یک بود. این پژوهشگران نتیجه گرفتند که افزایش سهم کوشیا در کشت مخلوط و سایه‌اندازی بیشتر سبب شد تا ارزن پادزهری با افت رشد زیادی مواجه گردد.

به طور معنی‌داری افزایش داد، ولی افزایش شدت شوری به ۱۴ دسی‌زیمنس بر متر موجب کاهش عملکرد نسبی سورگوم شد (جدول ۴). با وجود این، شوری تأثیر معنی‌داری بر میانگین عملکرد نسبی کوشیا نداشت که موجب عدم تفاوت معنی‌دار بین نسبت برابری زمین در سطوح متفاوت تنش شوری شد. البته بین دو گونه کوشیا و سورگوم از نظر تحمل به شوری و سازوکارهای آن تفاوت‌های قابل ملاحظه‌ای وجود دارد. بیشتر گیاهان حتی گونه‌های کم تحمل به نمک انتخابگری بالایی نسبت به پتاسیم در مقایسه با سدیم را در شوری‌های کم تا متوسط داشته و ترجیحاً K^+ را به جای Na^+ در سلول‌های خود ذخیره می‌کنند (Flowers & Colmer, 2015). از این دیدگاه نسبت سدیم به پتاسیم و یا بعکس نسبت پتاسیم به سدیم می‌تواند به عنوان شاخصی مناسب در مورد اثرات متضاد سدیم و پتاسیم در گیاه مطرح شود.

میانگین عملکرد نسبی سورگوم و کوشیا در کشت مخلوط تفاوت معنی‌داری بین سامانه‌های کشت داشت

جدول ۴- اثرات اصلی شوری و سامانه کشت بر شاخص‌های فیزیولوژیک سورگوم و کوشیا

عملکرد نسبی سورگوم	عملکرد نسبی کوشیا	نسبت برابری زمین
۰/۷۹ab	۰/۹۳a	۰/۸۶a
۰/۸۳a	۰/۹۴a	۰/۸۸a
۰/۷۲b	۰/۹۷a	۰/۸۴a
۱/۰۲A	۰/۸۴B	۰/۹۳A
۰/۷۸B	۰/۹۸A	۰/۸۸A
۰/۵۳C	۱/۰۲A	۰/۷۸B

میانگین‌های با حروف مشترک کوچک و بزرگ در هر ستون تفاوت معنی‌داری با هم ندارند (LSD=1%).

کاهش داد، به طوری که کاهش بسیار قابل توجهی در عملکرد نسبی سورگوم در تیمار ۱/۳ سورگوم در شرایط شوری ۱۴ دسی‌زیمنس بر متر نسبت به تیمار ۲/۳ سورگوم در شرایط غیرشور (۲/۳ برابر) یا شوری متوسط (۲/۶ برابر) مشاهده شد. در هر سه شرایط شوری، بیشترین و

در سامانه‌های کشت مخلوط ۲/۳ و ۱/۲ سورگوم تفاوت معنی‌داری بین عملکرد نسبی سورگوم در شرایط غیرشور و شوری شدید نبود و شوری متوسط دارای عملکرد نسبی بهتری بود (جدول ۵). در کشت مخلوط ۱/۳ سورگوم، شوری به طور فزاینده‌ای عملکرد نسبی سورگوم را

مخلوط مساوی یک باشد، اختلافی بین کشت مخلوط و تک‌کشتی از نظر عملکرد وجود ندارد. مقادیر بزرگتر از یک بیانگر مزیت مخلوط و مقادیر کمتر از یک بیانگر مزیت تک‌کشتی خواهد بود (Javanshir *et al.*, 2000). بنابراین، در تیمارهای مذکور کشت مخلوط دارای مزیت نسبی بود.

بیشترین نسبت برابری زمین در شرایط غیرشور از کشت مخلوط ۲/۳ سورگوم (۰/۹۲) و در شرایط شوری متوسط و شدید از سامانه‌های کشت مخلوط ۲/۳ سورگوم (به ترتیب برابر با ۰/۹۷ و ۰/۹۰) و ۱/۲ سورگوم (به ترتیب برابر با ۰/۹۱ و ۰/۸۸) به ترتیب برابر با بدین ترتیب، بیشترین نسبت برابری زمین در سامانه کشت مخلوط سورگوم-کوشیا در تیمار ۲/۳ سورگوم در شرایط شوری ۷ دسی‌زیمنس بر متر به دست آمد که به میزان ۱۳۰/۱ درصد بیشتر از کمترین نسبت برابری زمین در تیمار ۱/۳ سورگوم در شوری ۱۴ دسی‌زیمنس بر متر بود (جدول ۵). Farajian Mashhadi و همکاران (۲۰۱۳) با بررسی کشت مخلوط کوشیا-ارزن پادزهری بیان کردند که کشت مخلوط گیاهان شورزی می‌تواند راهکاری برای افزایش عملکرد علوفه در شرایط تنش شوری باشد. البته گیاهان شورزی از نظر پروتئین غنی هستند، اما انرژی قابل استفاده کم و محتوای نمک بالایی دارند که یک عامل ضدکیفیت علوفه شناخته می‌شود. به همین دلیل کشت و مصرف مخلوط گیاهان شورزی سبب بهبود تولید در دام‌ها شده است (Loch *et al.*, 2003; Farajian Mashhadi *et al.*, 2013).

