

سودمندی تولید علوفه در کشت مخلوط کوشیا (*Kochia scoparia*)، سسبانيا (*Sesbania aculeata*) و گوار (*Cyamopsis tetragonoloba*) تحت شوری آب

محمدرضا غفاریان^۱، علیرضا یدوی^{۲*}، عادل دباغ محمدی نسب^۳، معصومه صالحی^۴، محسن موحدی دهنوی^۲

تاریخ دریافت: ۹۹/۱/۱۹ تاریخ پذیرش: ۹۹/۴/۸

۱- دانشجوی دکتری فیزیولوژی گیاهان زراعی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه یاسوج

۲- دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه یاسوج

۳- استاد گروه اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

۴- استادیار مرکز ملی تحقیقات شوری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، یزد-ایران

* مسئول مکاتبه: Email: yadavi@yu.ac.ir

چکیده

اهداف: مطالعه به منظور ارزیابی شاخص‌های رقابتی و اقتصادی کشت مخلوط کوشیا، سسبانيا و گوار برای انتخاب بهترین سیستم کشت در شرایط تنش شوری انجام شد.

مواد و روش‌ها: آزمایش به صورت اسپلیت پلات در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی مرکز ملی تحقیقات شوری ایران- یزد در سال‌های زراعی ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶ انجام شد. عامل اصلی، تنش شوری در سه سطح آبیاری با آب دارای هدایت الکتریکی ۴، ۹ و ۱۴ دسی‌زیمنس بر متر و عامل فرعی، الگوی کشت تک‌کشتی کوشیا، سسبانيا و گوار و کشت‌های مخلوط دو و سه گونه‌ای آنها بود.

یافته‌ها: تنش شوری سبب کاهش ارتفاع سسبانيا و گوار گردید و کشت مخلوط سبب حفظ ارتفاع گوار و کاهش دمای برگ آن شد. بیشترین درصد پوشش سبز در شوری ۴ و ۹ دسی‌زیمنس بر متر در کشت مخلوط سه گونه، ولی در شوری ۱۴ دسی‌زیمنس بر متر در تک‌کشتی کوشیا مشاهده شد که اختلاف معنی‌داری با کشت مخلوط سه گونه نداشت. با افزایش شوری از ۴ به ۱۴ دسی‌زیمنس بر متر شاخص کلروفیل برگ گوار ۲۱/۹ درصد و سسبانيا ۱۱/۴ درصد کاهش یافت. کشت مخلوط سه گونه سبب افزایش شاخص کلروفیل برگ گوار گردید. در تنش شوری بیشترین و کمترین کاهش عملکرد علوفه به ترتیب برای گوار و کوشیا بود.

نتیجه‌گیری: با توجه به مزیت اقتصادی حاصل از چهار شاخص ارزیابی و میزان مجموع ارزش نسبی در سه سطح شوری (۱/۱۶، ۱/۰۸ و ۱/۰۱)، جایگزینی تک‌کشتی کوشیا با کشت مخلوط سه گونه پیشنهاد می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: پوشش سبز، دمای برگ، سودمندی مالی، شاخص کلروفیل، نسبت رقابت، نور جذب شده

Advantage of Forage Production in Kochia (*Kochia scoparia*), Sesbania (*Sesbania aculeata*) and Guar (*Cyamopsis tetragonoloba*) intercropping under irrigation water salinity

Mohammad Reza Ghaffarian¹, Alireza Yadavi^{2*}, Adel Dabbagh Mohammadi Nasab³, Masoumeh Salehi⁴, Mohsen Movahhedi Dehnavi²

Received: April 7, 2020 Accepted: June 28, 2020

1- PhD. Student of Physiology of Crops, Faculty of Agriculture, Yasouj University of Iran.

2- Assoc. Prof., Dept. of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Yasouj University of Iran.

3- Prof., Dept. of Plant Ecophysiology, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Iran.

of Ecophysiology of Agricultural Plants, Faculty of Agriculture, Tabriz University of Iran.

4- Assist. Prof., National Salinity Research Center, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO) Yazd-Iran

* Corresponding Author Email: yadavi@yu.ac.ir

Abstract

Background and Objective: The goals of study were to evaluate the competitive and economic indices of Kochia, Sesbania and Guar intercropping to select the best cultivation system in conditions of salinity stress.

Materials & Methods: This experiment was performed at the National Salinity Research Center (NSRC) Yazd-Iran in 2016 and 2017. Three replicates of this split-plot experiment was done using randomized complete block design. The main factor was salinity stress at three levels (irrigation with 4, 9 and 14 dS/m electrical conductivity) and sub-factor, cultivation systems (three sole cropping of Kochia, Sesbania and Guar and their two and three species intercropping).

Results: The results showed that salinity decreased the height of Sesbania and Guar and the mixed cultivation maintained the height of Guar and reduced leaf temperature. The highest percentage of green cover was at 4 and 9 dS/m in three Species, but at 14 dS/m in Kochia sole cropping which had no significant difference with three species. By increasing the salinity from 4 to 14 dS/m, the leaf chlorophyll index of the Guar decreased 21.9% and Sesbania 11.4%, respectively. Intercropping of the three species increased the leaf chlorophyll concentration. The use of mixed cultivation increased the yield of Guar and Sesbania.

Conclusion: Due to the four advantage indices and Relative Value Total at the three salinity levels (1.16, 1.08 and 1.01), it is recommended to replace Kochia sole cropping by three species intercropping.

Keywords: Competition Ratio, Ground Cover, Leaf Chlorophyll Index, Leaf Temperature, Light Absorption, Monetary Advantage Index

مقدمه

مناطق خشک و نیمه‌خشک بوده و شور شدن تدریجی خاک، از چالش‌های مهم در بسیاری از مناطق جهان می‌باشد (هرناندز و همکاران ۲۰۱۷). حدود ۲۰ درصد زمین‌های کشاورزی دنیا و ۳۰ درصد اراضی فاریاب ایران متأثر از تنش شوری بوده که هر ساله به وسعت آن اضافه می‌گردد (زمانی و همکاران ۲۰۱۱). در نواحی خشک و نیمه‌خشک، کشت مخلوط گیاهان شورزی

بهره‌گیری از همه عوامل در فرآیند کمک به تولید و بهره‌وری در کشاورزی و برنامه‌ریزی جامع برای استفاده کارآمد از منابع، مدیریت زیست محیطی و تحقق امنیت غذایی اهمیت داشته و استفاده از شیوه‌های مدرن کشاورزی، اقتصادی بودن و بازدهی تولید برای نیل به کشاورزی پایدار ضروری است (جرانیاما و همکاران ۲۰۲۰). شوری آب و خاک از مشکلات کشاورزی در

نیترژن و مواد آلی خاک، بهبود ساختمان و تهویه آن، کاهش فرسایش و افزایش ظرفیت نگهداری آب می‌شوند (حکم‌علیپور و شریفی ۲۰۱۰).

محاسبه شاخص‌های ارزیابی کشت مخلوط، امکان تصمیم‌گیری درست‌تر و دقیق‌تر در مورد انتخاب تیمار برتر را فراهم کرده و در تشریح نتایج رقابت بین گیاهان، تفسیر اطلاعات و مقایسه نتایج تحقیقات مختلف را ممکن می‌سازد (لیتورجیدیس و همکاران ۲۰۱۱).

برای ارزیابی سیستم کشت مخلوط از شاخص‌های نسبت رقابت^۱ (دیما و همکاران ۲۰۰۷)، سودمندی کشت مخلوط^۲، سودمندی مالی^۳ و مجموع ارزش نسبی^۴ (لیتورجیدیس و همکاران ۲۰۱۱) استفاده می‌شود. از شاخص بهره‌وری سیستم^۵ (ژانگ و همکاران ۲۰۱۱) نیز برای بیان سودمندی، بهره‌وری و مزیت اقتصادی کشت مخلوط استفاده می‌شود. نسبت رقابت، اگر چه میزان اضافه محصول را نشان نمی‌دهد، ولی با توجه به شدت رقابت بین دو گونه در تیمارهای مختلف می‌توان نسبت سودمندی کشت مخلوط را تعیین کرد. از شاخص‌های بهره‌وری سیستم، سودمندی مالی و مجموع ارزش نسبی، می‌توان برای بیان سودمندی، بهره‌وری و برتری مزیت اقتصادی کشت مخلوط استفاده کرد (لیتورجیدیس و همکاران ۲۰۱۱).

تامین علوفه با کیفیت برای دام‌های مناطق خشک و نیمه خشک ضروری بوده و تاکنون مطالعه‌ای برای بررسی عملکرد علوفه کوشیا، سسبانيا و گوار در کشت مخلوط و در شرایط شوری آب آبیاری انجام نگردیده است. این مطالعه برای ارزیابی شاخص‌های رقابتی و اقتصادی کشت مخلوط دو و سه گونه‌ای آنها و انتخاب بهترین سیستم کشت در شرایط تنش شوری انجام شد.

