

## اثر شوری بر ویژگی‌های بهره‌وری نوری گیاه جارو (*Kochia scoparia* L. Schrad)

● مجید جامی‌الاحمدی

استادیار دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند

● محمد کافی

استاد دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد

● مهدی نصیری محلاتی

دانشیار دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد

تاریخ دریافت: شهریور ماه ۱۳۸۴ تاریخ پذیرش: اسفند ماه ۱۳۸۵

Email: mja230@yahoo.com

### چکیده

به منظور برآورد ضریب استهلاک نور و بررسی کارایی مصرف نور گیاه *Kochia scoparia* (جارو) در واکنش به تنش شوری، مطالعه‌ای در شهرستان بیرجند با استفاده از سه سطح شوری آب آبیاری به ترتیب معادل ۱/۵، ۸/۶ و ۲۸/۲ دسی زیمنس بر متر و در سه تکرار انجام شد. در طول فصل رشد اندازه‌گیری‌های متعددی برای محاسبه کسر نور عبور یافته از تاج پوشش و نیز شاخص سطح برگ و تجمع ماده خشک گیاه انجام شد. ضریب خاموشی نور با تصحیح کسر جذب نور گیاه برای کل طول روز محاسبه شد و سپس با استفاده از تجمع ماده خشک، میزان کارایی مصرف نور گیاه در هر سطح شوری بدست آمد. نتایج نشان داد که ضریب خاموشی نور گیاه جارو معادل ۰/۷۵ برای کل طول روز بود. با افزایش شاخص سطح برگ، میزان جذب نور افزایش یافت و در شاخص سطح برگی معادل ۴ تا ۵، ۹۵ درصد تشعشع توسط گیاه جذب شد. بیشترین میزان ماده خشک و شاخص سطح برگ در سطح شوری ۸/۶ دسی زیمنس بر متر به دست آمد. به طور کلی افزایش شوری باعث تاخیر در نمو اول فصل گیاهان شد و در انتهای فصل پیری گیاه را تسریع نمود. این امر سبب شد که در شوری ۲۸/۲ دسی زیمنس بر متر، درصد تاج پوشش با تاخیر به حداکثر کسر جذب نور دست یابد. افزایش کم از ۱/۵ به ۸/۶ دسی زیمنس بر متر، موجب اندکی افزایش در کارایی مصرف نور از ۲/۴ به ۲/۵ گرم بر مگازول تشعشع فعال فتوسنتزی دریافتی شد که با افزایش شوری مجدداً کاهش پیدا کرد، هر چند تفاوت معنی‌داری بین سطوح مختلف شوری از نظر کارایی مصرف نور مشاهده نشد. بنابراین به نظر می‌رسد که در شوری ۸/۶ دسی زیمنس بر متر، تاج پوشش گیاه جارو تشعشع دریافتی را با کارایی بیشتری به ماده خشک تبدیل می‌کند.

**کلمات کلیدی:** گیاه جارو، ضریب خاموشی نور، کارایی مصرف نور، شاخص سطح برگ، شوری

Pajouhesh &amp; Sazandegi No:78 pp: 177-185

**Salinity effects on radiation utilization characteristics of Kochia (*Kochia Scoparia* L. Schrad.)**

By Jami Al-Ahmadi, M., (Corresponding Author): Assistant Professor, Faculty of Agriculture of Birjand University.

M. Kafi, Professor, Ferdowsi University of Mashhad.

M. Nassiri Mahalati., Associated Professor, Ferdowsi University of Mashhad

In order to evaluate light extinction coefficient and radiation use efficiency of *Kochia scoparia* in response to saline stress, a study was performed at Birjand, South Khorasan, using three levels of salinity in irrigation water (1.5, 8.6 and 28.2 dSm<sup>-1</sup>) with three replications. Several measurements were conducted during growth season to calculate radiation fraction passed through plant canopy, and also leaf area index (LAI) and total dry matter (TDM). Light extinction coefficient calculated with correcting fraction of plant light absorption for whole day, and using dry matter accumulation, radiation use efficiency obtained in each different salinity level. The results showed that light extinction coefficient of *Kochia* was equal to 0.59 for solar noon and 0.75 for whole day. The radiation absorption of *kochia* rose as LAI increased, and 95% of radiation was absorbed at LAI equal to 4 to 5. LAI and total dry matter accumulation were highest in moderate salinity level. In general, increase in salinity caused a delay in early season development, and accelerated plant maturity at late season. This caused plant canopies at the highest salinity reached to maximum light absorption later in growth season. Increase of salinity from 1.5 to 8.6 dSm<sup>-1</sup> was responsible for little increase in RUE from 2.4 to 2.5 g per MJ absorbed PAR; however, it reduced with further increase in salinity. Thus, it seems that moderate salinity levels stimulate growth and dry matter accumulation of *kochia* and cause *kochia* canopy convert the absorbed radiation to dry matter more effectively.