کمترین عملکرد نسبی سورگوم به ترتیب از تیمار ۲/۳ و ۱/۳ سورگوم بدست آمد (جدول ۵). تنها در تیمار ۲/۳ سورگوم در شرایط شوری ۷ دسی‌زیمنس بر متر عملکرد نسبی سورگوم بالاتر از یک بدست آمد. سورگوم گیاهی است که با سامانه ریشه‌ای گسترده‌تر و افشان‌تر از ذرت بنحو کارآمدی رطوبت موجود در خاک را تخلیه می‌کند (Emam, 2011). سیستم ریشه گسترده در یک گیاه علاوه بر اینکه پاسخگوی تقاضای تبخیر و تعرقی بالا در شرایط قابلیت آبی پایین می‌تواند باشد، بلکه می‌تواند با گسترش در مناطق غیر شور خاک از تغییرات میزان نمک خاک بهره‌برداری کرده و از اثرات سوء نمک اجتناب کند (Flowers & Colmer, 2015). بنابراین در شرایط شور، کشت مخلوط سورگوم و کوشیا با دو سامانه ریشه‌های متفاوت می‌تواند اثرات تنش شوری را کاهش دهد.

تنش شوری ۷ دسی‌زیمنس بر متر به‌طور معنی‌داری عملکرد نسبی کوشیا را در سامانه‌های کشت مخلوط ۲/۳ و ۱/۲ سورگوم به ترتیب به میزان ۱۰/۱ و ۱۶/۴ درصد افزایش داد (جدول ۵)، ولی شوری ۱۴ دسی‌زیمنس بر متر در هیچ‌یک از سامانه‌های کشت تأثیری بر عملکرد نسبی سورگوم نداشت. در هر سه شدت شوری، بیشترین عملکرد نسبی کوشیا از سامانه کشت مخلوط ۱/۳ سورگوم بدست آمد. در تیمارهای ۱/۳ سورگوم در هر سه شرایط شور و ۱/۲ سورگوم در شوری شدید، عملکرد نسبی کوشیا بالاتر از یک بود. اگر مقدار عملکرد نسبی یک گیاه در کشت

جدول ۵- شاخص‌های کشت مخلوط تحت تأثیر سامانه‌های کشت در شرایط متفاوت شوری

نسبت برابری زمین	عملکرد نسبی کوشیا	عملکرد نسبی سورگوم	سامانه کشت مخلوط	شوری (dS.m ⁻¹)
۰/۹۲ ab	۰/۸۶ cd	۰/۹۹ b	۲/۳ سورگوم	۲
۰/۸۴ c-e	۰/۹۵ bc	۰/۷۳ de	۱/۲ سورگوم	
۰/۸۳ de	۱/۰۱ ab	۰/۶۴ e	۱/۳ سورگوم	
۰/۹۷ a	۰/۸۵ d	۱/۰۹ a	۲/۳ سورگوم	۷
۰/۹۱ a-c	۰/۹۷ b	۰/۸۵ c	۱/۲ سورگوم	
۰/۷۷ ef	۱/۰۰ ab	۰/۵۳ f	۱/۳ سورگوم	
۰/۹۰ a-d	۰/۸۱ d	۰/۹۹ b	۲/۳ سورگوم	۱۴

نسبت برابری زمین	عملکرد نسبی کوشیا	عملکرد نسبی سورگوم	سامانه کشت مخلوط	شوری ($\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$)
۰/۸۸ b-d	۱/۰۱ ab	۰/۷۵ d	۱/۲ سورگوم	
۰/۷۵ f	۱/۰۸ a	۰/۴۲ f	۱/۳ سورگوم	

میانگین‌های با حروف مشترک در هر ستون تفاوت معنی‌داری با هم ندارند (LSD=1%).