راهکاری برای افزایش عملکرد علوفه است (مشهدی و همکاران ۲۰۱۶). در شرایط شوری، کشت مخلوط از مزیت نسبی عملکرد برخوردار و به کارگیری بقولات در کشت مخلوط سبب بهبود شاخص‌های کمی و کیفی علوفه می‌شود (پانتا و همکاران ۲۰۱۸).

کشت مخلوط به کاشت همزمان دو و یا چند گیاه در یک مزرعه با هدف افزایش عملکرد در بعد زمان و مکان اطلاق می‌شود (استریچلند و همکاران ۲۰۱۵). عملکرد کشت مخلوط با بهره‌گیری از تنوع گیاهی در مزرعه و استفاده بهتر از عوامل محیطی نسبت به تک‌کشتی افزایش و استفاده گیاهان از نیچ‌های اکولوژیک متفاوت موجب بهره‌گیری بهتر از منابع محیطی می‌شود (احمدی و همکاران ۲۰۱۱). در نواحی خشک و نیمه‌خشک با کشت گیاهان علوفه‌ای و قرار دادن بقولات در ترکیب آنها می‌توان علوفه مورد نیاز این مناطق را با بهره‌برداری از منابع آبی شور تامین نمود (پانتا و همکاران ۲۰۱۸).

انتخاب گیاهان علوفه‌ای مناسب در شرایط تنش شوری، برای بهبود عملکرد و بهره‌گیری از کشت مخلوط در استفاده بهینه از منابع محیطی، افزایش بهره‌وری، بهبود راندمان جذب و عملکرد بالا (امانی ماچپانی و همکاران ۲۰۱۸)، چشم‌اندازی برای تولید علوفه با کیفیت برای دام‌های اهلی در مناطق مرکزی ایران می‌باشد. استفاده از گیاهان مقاوم به شوری نظیر کوشیا از راهکارهای مناسب برای تامین علوفه کافی در این مناطق است. کوشیا یک گیاه علوفه‌ای خوش‌خوراک، متحمل به شوری و دارای ریشه‌ای راست و عمیق است (منگیستو و میسرسمیت ۲۰۰۲). از سوی دیگر، سسبانيا (ولندر و تنجی ۲۰۱۱) و گوار (رائو و همکاران ۲۰۰۹) گیاهانی از خانواده بقولات، متحمل به تنش شوری، دارای توانایی همزیستی با باکتری‌های تثبیت‌کننده نیترژن و ریشه‌ای عمودی و نیمه عمیق می‌باشند. بقولات باعث افزایش

3- Monetary Advantage Index (MAI)

4- Relative Value Total (RVT)

5- System Productivity Index (SPI)

1- Competition Ratio (CR)

2- Intercropping Advantage (IA)

مواد و روش‌ها

این آزمایش در مزرعه‌ی تحقیقاتی مرکز ملی تحقیقات شوری ایران- یزد و در سال‌های ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶ انجام شد. آزمایش به شکل اسپلیت پلات، در قالب طرح پایه‌ی بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا گردید. عامل اصلی آبیاری با آب شور و عامل فرعی سامانه کشت بود. آبیاری با آب شور در سه سطح با هدایت الکتریکی ۴، ۹ و ۱۴ دسی‌زیمنس بر متر و سامانه کشت شامل تک‌کشتی سسبانیا، گوار و کوشیا و کشت‌های مخلوط (کوشیا : سسبانیا، کوشیا : گوار، سسبانیا : گوار و کوشیا : سسبانیا : گوار) بود. کشت‌های مخلوط ردیفی و از سری طرح‌های جایگزینی (۵۰:۵۰) بود. بافت خاک لومی رسی شنی (شن، سیلت و رس به ترتیب ۵۱، ۲۶ و ۲۳ درصد) بود. برای کوددهی از اوره و سوپر فسفات تریپل به ترتیب به میزان ۱۱۰ و ۴۳ کیلوگرم در هکتار استفاده گردید. کاشت بذور پس از انجام عملیات شخم، دیسک و آماده‌سازی بستر در اواسط فروردین ماه و به‌صورت دستی صورت گرفت. طول و عرض کرت‌ها ۳ و ۴/۵ متر با ۹ خط کشت با فاصله ۵۰ سانتی‌متر بود. فاصله بذور ۲۰ سانتی‌متر بر روی ردیف برای هر سه گیاه (با رعایت تعداد بوته در هر کپه برای کوشیا ۲ و برای سسبانیا و گوار ۳ بوته) و با عمق کشت ۱ تا ۳ سانتی‌متر انجام شد. تیمارهای شوری همزمان با آبیاری سوم و پس از استقرار کامل بوته‌ها در مزرعه اعمال گردید. آبیاری ۱۰ روز یک‌بار از طریق کانال‌های مجزا انجام شد. تیمارهای آب شور با مخلوط کردن آب دو چاه طبیعی با هدایت الکتریکی ۲ و ۱۴ دسی‌زیمنس بر متر توسط سامانه تعبیه شده در مزرعه تهیه و با سیستم لوله‌کشی وارد کرت مورد نظر گردید.

ارتفاع بوته و عملکرد علوفه برای هر گونه به‌صورت جداگانه، اندازه‌گیری شد. برداشت علوفه تولیدی از ردیف‌های وسط و با حذف حاشیه‌ها انجام شد. برای تعیین عملکرد خشک، علوفه‌ی برداشت شده در آونی با

دمای ۶۵ درجه سلسیوس به مدت ۷۲ ساعت نگهداری گردید و سپس نمونه‌ها توزین شد (لیتورجیدیس و همکاران ۲۰۱۱).

برای محاسبه درصد پوشش سبز، یک روز قبل از برداشت محصول با استفاده از دوربین دیجیتالی از بالای کانوپی هر کرت به صورت عمودی و در یک ارتفاع ثابت عکس گرفته شد. سپس عکس‌ها به وسیله نرم افزار Adobe Photoshop CS3 extended مورد پردازش قرار گرفت و بر اساس آن درصد پوشش سبز برای هر تیمار مشخص گردید (مولان و رینولدز ۲۰۱۰).

اندازه‌گیری میزان نور در یک روز آفتابی با دستگاه نورسنج (SunScan Delta-T ساخت انگلستان) در فاصله ساعات ۱۱ تا ۱۴ و در ابتدای مرحله غنچه‌دهی کوشیا در هر کرت در بالای کانوپی و کف کانوپی انجام شد. میزان نور دریافت شده نهایی توسط کانوپی‌های خالص و مخلوط از اختلاف نور در بالای کانوپی و کف کانوپی طبق رابطه ۱ محاسبه شد (تسفا‌ی و همکاران ۲۰۰۶).

[رابطه ۱]

$$= \text{درصد نور جذب شده} \\ = 100 \times \left(\frac{\text{نور پایین کانوپی} - \text{نور بالای کانوپی}}{\text{نور بالای کانوپی}} \right)$$

دمای برگ هم‌زمان با اندازه‌گیری نور دریافتی، توسط دماسنج سطح برگ (IR400، ساخت آمریکا، ۲۰۱۳) از برگ‌های سه قسمت مختلف بالا، وسط و پایین هر گیاه اندازه‌گیری شد. از میانگین دمای این سه قسمت، دمای برگ گیاهی تعیین گردید.

برای اندازه‌گیری شاخص کلروفیل برگ از کلروفیل‌سنج SPAD (CCM-200 ساخت انگلستان، ۲۰۰۱) در ابتدای مرحله غنچه‌دهی کوشیا استفاده گردید. برای اندازه‌گیری شاخص سبزی‌نگی، از هر کرت پنج بوته از هر گونه گیاهی انتخاب گردید که این اندازه‌گیری‌ها در

برای ارزیابی سودمندی، بهره‌وری و مزیت اقتصادی کشت مخلوط از شاخص‌های رقابتی و اقتصادی کشت مخلوط به شرح روابط زیر استفاده شد.