**Key words:** *Kochia scoparia*, Salinity, Light extinction coefficient, Radiation use efficiency, Leaf Area Index

## مقدمه

(۲۲).

Robertson و همکاران (۲۲) در مطالعه ۹ رقم لوبیا مشاهده کردند که ضریب استهلاک نور بین ارقام از ۰/۵۵ تا ۰/۹ تفاوت می‌کند و این تفاوت بازتابی از طول دوره رشد ارقام بود. میانگین ضریب استهلاک نور برای ۹ رقم معادل ۰/۷۴ بود و میزان شاخص سطح برگی که با این ضریب استهلاک نور توانست ۹۵٪ نور تابیده را دریافت کند معادل ۴ بود.

*Kochia* گیاهی با متابولیسم چهار کرانه است (۸، ۲۰) و به همین دلیل متحمل به سایه نیست. تنها اطلاعات موجود در مورد ویژگی‌های نوری *Kochia*، توسط Fischer و همکاران (۸) پندست آمده است. آن‌ها با انجام آزمایشات سری‌های جایگزینی جهت مطالعه رقابت *Kochia* با گندم و جو دریافتند که *Kochia* به دلیل ضریب استهلاک نور بالاتر خود، در دریافت نور کارآمدتر از غلات است. آنها ضریب استهلاک نور برای *Kochia*، جو و گندم را تحت شرایط رقابتی به ترتیب معادل ۰/۶۵، ۰/۳۶ و ۰/۳۳ گزارش کردند. در آزمایش آنها، جذب نور در تاج پوشش *Kochia* با افزایش سطح برگ و ارتفاع به طور خطی افزایش یافت. *Kochia* سرعت فتوسنتزی بالای خود را در مقادیر PAR بیش از ۴۰۰ میلی مول بر متر مربع در ثانیه حفظ کرد، ولی در مقادیر PAR کمتر از ۴۰۰، اتلاف CO<sub>۲</sub> ناشی از تنفس تاریکی آن بیشتر و سرعت فتوسنتز خالص آن کمتر از غلات بود. این امر به وضوح نشان می‌دهد که گندم و جو سایه را بهتر از *Kochia* تحمل می‌کنند.

دریافت و تبدیل تشعشع توسط ویژگی‌های تاج پوشش (از قبیل توسعه سطح برگ، آرایش و توزیع عمودی برگها) تحت تأثیر قرار می‌گیرند

همبستگی نزدیکی بین تشعشع دریافت شده توسط یک تاج پوشش<sup>۱</sup> و رشد آن وجود دارد (۵). بر طبق نظر Monteith (۱۴)، کارایی مصرف نور<sup>۲</sup> (RUE) به عنوان نسبت ماده خشک تولید شده در واحد انرژی تشعشعی استفاده شده تعریف می‌شود. در عمل بین کل ماده خشک تولیدی و تشعشع فعال فتوسنتزی<sup>۳</sup> (PAR) جذب شده رابطه‌ای خطی وجود دارد (۱۳، ۱۲)، که شیب این رابطه نشانگر کارایی مصرف نور است. به عبارت دیگر، می‌توان گفت که تولید ماده خشک توسط تاج پوشش گیاهی، تحت شرایط عدم محدودیت آب و عناصر غذایی، می‌تواند به عنوان مجموع تشعشع فعال فتوسنتزی روزانه، تلفیق شده در طول زمان، بخشی از این تشعشع که توسط تاج پوشش دریافت می‌شود و کارایی استفاده از این تشعشع دریافتی در ساخت ماده خشک (RUE) بیان شود (۲۶، ۲۲، ۱۸). کارایی مصرف نور معیاری متغیر بوده (۱۹) و حتی در مراحل مختلف رشدی گیاه، متفاوت است (۲۱)، البته زمانیکه عوامل محیطی برای رشد به شدت محدود کننده نیستند، تغییرات در RUE اندک در نظر گرفته می‌شود (۵).