بحث

نتایج این پژوهش نشان داد که تنش شوری موجب کاهش رشد در هر دو گیاه سورگوم و کوشیا شد، با وجود این تأثیر منفی تنش شوری بر سورگوم به‌طور قابل توجهی بیشتر از کوشیا بود. به‌طوری‌که با تشدید سطح شوری تأثیر منفی آن بر تولید علوفه در هر دو گیاه، به‌ویژه در مورد سورگوم افزایش یافت که نشان‌دهنده تحمل کمتر این گیاه بود. حساسیت گیاه کوشیا نسبت به رقابت بین گونه‌ای در سامانه‌های کشت مخلوط کمتر از سورگوم بود، با وجود این سیستم بهینه کشت مخلوط برای سورگوم تیمار ۲/۳ سورگوم و برای کوشیا تیمارهای ۱/۳ سورگوم و پس از آن ۱/۲ سورگوم بود و موجب افزایش تحمل به تنش شوری هر دو گیاه شد. بنابراین در مجموع می‌توان نتیجه‌گیری کرد که کشت مخلوط بدون کاهش معنی‌دار عملکرد علوفه، اثرات منفی تنش شوری را به‌طور قابل توجهی کاهش داد.

منابع مورد استفاده

- Journal, 83: 709-713.
- Egbe, O. M., 2010. Effects of plant density of intercropped soybean with tall sorghum on competitive ability of soybean and economic yield at Otobi, Benue State, Nigeria. *Journal of Cereals and Oilseeds*, 1: 1-10.
- Emam, Y., 2011. *Cereal Production*. Shiraz University Press, Shiraz, Iran, 190p.
- Farajian Mashhadi, M. A., Kafi, M. and Nezami, A., 2013. Intercropping of kochia (*Kochia scoparia* L.) with blue panic grass (*Panicum antidotale* Retz.) under irrigation with saline water. *Agroecology*, 5: 153-160.
- Flowers, T. J. and Colmer, T. D., 2015. Plant salt tolerance: adaptations in halophytes. *Annals of Botany*, 115(3): 327-331.
- Friesen, L. F., Beckie, H. J., Warwick, S. I. and Van Acker, R. C., 2009. The biology of Canadian weeds. 138. *Kochia scoparia* (L.) Schrad. *Canadian Journal of Plant Science*, 89: 141-167.
- Godfrey, J., Onjango, C. and Beek, E., 2004. Sorghum and salinity. *Crop Science*, 44: 806-811.
- Javanshir, A., Dabbagh-Mohammadi-Nasab, A., Hamidi, A. and Golipour, M., 2000. *The Ecology of Intercropping*, Publication of Jahad Daneshgahi of Mashhah, Mashhah, Iran, 217p.
- Kandhro, M. N., Tunio, S. D., Memon, H. R. and Ansari, M. A., 2007. Growth and yield of sunflower under influence of mungbean intercropping. *Journal of Agriculture Research*, 23: 9-13.
- Kurdali, F., Janat, M. and Khalifa, K., 2003. Growth and nitrogen fixation and uptake in Dhaincha/Sorghum intercropping system under saline and non-saline conditions. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 34: 2471-2494.
- Larocque, G. R., Luckai, N., Adhikary, S. N., Groot, A., Bell, F. W. and Sharma, M., 2012. Competition theory science and application in mixed forest stands: review of experimental and modelling methods and suggestions for future research. *Environmental Reviews*, 21(2): 71-84.
- Loch, D. S., Barrett-Lennard, E. and Truong, P., 2003. Role of salt tolerant plants for production, prevention of salinity and amenity values. In proceeding of 9th National Conference of Productive Use of Saline Lands. Australia, September 29 - October 1: 1-16
- Maas, E. V. and Hoffman, G. J., 1977. *Crop salt*
- Abusuwar, A. O. and Al-Solimani, S. J., 2013. Effect of chemical fertilizers on yield and nutritive value of intercropped *Sorghum bicolor* and *Lablabpurpureus* forages grown under saline conditions. *Journal of Animal and Plant Sciences*, 23: 271-276.
- Ali, T. M. and Hasnain, A., 2014. Morphological, physicochemical, and pasting properties of modified white sorghum (*Sorghum bicolor*) starch. *International Journal of food properties*, 17(3): 523-535.
- Baumann, D. T., Bastiaans, L. and Kropff, M. J., 2001. Composition and crop performance in a leek-celery intercropping system. *Crop Science*, 41: 764-774.
- Bhatti, I. H., Ahmad, R., Jabbar, A., Nazir, M. S. and Mahmood, T., 2006. Competitive behaviour of component crops in different sesame-legume intercropping systems. *International Journal of Agriculture and Biology*, 2: 165-167.
- Bovey, R. W. and Hussey, M. A., 1991. Response of selected forage grasses to herbicides. *Agronomy*