صبح زود انجام شد. در نهایت از میانگین اندازه‌گیری شده، میزان شاخص کلروفیل برای هر گونه به طور جداگانه گزارش شد.

$$CR^1_{\text{(Double cropping)}} = (LER_1/LER_2) \times (Z_{21}/Z_{12}) \quad \text{[رابطه ۲]}$$

$$CR_{\text{(Triple cropping)}} = [LER_1/(LER_2+LER_3)] \times [(Z_{212}+Z_{112})/Z_{122}]$$

$$IA^2_{\text{(Double cropping)}} = IA_1 + IA_2, IA_1 = AYL_1 \times P_1, IA_2 = AYL_2 \times P_2 \quad \text{[رابطه ۳]}$$

$$IA_{\text{(Triple cropping)}} = IA_1 + IA_2 + IA_3, IA_1 = AYL_1 \times P_1, IA_2 = AYL_2 \times P_2, IA_3 = AYL_3 \times P_3$$

$$MAI^3 = \text{Value of combined intercrops} \times [(LER - 1) / LER] \quad \text{[رابطه ۴]}$$

$$\text{Value of combined intercrops} = [(Y_{12} \times P_1) + (Y_{21} \times P_2) + \dots]$$

$$SPI^4_{\text{(Double cropping)}} = [(Y_{11} / Y_{22}) \times Y_{21}] + Y_{12} \quad \text{[رابطه ۵]} \quad SPI_{\text{(Triple cropping)}} =$$

$$[(Y_{111} / (Y_{222} + Y_{333})) \times (Y_{212} + Y_{112})] + Y_{122}$$

$$RVT^5_{\text{(Double cropping)}} = (Y_{12} \times P_1) + (Y_{21} \times P_2) / M_1P_1 \quad M_1P_1 > M_2P_2 \quad \text{[رابطه ۶]}$$

$$RVT_{\text{(Triple cropping)}} = (Y_{122} \times P_1) + (Y_{212} \times P_2) + (Y_{112} \times P_3) / M_1P_1$$

1- Competitive Ratio (CR)

2- Intercropping advantage (IA)

3- Monetary Advantage Index (MAI)

4- System Productivity Index (SPI)

5-Relative Value Total (RVT)

در کشت مخلوط، Z_{111} نسبت گیاه اول در تک‌کشتی، Z_{222} نسبت گیاه دوم در تک‌کشتی، Z_{333} نسبت گیاه سوم در تک‌کشتی و P_1 و P_2 به ترتیب بهای هر کیلوگرم گیاه اول و دوم در کشت مخلوط می‌باشند. بهای هر کیلوگرم علوفه تولیدی برای کوشیا، سسبانی و گوار به ترتیب ۴۳۰۰، ۵۱۰۰ و ۵۷۰۰ ریال در نظر گرفته شد که بر اساس میانگین قیمت محلی و در سال اجرای آزمایش به‌دست آمد.

تجزیه واریانس داده‌ها برای صفات اندازه‌گیری شده با نرم افزار آماری SAS انجام شد. برای اطمینان از یکنواختی واریانس خطاها آزمون بارتلت انجام شد. با توجه به معنی‌دار نبودن آزمون برای صفات اندازه‌گیری شده، تجزیه مرکب دو ساله انجام شد. مقایسه اثرات اصلی با استفاده از آزمون LSD و در صورت معنی‌دار شدن اثرات متقابل، آنالیز برش‌دهی اثر سامانه‌های مختلف

در معادلات ذکر شده؛ ۱، ۲ و ۳ به ترتیب گیاه اول، دوم و سوم، M و P به ترتیب عملکرد و قیمت گیاهان، M_1P_1 و M_2P_2 به ترتیب حداکثر و حداقل درآمد در تک‌کشتی می‌باشند. در کشت مخلوط دوگونه: Y_{12} عملکرد گیاه اول در کشت مخلوط، Y_{11} عملکرد گیاه اول در تک‌کشتی، Y_{21} عملکرد گیاه دوم در کشت مخلوط، Y_{22} عملکرد گیاه دوم در تک‌کشتی، Z_{12} نسبت گیاه اول در کشت مخلوط، Z_{21} نسبت گیاه دوم در کشت مخلوط، Z_{11} نسبت گیاه اول در تک‌کشتی، Z_{22} نسبت گیاه دوم در تک‌کشتی می‌باشند. در کشت مخلوط سه گونه: Y_{122} عملکرد گیاه اول در کشت مخلوط، Y_{111} عملکرد گیاه اول در تک‌کشتی، Y_{212} عملکرد گیاه دوم در کشت مخلوط، Y_{222} عملکرد گیاه دوم در تک‌کشتی، Y_{112} عملکرد گیاه سوم در کشت مخلوط، Y_{333} عملکرد گیاه سوم در تک‌کشتی، Z_{122} نسبت گیاه اول در کشت مخلوط، Z_{212} نسبت گیاه دوم در کشت مخلوط، Z_{112} نسبت گیاه سوم

کشت در هر سطح شوری انجام و مقایسه میانگین صفات با استفاده از رویه Means LSD انجام شد.

نتایج

ارتفاع بوته

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثرات شوری آب آبیاری و سامانه کشت بر ارتفاع بوته گیاهان سسبانی و گوار در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود، ولی تیمارهای آزمایشی تاثیر معنی‌داری بر ارتفاع بوته گیاه کوشیا نداشتند (جدول ۱). مقایسه میانگین (جدول ۲) نشان داد که با افزایش سطح شوری آب آبیاری از ۴ به ۹ و ۱۴ دسی‌زیمنس بر متر میانگین ارتفاع بوته سسبانی یک و ۲/۲ درصد و برای گوار ۹/۱ و ۲۳/۷ درصد کاهش یافت. مقایسه میانگین اثر سامانه کشت (جدول ۲) نشان داد که بیشترین میانگین ارتفاع بوته سسبانی و گوار، در مخلوط با کوشیا بود که با سایر سامانه‌های کشت، تفاوت معنی‌داری داشت. از طرف دیگر، کمترین میانگین ارتفاع سسبانی و گوار در تک‌کشتی آنها بود. میانگین ارتفاع سسبانی در مخلوط با کوشیا، مخلوط با گوار و ترکیب سه گونه‌ای به ترتیب ۱۰/۲، ۶/۴ و ۴/۸ سانتی‌متر نسبت به تک‌کشتی سسبانی افزایش داشت. میانگین ارتفاع گوار نیز در مخلوط با کوشیا، مخلوط با سسبانی و ترکیب سه گونه‌ای به ترتیب ۲/۳، ۰/۶ و ۲/۶ سانتی‌متر نسبت به تک‌کشتی گوار افزایش داشت.

عدم تأثیر معنی‌دار شوری و کشت مخلوط بر ارتفاع کوشیا، بیانگر پتانسیل بالای این گیاه برای سازگاری با شوری و تغییر تراکم می‌باشد. بررسی کشت مخلوط

ذرت و شبدر نیز تفاوت معنی‌داری در ارتفاع ذرت نشان داد (بری‌باستا و همکاران ۲۰۰۸). افزایش میانگین ارتفاع گیاهان سسبانی و گوار در کشت مخلوط با کوشیا بیانگر تاثیر رقابتی کوشیا در جذب نور می‌باشد که به افزایش ارتفاع آنها ختم شده است. در کشت مخلوط کاهش یا افزایش ارتفاع بوته گیاهان به شدت رقابت بین گیاهان بستگی دارد (تونا و هوراک ۲۰۰۷). افزایش ارتفاع یک گیاه می‌تواند از نظر رقابت با سایر گیاهان در یک جامعه گیاهی مزیت محسوب شده و در کشت مخلوط افزایش رقابت برای نور و فضای زیستی هر گونه ممکن است سبب افزایش ارتفاع گیاه شود (اسکالیس و همکاران ۲۰۱۵). افزایش ارتفاع باعث می‌شود که برگ‌ها، در موقعیت بهتری از نظر میزان جذب نور قرار گرفته و فرآیند فتوسنتز افزایش یابد (استریچلند و همکاران ۲۰۱۵).

در این بررسی افزایش ارتفاع گیاه سسبانی و گوار در مخلوط با کوشیا به دلیل کاهش میزان تشعشعات فعال فتوسنتزی است. در این بررسی با جایگزین شدن کوشیا با سسبانی و گوار، به دلیل رقابت برای کسب نور، ارتفاع آنها افزایش یافته است. به نظر می‌رسد بوته‌های کوشیا به دلیل سایه‌اندازی روی سسبانی و گوار، باعث کاهش نسبت نور قرمز به قرمز دور شده و در نتیجه طول میانگرمه و به تبع آن افزایش ارتفاع گیاهان سسبانی و گوار صورت گرفته است. از طرف دیگر، به دلیل کاهش نور دریافتی توسط لایه‌های پایین کانوپی، هورمون اکسین تجزیه نشده و با افزایش غلظت اکسین، ارتفاع بوته افزایش می‌یابد (آگنهو و همکاران ۲۰۰۶).

جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس اثر شوری آب آبیاری و سیستم کشت برای ارتفاع گیاه، دمای برگ، شاخص کلروفیل برگ (اسپد) و نور جذب شده گیاهان کوشیا، سسبانیای و گوار برای دو سال آزمایش

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات					
		کوشیا		سسبانیای		گوار	
		شاخص کلروفیل برگ	ارتفاع گیاه	شاخص کلروفیل برگ	ارتفاع گیاه	شاخص کلروفیل برگ	ارتفاع گیاه
سال	۱	۴۵/۷۶ ^{ns}	۲۶/۲۸ ^{ns}	۸/۴۲ ^{ns}	۱/۱۷ ^{ns}	۵/۸۳ ^{ns}	۲۵/۲۲ ^{ns}
تکرار (سال)	۴	۷۴۱/۳۳	۲۱۴/۱۶	۶۶۴/۲۷	۲۲/۸۴	۴۷۱/۲۲	۲۹/۷
شوری	۲	۰/۶۹ ^{ns}	۱۳/۹۶ ^{**}	۱۰۱/۸۴ ^{**}	۵/۳۸ ^{ns}	۴۶۴/۱۹ ^{**}	۳۳/۰ ^{ns}
سال*شوری	۲	۰/۰۱ ^{ns}	۰/۰۰۱ ^{ns}	۰/۰۵ ^{ns}	۱/۰۵ ^{ns}	۰/۰۲ ^{ns}	۰/۳۵ ^{ns}
خطای اصلی (a)	۸	۷۵/۵۵	۱/۰۶	۳/۵۸	۴۲/۱۸	۳/۴۷	۱۲/۲۳
سامانه کشت	۳	۱۹/۹۲ ^{ns}	۳۲/۰۹ ^{**}	۱۱/۵۱ ^{ns}	۱/۲۱ ^{ns}	۲۸/۹۹ ^{**}	۴۶/۸۴ [*]
سال*سامانه کشت	۳	۰/۰۰۴ ^{ns}	۰/۰۰۱ ^{ns}	۲/۶۹ ^{ns}	۰/۵۱ ^{ns}	۰/۰۱ ^{ns}	۰/۱۲ ^{ns}
شوری*سامانه کشت	۶	۲/۴۶ ^{ns}	۳/۷۲ ^{ns}	۲/۷۰ ^{ns}	۱/۱۱ ^{ns}	۱۲/۰۵ ^{ns}	۲/۴۱ ^{ns}
سال*شوری*سامانه کشت	۶	۰/۰۰۴ ^{ns}	۰/۰۰۱ ^{ns}	۱/۴۵ ^{ns}	۰/۶۱ ^{ns}	۰/۰۲ ^{ns}	۰/۰۵ ^{ns}
خطای فرعی (b)	۳۶	۲۴/۶۲	۲۸/۳۰	۵/۳۴	۲۴/۲۶	۲/۳۲	۱۳/۷۱
ضریب تغییرات (%)		۷/۷۳	۷/۹۶	۶/۸۱	۱۵/۶۶	۴/۳۵	۱۱/۹۵

ns, ** و * به ترتیب غیرمعنی دار و معنی دار در سطوح احتمال خطای ۱ و ۵ درصد را نشان می دهند.

جدول ۲- مقایسه میانگین ارتفاع گیاه، دمای برگ و شاخص کلروفیل برگ سسبانیای و گوار برای سطوح شوری آب آبیاری و سیستم کشت

شوری آب آبیاری (dS.m ⁻¹)	سسبانیای		گوار	
	ارتفاع گیاه (cm)	شاخص کلروفیل برگ	ارتفاع گیاه (cm)	شاخص کلروفیل برگ (°C)
۴	۶۷/۴۹ a	۳۶/۰۱ a	۳۶/۶۶ a	۲۹/۸ a
۹	۶۶/۸۴ a	۳۳/۹۰ b	۳۳/۳۲ b	۳۰/۸ a
۱۴	۶۵/۹۷ b	۳۱/۸۹ c	۳۱/۳۶ b	۳۲/۲ a
سیستم کشت				
K	-	-	-	-
G	-	-	۳۲/۲۰ b	۳۲/۶ a
S	۶۱/۴۲ c	۲۴/۳۲ a	-	-
K×G	-	-	۳۵/۰۹ a	۲۹/۷ bc
K×S	۷۱/۶۱ a	۳۳/۴۱ a	-	-
S×G	۶۷/۷۹ b	۳۳/۱۳ a	۳۳/۷۱ ab	۳۲/۱ ab
K×S×G	۶۶/۲۶ b	۳۴/۸۶ a	۳۴/۱۲ ab	۲۹/۴ c

حروف مشابه در هر ستون بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی داری باهم ندارند. K: تک کشتی کوشیا، G: تک کشتی گوار، S: تک کشتی سسبانیای، K×G: مخلوط کوشیا با گوار، K×S: مخلوط کوشیا با سسبانیای، S×G: مخلوط گوار با سسبانیای، K×S×G: مخلوط کوشیا با سسبانیای و گوار.

درصد پوشش سبز

درصد پوشش سبز تحت تاثیر شوری آب آبیاری، سامانه کشت و اثر متقابل آنها قرار گرفت (جدول ۳). مقایسه میانگین برهمکنش شوری و سامانه کشت (جدول ۴) نشان داد که در سطوح مختلف شوری اختلاف معنی‌داری بین میانگین درصد پوشش سبز در سامانه‌های مختلف کشت وجود دارد. بیشترین درصد پوشش سبز در شوری ۴ و ۹ دسی‌زیمنس بر متر در کشت مخلوط سه گونه بود که نسبت به تک‌کشتی کوشیا به ترتیب ۴/۹ و ۴/۱ درصد افزایش معنی‌داری داشت ولی در سطح شوری ۱۴ دسی‌زیمنس بر متر ۱/۴ درصد کاهش داشت که این تفاوت معنی‌دار نبود. در شوری ۱۴ دسی‌زیمنس بر متر بیشترین درصد پوشش سبز مربوط به تک‌کشتی کوشیا بود که اختلاف معنی‌داری با کشت مخلوط سه گونه نداشت. از طرف دیگر در هر سه سطح شوری، کمترین درصد پوشش سبز مربوط به تک‌کشتی گوار بود که با افزایش سطح شوری از ۴ به ۱۴ دسی‌زیمنس بر متر ۲۸/۱ درصد کاهش یافت. احمدی و همکاران (۲۰۱۱) گزارش کردند که کشت مخلوط ذرت و سویا نسبت به تک‌کشتی آنها دارای درصد پوشش سبز بیشتری است. درصد پوشش سبز

بیشتر در مزرعه موجب می‌گردد که گیاهان از منابع محیطی (نور، آب، مواد غذایی و ...) بهتر استفاده کرده و این امر روی عملکرد تاثیر مثبت خواهد گذاشت. علت افزایش درصد پوشش سبز در کشت مخلوط ذرت و باقلا به دلیل افزایش سطح برگ گیاهان و رابطه درصد پوشش سبز با راندمان مصرف نور و عملکرد و همچنین استفاده بیشتر از منبع نوری و در نتیجه افزایش راندمان فتوسنتز بیان شده است (رضایی و همکاران ۲۰۱۰).

در این بررسی بسته شدن کانوپی سبب افزایش درصد پوشش سبز شده و از هدرروی نور عبوری به داخل کانوپی جلوگیری می‌کند. بالا بودن درصد پوشش سبز تک‌کشتی کوشیا و کشت مخلوط سه گونه، سبب افزایش میزان نور دریافتی کانوپی در این سامانه‌های کشت گردیده است. حضور سسبانی و گوار در زیر کانوپی کوشیا منجر به جذب طول موج‌های انتقال یافته و منعکس شده توسط کانوپی کوشیا می‌شود و این موضوع باعث افزایش جذب نور کانوپی در کشت مخلوط سه گونه و بخصوص در سطح شوری ۴ و ۹ دسی‌زیمنس بر متر گردیده است. در شوری ۱۴ دسی‌زیمنس بر متر هرچند درصد پوشش سبز کاهش یافته ولی نسبت به تک‌کشتی کوشیا معنی‌دار نیست.

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس اثر شوری آب آبیاری و سامانه کشت بر درصد پوشش سبز، نور جذب شده و عملکرد علوفه

منابع تغییر	درجه آزادی	درصد پوشش سبز	نور جذب شده
سال	۱	۷۸/۲۶ ^{ns}	۱/۸۸ ^{ns}
تکرار (سال)	۴	۲۰/۷۸	۱۵۹/۶۷
شوری	۲	۳۸۵/۰۹ ^{**}	۳۷/۱۰ ^{ns}
سال × شوری	۲	۳/۲۳ ^{ns}	۰/۰۳ ^{ns}
خطای اصلی	۸	۵/۵۹	۳۱/۸۹
سامانه کشت	۶	۳۹۴۹/۷۶ ^{**}	۸۹۰/۸۶ ^{**}
سال × سامانه کشت	۶	۱۷/۷۷ ^{ns}	۴/۱۶ ^{ns}
شوری × سامانه کشت	۱۲	۴۰/۱۹ ^{**}	۳/۵۴ ^{ns}
سال × شوری × سامانه کشت	۱۲	۲/۷۹ ^{ns}	۱/۷۹ ^{ns}
خطای فرعی	۷۲	۵/۵۱	۳۲/۹۸
ضریب تغییرات (%)		۳/۳۶	۹/۷۷

ns, ** و * به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال خطای ۱ و ۵ درصد را

نشان می‌دهند.