- Environmental Sciences, 8: 115-123.
- Ranjbar, G. and Soltani, V., 2017. Comparison of yield and leaf minerals concentration of sorghum and kochia under irrigation water salinity and different kochia planting. *Journal of Water Research in Agriculture*, 13: 29-42.
- Ranjbar, G., Ghadiri, H. and Edalat, M., 2015. Effect of kochia (*Kochia indica*) density on yield and some physiological characteristics of sorghum under salinity stress. *Journal of Crop Production and Processing*, 18: 207-219.
- Sayyari, M. and Mahmoodi, S., 2002. An investigation of reason of soil salinity and alkalinity on some part of Khorasan Province (Dizbad-e Pain Region). In 17th World Congress of Soil Science. Thailand, 14-21 August: 1981-1993.
- Setoodehfar, A. and Hamidi, R., 2013 Effects of different planting rates and nitrogen levels on intercropped safflower (*Carthamus tinctorius* L.) and dry bean (*Phaseolus calcartus* L.) yield and yield components. *Desert*, 17: 307-314.
- Taiz, L., Zeiger, E., Moller, I. M. and Murphy, A., 2015. *Plant Physiology and Development*. Sinauer Associates, Incorporated, 20p.
- tolerance-current assessment. *Journal of Irrigation and Drainage Division*, 103: 115-134.
- Mahmood, K. H., 1997. Competitive superiority of *Kochia indica* over *Leptochloa fusca* (kallar grass) under varying levels of soil moisture and salinity. *Pakistan Journal of Botany*, 29: 289-297.
- Moameni, A., 2010. Geographical distribution and salinity levels of soil resources of Iran. *Soil Research Journal*, 24: 203-215.
- Munns, R. and Tester, M., 2008. Mechanisms of salinity tolerance. *Annual Review of Plant Biology*, 59: 651-681.
- Naseer, S. H., 2001. Response of barley (*Hordeum vulgare* L.) at various growth stages to salt stress. *Journal of Biological Science*, 1(5): 326-329.
- Pirasteh-Anosheh, H., Ranjbar, G., Pakniyat, H. and Emam, Y., 2016. Physiological mechanisms of salt stress tolerance in plants; An overview: 141-160. In: Azooz, M. M. and Ahmad, P., (Eds). *Plant-environment Interaction: Responses and Approaches to Mitigate Stress*. Wiley, London.
- Ranjbar, G., Ghadiri, H. and Sepaskhah, A. R., 2014. Effects of *Kochia indica* density and irrigation water salinity on sorghum and *K. indica* dry matter and chemical composition. *Journal of Biological and*

Evaluation of different planting ratio of sorghum-kochia intercropping in varied salinity conditions

A. Hedyati Firoozabadi¹, S. A. Kazemeini² and H. Pirasteh-Anosheh^{3*}

1- Former Ph.D. Student, College of Agriculture, Shiraz University, Iran

2- Associated Professor, College of Agriculture, Shiraz University, Iran

3*-Corresponding author, Assistant Professor, National Salinity Research Center, Agriculture Research, Education and Extension Organization, Yazd, Iran, Email: h.pirasteh@areeo.ac.ir

Received:4/6/2017

Accepted:8/15/2017

Abstract

In order to evaluate the forage yield in sorghum (*Sorghum bicolor*)-kochia (*Bassia indica*) intercropping, a two-year field study was conducted as a split plot based on randomized completed design with three replications. The treatments included three levels of salt stress: 2, 7 and 14 dS m⁻¹ in the main plots and five planting systems: sole sorghum, 2/3 sorghum, 1/2 sorghum, 1/3 sorghum and sole Kochia in the sub plots. The results showed that salt stress although reduced the growth and forage yield of both species, Kochia had lower yield reduction, so that 7 dS m⁻¹ salinity had no-significant effect on height and dry forage of Kochia. Furthermore, 14 dS m⁻¹ salinity level decreased height, dry and fresh forage by 52.1%, 44.9% and 62.4% in sorghum and by 15.5%, 38.7% and 23.3% in Kochia, respectively. This salinity level also reduced relative yield (RY) of sorghum by 9%, while had not significant effect on RY of Kochia. Kochia in all salinity levels showed less response to intercropping, so that in all treatments and for all traits there was no significant difference between 1/3 and 1/2 sorghum intercropping with sole crop. In this respect, 1/3 sorghum in all salinity levels and 1/2 sorghum in 14 dS m⁻¹ had a RY more than 1. Sorghum was affected by competition, so that fresh and dry weight of sorghum was not significantly reduced only in 1/3 sorghum than sole crop. Intercropping as 2/3 sorghum especially in high salinity was a severe inhibitor for sorghum. Sorghum RY was more than 1 only in 2/3 sorghum under moderate salinity. The results indicated that the optimum intercropping for each species not only had no significant on forage yield, but also modulated the negative effect of salinity on both species. Achieving a conclusive result for deciding about intercropping in saline conditions needs more research.

Keywords: Forage, haloculture, halophyte, rangeland species.