جدول ۴- مقایسه میانگین درصد نور جذب شده و درصد پوشش سبز تحت تاثیر تیمارهای شوری آب آبیاری و سیستم کشت

نور جذب شده (%)	درصد پوشش سبز			سیستم کشت
	شوری آب آبیاری (dS.m^{-1})			
	۱۴	۹	۴	
۶۵/۱۰ b	۸۴/۱ a	۸۳/۸ b	۸۵/۱ a	K
۵۰/۴۹ d	۴۱/۷ e	۴۷/۹ e	۵۸/۰ e	G
۵۲/۷۰ d	۵۶/۷ d	۵۶/۹ d	۵۸/۸ e	S
۵۹/۸۵ c	۷۸/۷ b	۸۱/۵ b	۸۵/۹ b	K×G
۵۹/۸۰ c	۶۷/۳ c	۶۸/۸ c	۷۱/۰ c	K×S
۵۳/۵۰ d	۵۷/۲ d	۵۹/۲ d	۶۲/۶ d	S×G
۶۹/۷۹ a	۸۲/۹ a	۸۷/۲ a	۸۹/۳ a	K×S×G

حروف مشابه در هر ستون بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی داری باهم

ندارند. K: تک کشتی کوشیا، G: تک کشتی گوار، S: تک کشتی سسبانيا، K×G: مخلوط کوشیا با گوار، K×S:

مخلوط کوشیا با سسبانيا، S×G: مخلوط گوار با سسبانيا، K×S×G: مخلوط کوشیا با سسبانيا و گوار.

نور جذب شده کانوپی

نتایج نشان داد که تنها اثر سامانه کشت بر میزان نور جذب شده معنی دار بود (جدول ۳). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بیشترین میانگین نور جذب شده در کشت مخلوط سه گونه بود که با سایر سامانه‌های کشت اختلاف معنی داری داشت (جدول ۴). در این سامانه کشت میانگین نور جذب شده نسبت به کشت‌های خالص کوشیا، سسبانيا و گوار به ترتیب ۶/۷، ۲۷/۶ و ۲۴/۵ درصد بیشتر بود و نسبت به کشت مخلوط کوشیا با گوار، کوشیا با سسبانيا و سسبانيا با گوار به ترتیب ۱۴/۲، ۱۴/۳ و ۲۳/۳ درصد بیشتر بود.

در این آزمایش و در سامانه‌های مخلوط برتر، میزان نوری که توسط کوشیا دریافت نگردیده است در پایین کانوپی توسط سسبانيا و گوار جذب شده و موجب افزایش راندمان جذب تابش فعال فتوسنتزی گردیده است. بالاتر بودن جذب تشعشع در کانوپی کشت‌های مخلوط نسبت به تک کشتی می‌تواند به دلیل اختلاف در فرم بوته، شکل کانوپی و آرایش برگ و ساقه باشد. مطالعات انجام شده نشان داده‌اند که کشت مخلوط نسبت به تک کشتی نور بیشتری را از نظر کمی و کیفی جذب

می‌کند و به دلیل کاهش انعکاس نور، تفاوت در زمان رشد، آرایش شاخ و برگ و شکل کانوپی گیاهان انتخابی (سوبو و همکاران ۲۰۰۵) و افزایش کارایی مصرف نور (آگگنو و همکاران ۲۰۰۶) تلفات تشعشع فتوسنتزی نسبت به تک کشتی کاهش یافته و امکان بهره‌برداری از حداکثر نور موجود سبب افزایش عملکرد می‌گردد.

در این بررسی و با توجه به اختلاف ارتفاع بوته کوشیا با سسبانيا و گوار در سیستم‌های کشت مخلوط، سطح سایه‌انداز از حالت مسطح به حالت موجی در آمده و سطح جذب نور افزایش پیدا کرده است. از طرف دیگر ارتفاع بیشتر کوشیا، رقابت نوری برای سسبانيا و گوار ایجاد نموده و سبب افزایش ارتفاع آنها شده و احتمالاً برگ‌های کارآمد در موقعیت بهتر جذب نوری و فتوسنتز قرار گرفته است (استریچلند و همکاران ۲۰۱۵). همچنین سسبانيا و گوار در زیر کانوپی کوشیا، طول موج‌های انتقال یافته و منعکس شده توسط کوشیا را جذب نموده و سبب افزایش جذب نور در کشت مخلوط سه گونه شده است. بنابراین کشت مخلوط سه گونه در کنار یکدیگر و با تغییر در ساختار کانوپی و اثرات مثبت ناشی از حضور این گیاهان در مجاورت یکدیگر، شرایطی را ایجاد کرده که

کاهش دمای برگ آن گردیده است. از طرف دیگر کاهش نسبی دمای برگ گیاه سبب بهبود شاخص کلروفیل برگ و احتمالاً افزایش جذب نور دریافتی شده است.

شاخص کلروفیل برگ

برای گیاه سسبانیا اثر شوری آب آبیاری و برای گیاه گوار اثرات شوری آب آبیاری و سامانه کشت بر شاخص کلروفیل برگ معنی‌دار بود (جدول ۱). تنش شوری ۹ و ۱۴ دسی‌زیمنس بر متر، سبب کاهش شاخص کلروفیل برگ سسبانیا و گوار نسبت به تنش شوری ۴ دسی‌زیمنس بر متر شد (جدول ۲). مقایسه میانگین اثر سامانه کشت بر شاخص کلروفیل برگ گوار نشان داد که بیشترین شاخص کلروفیل برگ گوار در کشت مخلوط سه گونه و کشت مخلوط با کوشیا بود که با تک‌کشتی گوار اختلاف معنی‌داری داشت و این شاخص در کشت مخلوط با گوار، کشت مخلوط با سسبانیا و کشت مخلوط سه گونه نسبت به تک‌کشتی گوار به ترتیب $6/8$ ، $1/8$ و $7/7$ درصد بیشتر بود. این موضوع نشان می‌دهد که در سامانه کشت مخلوط شرایط مناسبی برای گوار فراهم گردیده که سبب افزایش شاخص کلروفیل برگ آن گردیده است (هرچند اختلاف بین تک‌کشتی گوار و کشت مخلوط گوار با سسبانیا معنی‌دار نبود).

یکی از اثرات شوری در گیاهان کاهش فعالیت فتوسنتزی آنها بوده که در نتیجه کاهش مقدار کلروفیل، کاهش جذب دی‌اکسیدکربن و ظرفیت فتوسنتزی می‌باشد. افزایش شاخص کلروفیل برگ یک گیاه در کشت مخلوط بیانگر ظرفیت بالاتر در جذب نور دریافتی است. از آنجایی که میزان کلروفیل، میزان فتوسنتز و تولید ماده خشک با همدیگر مرتبط هستند، بیشتر بودن میزان کلروفیل هر گیاه در کشت مخلوط، می‌تواند منجر به افزایش فرآیند فتوسنتز، تولید ماده خشک و عملکرد گردد. در این بررسی و با افزایش شوری از ۴ به ۱۴ دسی‌زیمنس بر متر شاخص کلروفیل گوار $21/9$ درصد و شاخص کلروفیل سسبانیا $11/4$ درصد کاهش داشت

تشعشع ورودی به نحو مطلوب‌تری توسط گونه‌ها جذب گردیده است.

دمای برگ

دمای برگ گوار به طور معنی‌داری تحت تاثیر سامانه‌های کشت قرار گرفت، ولی اثر هیچ یک از تیمارهای آزمایشی بر دمای برگ گیاهان کوشیا و سسبانیا معنی‌دار نبود (جدول ۱). مقایسه میانگین نشان داد که در سامانه کشت مخلوط شرایط مناسبی برای گوار فراهم گردید که سبب کاهش دمای برگ آن گردید. بیشترین کاهش برای دمای برگ گوار در کشت مخلوط سه گونه و کشت مخلوط با کوشیا بود که با تک‌کشتی گوار اختلاف معنی‌داری داشت (جدول ۲).

مطالعات انجام شده نشان داده‌اند که دمای برگ در کشت مخلوط نسبت به تک‌کشتی کاهش می‌یابد (زومی‌گاسکی و ونایکر ۲۰۰۸). جایا و همکاران (۲۰۰۸) نیز نشان دادند که به دلیل سایه‌اندازی ذرت دمای کانوپی کشت مخلوط کاهش یافت. در کشت مخلوط به دلیل تأثیر مثبت گونه‌های گیاهی در افزایش پوشش زمین، حفظ بیشتر رطوبت خاک، کاهش تبخیر از سطح خاک، افزایش راندمان مصرف آب و افزایش رطوبت نسبی کانوپی، دمای کانوپی نسبت به تک‌کشتی پایین‌تر است (آنتونی و رن ۲۰۰۸). در این بررسی با توجه به اینکه دمای برگ گوار در تمامی کشت‌های مخلوط نسبت به دمای برگ گوار در تک‌کشتی آن پایین‌تر بود، به نظر می‌رسد که روزه‌های برگ این گیاه بازتر و تعرق بیشتری صورت گرفته است. تعرق بیشتر در کشت مخلوط، رطوبت نسبی کانوپی را بالا برده و انرژی ورودی صرف فرآیندهای تولید و فتوسنتز شده و سهم انرژی اختصاص یافته برای گرمایش برگ گیاه کاهش می‌یابد. از طرف دیگر هوای مرطوب، دمای گیاه در کشت مخلوط را متعادل نگه داشته و دمای آن نسبت به تک‌کشتی آهسته‌تر گرم می‌شود. همچنین، سایه‌اندازی کوشیا روی گوار و تعرق بیشتر در کشت مخلوط، رطوبت کانوپی افزایش یافته که منجر به

گیاه کوشیا در کشت مخلوط با گوار، برای گیاه سسبانی در کشت مخلوط با کوشیا و برای گیاه گوار در کشت مخلوط با سسبانی بود که با سایر سامانه‌ها اختلاف معنی‌داری داشت (جدول ۶). در همه تیمارها نسبت رقابت گیاهان سسبانی و کوشیا (به غیر از کشت مخلوط کوشیا با سسبانی) بزرگتر از ۱ بود. این بالاتر بودن مقدار نسبت رقابت بیانگر توانایی بیشتر رقابت آنها نسبت به گیاه گوار بود. با این حال، نسبت رقابت کوشیا زمانی که در کنار سسبانی قرار گرفت کمتر از یک شد. علاوه بر آن، گوار رقابتگر ضعیف‌تری در ترکیب با کوشیا و سسبانی بود. اثر شوری آب آبیاری نیز بر نسبت رقابت گیاه گوار معنی‌دار بود (جدول ۵). مقایسه میانگین نشان داد که با افزایش شوری آب آبیاری از ۴ به ۱۴ دسی‌زیمنس بر متر نسبت رقابت گیاه گوار ۷/۱ درصد افزایش یافت (جدول ۶).

(جدول ۴-۳۰). بنابراین شاخص کلروفیل گوار بیشتر از سسبانی تحت تاثیر شوری آب آبیاری قرار گرفت. از طرف دیگر در کشت مخلوط سه گونه، سایه‌اندازی کوشیا و سسبانی بر روی گوار سبب افزایش غلظت کلروفیل برگ گوار گردیده است (قوش و همکاران ۲۰۰۶). به نظر می‌رسد گوار در کشت مخلوط و در شرایط سایه‌اندازی دیگر گیاهان برای جذب بیشتر نور و تولید فتوآسمیلات‌ها، میزان کلروفیل برگ خود را افزایش داده و توان مناسبی برای حفظ شاخص کلروفیل نسبت به حالت تک‌کشتی داشته است.

ارزیابی کشت مخلوط

نسبت رقابت هر گونه

نتایج نشان داد که تغییرات نسبت رقابت ($P < 0.05$) وابسته به الگوی کشت مخلوط است (جدول ۵). مقایسه میانگین نشان داد که بیشترین مقدار نسبت رقابت برای

جدول ۵- تجزیه واریانس نسبت رقابت هر گونه در کشت مخلوط تحت تاثیر تیمارهای شوری آب آبیاری و سامانه‌های کشت.

منابع تغییر	درجه آزادی	CR _K	CR _S	CR _G
سال	۱	۰/۰۰۴ ^{ns}	۰/۰۸ ^{ns}	۰/۱ ^{ns}
تکرار (سال)	۴	۰/۰۰۲	۰/۰۰۳	۰/۰۰۴
شوری	۲	۰/۰۰۶ ^{ns}	۰/۰۱ ^{ns}	۰/۰۳ ^{**}
سال*شوری	۲	۰/۰۰۹ ^{ns}	۰/۰۰۸ ^{ns}	۰/۰۰۲ ^{ns}
خطای اصلی (a)	۸	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۳
سامانه کشت	۲	۰/۳۲ ^{**}	۰/۰۳ ^{**}	۰/۰۴ ^{**}
سال*سامانه کشت	۴	۰/۰۱ ^{ns}	۰/۰۱ ^{ns}	۰/۰۰۹ ^{ns}
شوری*سامانه کشت	۲	۰/۰۰۵ ^{ns}	۰/۰۱ ^{ns}	۰/۰۰۶ ^{ns}
سال*شوری*سامانه کشت	۴	۰/۰۰۳ ^{ns}	۰/۰۰۰۶ ^{ns}	۰/۰۰۷ ^{ns}
خطای فرعی (b)	۲۴	۰/۰۰۳	۰/۰۰۳	۰/۰۰۳
ضریب تغییرات (%)		۵/۲۱	۵/۳۱	۶/۸۲

ns، ** و * به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال خطای ۱ و ۵

درصد را نشان می‌دهند.

CR_K، CR_S و CR_G به ترتیب نسبت رقابت گیاهان کوشیا، سسبانی و گوار

رشد، بهبود عملکرد کشت مخلوط با بهره‌وری بالاتر را موجب می‌گردد (ایسلام و همکاران ۲۰۱۶). طول دوره رشد، سرعت رشد گیاه، تراکم زراعی، تفاوت در عمق توسعه و تراکم ریشه از عواملی هستند که بر میزان رقابت بین اجزای کشت مخلوط در مصرف عناصر غذایی تأثیر می‌گذارند. در این بررسی ارتفاع بیشتر گیاه کوشیا و سسبانی، سیستم ریشه‌ای گسترده‌تر آنها و اختلاف در جذب نور دریافتی و جذب عناصر از خاک، علت قدرت رقابتی بیشتر آنها بود.

کمتر بودن نسبت رقابت گونه‌ای به این معنی است که آن گونه می‌تواند با گونه دیگر به صورت مخلوط کشت شود، ولی بیشتر از یک بودن آن نشان دهنده غالبیت آن گونه در کشت مخلوط است (صادق‌پور و همکاران ۲۰۱۳). در این بررسی کمتر بودن نسبت رقابت گوار در کشت مخلوط با کوشیا و کشت مخلوط سه گونه بیانگر این موضوع است که این گیاه می‌تواند مخلوط با آنها کشت گردد. پایین بودن نسبت رقابت نشان دهنده مزیت مثبت برای یک گیاه بوده که با بهره‌برداری مکمل از منابع

جدول ۶- مقایسه میانگین اثرات شوری آب آبیاری و سیستم کشت بر نسبت رقابت گیاهان کوشیا، سسبانی و گوار در کشت مخلوط

CR _G	شوری آب آبیاری (dS.m ⁻¹)	CR _S	شوری آب آبیاری (dS.m ⁻¹)	CR _K	شوری آب آبیاری (dS.m ⁻¹)
۰/۸۵ b	۴	۱/۰۹ a	۴	۱/۰۶ a	۴
۰/۹۴ a	۹	۱/۰۴ a	۹	۱/۰۳ a	۹
۰/۹۱ a	۱۴	۱/۰۴ a	۱۴	۱/۰۵ a	۱۴
سامانه کشت		سامانه کشت		سامانه کشت	
۰/۹۶ a	S×G	۱/۰۵ b	S×G	۱/۱۴ a	K×G
۰/۸۷ b	K×G	۱/۱۱ a	K×S	۰/۸۹ c	K×S
۰/۸۷ b	K×S×G	۱/۰۲ b	K×S×G	۱/۱۱ b	K×S×G

حروف مشابه در هر ستون بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری باهم ندارند. K×G: مخلوط کوشیا با گوار، K×S: مخلوط کوشیا با سسبانی، S×G: مخلوط سسبانی با گوار، K×S×G: مخلوط کوشیا با سسبانی و گوار. CR_G، CR_S، CR_K به ترتیب نسبت رقابت گیاهان کوشیا، سسبانی و گوار

محققین علت بالا رفتن شاخص سودمندی کشت مخلوط را استفاده بهتر از منابع موجود مانند نور، آب و مواد غذایی معرفی کرده‌اند (لیتورجیدیس و همکاران ۲۰۱۱). به نظر می‌رسد در کشت مخلوط سه گونه‌ای انتقال نیتروژن از دو گیاه سسبانی و گوار به کوشیا بیشتر بوده و از منابع اساسی رشد گیاه استفاده مناسب‌تری صورت گرفته که سبب افزایش سودمندی کشت مخلوط نسبت به تک‌کشتی شده است (احمدی و همکاران ۲۰۱۱) علاوه بر این، مزایای تنوع در سیستم اکولوژیکی می‌تواند ارزش بسیار زیادی داشته باشد که محاسبه آن در معنی‌دار شدن شاخص سودمندی کشت مخلوط نیز دخیل خواهد بود (لیتورجیدیس و همکاران

سودمندی کشت مخلوط و سودمندی مالی

مثبت بودن مقادیر سودمندی کشت مخلوط و سودمندی مالی در هر یک از تیمارهای کشت مخلوط بیانگر مزیت اقتصادی آنهاست. نتایج نشان داد که مقادیر شاخص‌های سودمندی کشت مخلوط و سودمندی مالی تحت تاثیر شوری آب آبیاری، سامانه کشت و اثر متقابل آنها قرار گرفت (جدول ۷). مقایسه میانگین نشان داد که بیشترین و کمترین مقادیر شاخص‌های سودمندی کشت مخلوط و سودمندی مالی در هر سه سطح شوری به ترتیب در کشت مخلوط سه گونه و کشت مخلوط کوشیا با سسبانی بود که با سایر سامانه‌ها اختلاف معنی‌داری داشت (جدول ۸).

مخلوط سه گونه موجب افزایش مقادیر شاخص سودمندی مالی در این تیمارها شده است.

۲۰۱۱؛ دیمای و همکاران ۲۰۰۷). از سوی دیگر به نظر می‌رسد بالا بودن شاخص نسبت برابری زمین و ضریب ازدحام نسبی در کشت مخلوط کوشیا با گوار و کشت

جدول ۷- تجزیه واریانس شاخص‌های سودمندی کشت مخلوط تحت تاثیر تیمارهای شوری آب آبیاری و سیستم کشت

منابع تغییر	درجه آزادی	IA	MAI	SPI	RVT
سال	۱	۴۸۴۵۹ ^{NS}	۱۵۵۹۵۵۲۶۰۸۰۵ ^{NS}	۲۴۵۴۲۲۰ ^{NS}	۰/۰۱۷ ^{NS}
تکرار (سال)	۴	۵۷۱۳	۱۲۰۷۲۱۴۶۶۰۸	۵۰۰۵۲۲	۰/۰۰۵
شوری	۲	۲۶۱۰*	۷۲۴۷۴۵۱۳۵۹۲**	۱۹۷۹۵۵۹۴**	۰/۱۱۱**
سال*شوری	۲	۳۴۸۷ ^{NS}	۶۶۶۹۵۰۴۰۷۰/۵ ^{NS}	۷۵۵۸۸ ^{NS}	۰/۰۰۱ ^{NS}
خطای اصلی	۸	۵۶۲	۲۴۶۵۳۵۷۶۶۳/۱	۲۰۹۴۸۲	۰/۰۰۲
سامانه کشت	۳	۷۹۰۰۳۷**	۱/۸۲**	۵۰۲۲۷۴۳۴**	۰/۱۵۹**
سال*سامانه کشت	۳	۴۵۳۱ ^{NS}	۱۰۳۱۰۹۹۰۳۵۵ ^{NS}	۶۴۲۸۹ ^{NS}	۰/۰۰۹ ^{NS}
شوری* سامانه کشت	۶	۶۷۳۰*	۳۵۳۸۰۳۳۱۵۳۷**	۱۶۲۵۴۶۲**	۰/۰۱۵**
سال*شوری*سامانه کشت	۶	۶۵۶ ^{NS}	۱۹۷۲۵۴۰۰۲۱ ^{NS}	۳۰۰۵۶ ^{NS}	۰/۰۰۳ ^{NS}
خطای فرعی	۳۶	۲۰۴۲	۶۰۶۰۳۴۰۸۹۱/۲	۱۳۱۸۵۳	۰/۰۰۱
ضریب تغییرات (%)		۲۳/۷۴	۲۲/۹۴	۳/۳۳	۳/۸۰

NS، * و ** به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال خطای ۱ و ۵ درصد را نشان می‌دهند. IA: سودمندی

کشت مخلوط، MAI: سودمندی مالی، SPI: شاخص بهره‌وری سیستم، RVT: مجموع ارزش نسبی.

بهره‌وری سیستم و مجموع ارزش نسبی

این دو شاخص از شاخص‌های ارزیابی اقتصادی کشت مخلوط می‌باشند. داده‌های شاخص بهره‌وری سیستم با استاندارد کردن عملکرد گیاه در کشت مخلوط بر مبنای تک‌کشتی آن و مجموع ارزش نسبی با استاندارد کردن درآمد گیاه در کشت مخلوط بر مبنای بیشترین درآمد حاصل شده از تک‌کشتی به دست می‌آید. نتایج این بررسی نشان داد که مقادیر شاخص بهره‌وری سیستم و مجموع ارزش نسبی تحت تاثیر شوری آب آبیاری، سامانه کشت و اثر متقابل آنها قرار گرفت (جدول ۷). مقایسه میانگین برهمکنش شوری و سامانه کشت (جدول ۸) نشان داد که در سطوح مختلف شوری اختلاف معنی‌داری بین میانگین شاخص بهره‌وری سیستم و مجموع ارزش نسبی در سامانه‌های مختلف کشت وجود دارد. با افزایش سطح شوری این دو شاخص در همه سامانه‌های کشت روندی کاهشی داشت. در هر سه سطح شوری، بیشترین میزان این دو شاخص در کشت مخلوط

سه گونه به دست آمد که با سایر سامانه‌ها اختلاف معنی‌داری داشت. کمترین مقدار شاخص بهره‌وری سیستم در کشت مخلوط سسبانيا با گوار و کمترین مقدار مجموع ارزش نسبی در کشت مخلوط کوشیا با سسبانيا به دست آمد که با سایر سامانه‌ها اختلاف معنی‌داری داشت.

بالاتر بودن شاخص بهره‌وری سیستم بیانگر افزایش کارایی سیستم کشت مخلوط است. (لیتورجیس و همکاران ۲۰۱۱). به نظر می‌رسد بالا بودن شاخص نسبت برابری زمین و ضریب ازدحام نسبی جزئی در کشت مخلوط سه گونه موجب افزایش مقادیر شاخص بهره‌وری سیستم در این تیمار شده است. بیشتر از یک بودن مجموع ارزش نسبی، نیز نشان دهنده سودمندی اقتصادی کشت مخلوط نسبت به تک‌کشتی می‌باشد.

بیشترین سودمندی اقتصادی در کشت مخلوط سه گونه و در سطح شوری ۴ دسی‌زیمنس بر متر (۱/۱۶) بود (جدول ۸). بنابراین این سامانه کشت، ۱۶ درصد افزایش

جدول ۸- مقایسه میانگین برهمکنش شوری آب آبیاری و سامانه کشت برای شاخص‌های ارزیابی کشت مخلوط

RVT	SPI	MAI	IA	سامانه کشت	شوری آب آبیاری (dS.m ⁻¹)
۱/۱۰ b	۱۳۰۲۴ b	۵۲۵۴۶۵ b	۱۸۷/۳ b	K×G	۴
۰/۸۷ c	۱۰۹۶۶ c	۹۴ d	۵/۳ d	K×S	
۱/۰۷ b	۹۵۷۴ d	۱۹۹۰۸۹ c	۸۸/۷ c	G×S	
۱/۱۶ a	۱۳۵۶۸ a	۸۰۸۴۰۸ a	۴۸۷/۶ a	K×G×S	
۰/۹۸ b	۱۱۶۳۳ b	۳۹۸۳۴۷ b	۱۵۵/۶ b	K×G	۹
۰/۸۵ c	۱۰۶۵۱ c	-۱۲۴۸۶ d	۰/۳ c	K×S	
۱/۰۷ a	۸۸۴۳ d	۲۸۴۵۶۶ c	۱۵۰/۱ b	G×S	
۱/۰۸ a	۱۲۶۴۰ a	۷۵۶۶۶۸ a	۴۹۲/۷ a	K×G×S	
۰/۸۶ c	۹۹۷۸ c	۲۱۹۷۲۳ b	۸۸/۶ c	K×G	۱۴
۰/۸۵ c	۱۰۴۴۲ b	-۲۸۱۶۹ c	-۷/۲ d	K×S	
۰/۹۳ b	۷۶۹۳ d	۲۳۸۶۴۶ b	۱۴۷/۸ b	G×S	
۱/۰۱ a	۱۱۷۶۰ a	۶۸۰۳۷۸ a	۴۸۷/۲ a	K×G×S	

حروف مشابه در هر ستون و برای برش‌دهی اثر سامانه‌های مختلف کشت در هر سطح شوری بر اساس رویه L.S. Means در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری باهم ندارند. IA: سودمندی کشت مخلوط، MAI: سودمندی مالی، SPI: شاخص بهره‌وری سیستم، RVT: مجموع ارزش نسبی. K×G: مخلوط کوشیا با گوار، K×S: مخلوط کوشیا با سسبانیان، G×S: مخلوط گوار با سسبانیان، K×G×S: مخلوط کوشیا با سسبانیان و گوار.

در این بررسی به دلیل اختلاف در ارتفاع و فرم بوته سه گونه و همچنین متعادل شدن دمای برگ گیاهی و افزایش پوشش سطح خاک توسط گیاهان در کشت مخلوط، شاخص کلروفیل برگ افزایش یافت. با افزایش جذب تشعشع خورشیدی نیز، فتوسنتز و عملکرد علوفه در کشت مخلوط بیشتر شد. با توجه به بیشتر بودن میانگین نور جذب شده در کشت مخلوط سه گونه به نظر می‌رسد این سامانه آشیان اکولوژیک مناسب‌تری داشته است. شاخص‌های ارزیابی کشت مخلوط، سودمندی بیشتر سامانه‌های کشت مخلوط به استثناء کوشیا با سسبانیان را نسبت به تک‌کشتی تایید کردند. بررسی رفتار رقابتی گونه‌های گیاهی نیز نشان داد که کوشیا در کشت مخلوط با گوار و همچنین ترکیب سه گونه رقابتگر قوی‌تری است. همچنین مجموع ارزش نسبی در کشت

درآمد ناخالص را نسبت به تک‌کشتی دارا بود. مجموع ارزش نسبی کمتر از یک در سامانه‌های کشت مخلوط نشان از عدم سودمندی اقتصادی این سامانه‌ها دارد. به نظر می‌رسد بالاتر بودن عملکرد کوشیا در تک‌کشتی نسبت به دو گیاه دیگر علت پایین بودن مجموع ارزش نسبی در کشت مخلوط کوشیا با گوار و کوشیا با سسبانیان است. در سطح شوری ۱۴ دسی‌زیمنس بر متر تنها سامانه کشت مخلوط سه گونه دارای مجموع ارزش نسبی بالاتر از یک داشت. بنابراین می‌توان استنباط نمود که کشت مخلوط سه گونه (کوشیا با بقولات سسبانیان و گوار)، علاوه بر ایجاد تنوع در اکوسیستم و پایداری تولید، در افزایش درآمد اقتصادی از زمین‌های کشاورزی با آب شور به طور قابل ملاحظه‌ای می‌تواند مؤثر باشد.

نتیجه‌گیری کلی

اکوسیستم، ایجاد پایداری تولید و افزایش درآمد اقتصادی توصیه می‌گردد.

سپاسگزاری

از مدیران و کارکنان مرکز ملی تحقیقات شوری ایران-یزد در اجرای این طرح، صمیمانه تشکر می‌نماییم.

مخلوط سه گونه در سطوح مختلف شوری بالاتر از یک بود بنابراین می‌توان استنباط نمود که این سامانه کشت در سطوح بالاتر شوری نیز از ارزش بالایی برخوردار است. بنابراین کشت مخلوط سه گونه کوشیا، سسبانیای و گوار در مناطقی با آب شور علاوه بر ایجاد تنوع در

منابع مورد استفاده

- Agegehu G, Ghizaw A and Sinebo W, 2006. Yield performance and land-use efficiency of barley and faba bean mixed cropping in Ethiopian highlands. *European Journal of Agronomy*, 25(3): 202-207.
- Ahmadi A, Dabbagh Mohammadi Nasab A, Zehtab Salmasi S, Amini R, Janmohammadi H and Nami F, 2011. Investigation of Light Status in Sole Cropping and Intercropping of Barley and Vetch and its Relationship with Forage Yield. *Agricultural Science and Sustainable Orodution*, 21(2): 53-65.
- Amani Machiani M, Javanmard A, Morshedloo MR and Maggi F, 2018. Evaluation of yield, essential oil content and compositions of peppermint (*Mentha piperita* L.) intercropped with faba bean (*Vicia faba* L.). *Journal of Cleaner Production*, 171: 529-537.
- Anthony RS and Rene CV, 2008. Land equivalent ratios, Light interception, and water in annual intercrops in the presence or absence of in-crop herbicides. *Agronomy Journal*, 100: 1145-1154.
- Baributsa DN, Foster EF, Thelen K, Kravchenko DR and Ngouajio M, 2008. Corn and cover crop response to corn density in an interseeding system. *Agronomy Journal*, 100: 981-987.
- Dhima KV, Lithourgidis AS, Vasilakoglou IB and Dordas CA, 2007. Competition indices of common vetch and cereal intercrops in two seeding ratio. *Field Crops Research*, 100: 249-256.
- Ghosh PK, Manna MC, Bandyopadhyay KK, Ajay AK, Tripathi RH, Wanjari KM, Hati AK, Misra Charya CL and Subba Rao A, 2006. Interspecific interaction and nutrient use in soybean-sorghum intercropping system. *Agronomy Journal*, 98(4): 1097-1108.
- Hernández JA, Barba-Espín G, Clemente-Moreno MJ and Díaz-Vivancos P, 2017. Plant responses to salinity through an antioxidative metabolism and proteomic point of view. In *Stress Signaling in Plants: Genomics and Proteomics Perspective*, 2:173-200.
- Hokmalipour S. and Sharifi RS, 2010. Study of nitrogen use efficiency and growth analysis of corn, affected by plant density and nitrogen fertilizer levels. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, 20(3): 13-25.
- Islam MR, Molla MSH and Main MAK, 2016. Productivity and profitability of intercropping sesame with turmeric at marginal farmers level of Bangladesh. *SAARC Journal of Agriculture*, 14(1): 47-58.
- Jaya KD, Bell VJ and Sale PW, 2008. Modification of within-canopy microclimate in maize for intercropping in the lowland tropics. Available at: <http://www.regional.org.au>.
- Jeranyama P, Shrestha A and Neupane N, 2020. Sustainable food systems: Diversity, scope and challenges. *The Role of Ecosystem Services in Sustainable Food Systems*, (pp. 1-16). Academic, Press.
- Lithourgidis AS, Vlachostergios DN, Dordas CA and Damalas CA, 2011. Dry matter yield, nitrogen content, and competition in pea-cereal intercropping systems. *European Journal of Agronomy*, 34(4): 287-294.
- Mashhadi MF, Kafi M and Nezami A, 2016. Intercropping of kochia (*Kochia scoparia* L.) with blue panic grass (*Panicum antidotale* Retz.) under irrigation with saline water. *Būm/Shināsī-i Kishāvarzī*, 5(2):153-160.

- Mengistu LW and Messersmith CG, 2002. Genetic diversity of kochia. *Weed Science*, 50(4): 498-503.
- Mullan DJ, and Reynolds MP, 2010. Quantifying genetic effects of ground cover on soil water evaporation using digital imaging. *Functional Plant Biology*, 37(8): 703-712.
- Panta S, Tim F, Richard D, Peter L, Gabriel H and Sergey S, 2018. Temporal changes in soil properties and physiological characteristics of *Atriplex* species and *Medicago arborea* grown in different soil types under saline irrigation. *Plant and soil*, 432: 315-31.
- Rao N, Shahid M and Shahid SA, 2009. Alternative crops for diversifying production systems in the Arabian Peninsula. *Arab Gulf Journal of Scientific Research*, 27(4): 195-203.
- Rezaei A, Dabbagh Mohammadi Nasab A, Shakiba M, Ghasemi K and Ahrizad S, 2010. Investigation of light reception and some canopy features in sole cropping and inter cropping of corn (*Zea mays* L.) and bean (*Vicia faba* L.). *Journal of Agroecology*, 2(3): 437-447.
- Sadeghpour A, Jahanzad E, Esmaeili A, Hosseini MB and Hashemi M, 2013. Forage yield, quality and economic benefit of intercropped barley and annual medic in semi-arid conditions: Additive series. *Field Crops Research*, 148: 43-48.
- Scalise A, Tortorella D, Pristeri A, Petrovicov B, Gelsomino A, Lindstrom K and Monti M, 2015. Legume barley intercropping stimulates soil N supply and crop yield in the succeeding durum wheat in a rotation under rainfed conditions. *Journal of Soil Biology and Biochemistry*, 89: 150-161
- Strichland MS, Leggett ZH and Bradford MA, 2015. Biofuel intercropping effects on soil carbon and microbial activity. *Ecological Applications*, 25: 140-150.
- Szumigalski AR and Van Acker RC, 2008. Land equivalent ratios, light interception, and water use in annual intercrops in the presence or absence of in-crop herbicides. *Agronomy Journal*, 100(4): 1145-1154.
- Tesfaye K, Walker S and Tsubo M, 2006. Radiation interception and radiation use efficiency of three grain legumes under water deficit conditions in a semi-arid environment. *European Journal of Agronomy*, 25(1): 60-70.
- Tsubo M, Walker S and Ogindo HO, 2005. A simulation model of cereal-legume intercropping systems for semi-arid regions I. Model development. *Field Crop Research*, 93: 10-22.
- Tuna C and Orak A, 2007. The role of intercropping on yield potential of common vetch (*Vicia sativa* L.)/oat (*Avena sativa* L.) cultivated in pure stand and mixtures. *Journal of Agricultural and Biological Science*, 2: 14-19.
- Wallender WW and KK Tanji, 2011. *Agricultural salinity assessment and management: Second Edition*. American Society of Civil Engineers (ASCE). AP-Technology and Engineering, pp: 124-125.
- Zamani SEDG, Nezami MT, Bybordi A, Behdad M and Khorshidi MB, 2011. Effect of Different NaCl Salinity on Antioxidant Enzyme Activity and Relative Water in Winter Canola (*Brassica napus*). *Journal Research Agronomy, Science*, 7(1): 49-57.
- Zhang G, Yang Z and Dong S, 2011. Interspecific competitiveness affects the total biomass yield in an alfalfa and corn intercropping system. *Field Crops Research*, 124(1): 66-73.