کارایی دریافت و جذب تشعشع یک گونه گیاهی تا حد زیادی تابعی از نمو برگ آن است که با شاخص سطح برگ (LAI) مشخص می‌شود (۵) و ضریب استهلاک نور (K) تعیین کننده میزان کارآمدی تاج پوشش گیاهی با یک شاخص سطح برگ معین در دریافت تشعشع است، در حالی که RUE کارایی تبدیل تشعشع دریافت شده به بیوماس را توصیف می‌کند. RUE و هر دو پارامترهای کلیدی در بسیاری از مدل‌های رشد گیاهی به شمار می‌روند

اندازه‌گیری تشعشع لحظه‌ای با استفاده از دستگاه تشعشع سنج لوله‌ای ۵ در فاصله بین ساعت ۱۱ تا ۱۳ انجام شد. از آن جایی که جزء غیر مستقیم<sup>۶</sup> تشعشع خورشیدی دارای توزیع یکنواخت‌تری نسبت به تشعشع مستقیم است (۲۴)، تمام اندازه‌گیری‌ها با سایه‌دهی مصنوعی صورت گرفت. در هر مورد ۱۰ اندازه‌گیری از زیر تاج پوشش و دو اندازه‌گیری از بالای تاج پوشش، قبل و بعد از اندازه‌گیری‌های زیر تاج پوشش، انجام شده و میانگین‌ها محاسبه شدند (۱۳). ضریب خاموشی نور در تاج پوشش بر مبنای شیب خط رگرسیونی برازش یافته بین  $\ln(1 - Q_{noon})$  و شاخص سطح برگ (به ترتیب به عنوان متغیرهای وابسته و مستقل) محاسبه شد که  $Q_{noon}$  کسر جذب نور (نسبت تشعشع رسیده به زیر تاج پوشش به کل تشعشع رسیده به سطح تاج پوشش)،  $(1 - I/I_0)$  در ظهر خورشیدی است. از آنجا که اگر مقادیر تشعشع اندازه‌گیری شده در ظهر برای تعیین جذب نور استفاده شوند، نسبت تشعشع جذب شده تا ۱۰٪ کمتر از حد واقعی برآورد می‌شود (۶)، بنابراین نسبت تشعشع جذب شده برای کل طول روز (معادله ۱) تصحیح شد (۷):

$$Q_{day} = \frac{2 \cdot Q_{noon}}{1 + Q_{noon}} \quad (1)$$

با توجه به عدم در دسترس بودن میزان تشعشع رسیده به سطح زمین، مقادیر تشعشع روزانه بر مبنای ساعات آفتابی هر روز و با استفاده از معادله‌های ارائه شده توسط خودریان و وان لار (نقل از ۲) محاسبه شده و سپس بر اساس تعداد ساعات آفتابی و با توجه به ضرایب آنگستروم برآورد شده توسط خلیلی و رضایی صدر (۱) برای منطقه بیرجند تصحیح شدند.

کسر جذب نور با استفاده از ضریب خاموشی نور محاسبه شده و تغییرات سطح برگ در طول فصل رشد و با استفاده از معادله ۲ برای هر روز از طول فصل رشد محاسبه شد:

$$F_{abs} = 1 - \exp(-k \cdot LAI) \quad (2)$$

پس از هر اندازه‌گیری مقدار تشعشع، گیاهان موجود در سطحی معادل ۰/۶ متر مربع برداشت شده و سطح برگ آن‌ها توسط دستگاه دیجیتال اندازه‌گیری سطح برگ<sup>۷</sup> تعیین شد. مقادیر روزانه شاخص سطح برگ، که برای محاسبات کسر جذب نور مورد نیاز است، با برازش یک تابع لجستیک پیک<sup>۸</sup> (معادله ۳) به داده‌های اندازه‌گیری شده سطح برگ در طول فصل رشد تعیین شد:

$$LAI = a_0 + a_1 \cdot 4 \left[ \exp\left(-\frac{DAP - a_2}{a_3}\right) \right] \left[ 1 + \exp\left(-\frac{DAP - a_2}{a_3}\right) \right] \quad (3)$$

که در آن  $LAI$  شاخص سطح برگ و  $DAP$  روز پس از کاشت بوده و  $a_0$ ،  $a_1$ ،  $a_2$ ، و  $a_3$  ضرایب معادله می‌باشند. در مرحله بعد با محاسبه شاخص سطح برگ (معادله ۳) و مقدار تصحیح شده ضریب خاموشی نور (معادله ۱)، کسر جذب نور در هر روز از طریق معادله ۲ تعیین و بر مبنای آن مقدار کل تشعشع جذب شده توسط تاج پوشش گیاه محاسبه شد:

(۴)

$$I_{abs} = I_{tot} \cdot F_{abs}$$

(۵، ۱۸، ۱۰، ۲۶). ویژگی‌های تاج پوشش خود ممکن است توسط عوامل مدیریتی تحت تأثیر قرار گیرد. اگرچه توسعه سریع سطح برگ و پوشش سطح زمین موجب به حداکثر رسیدن زود هنگام دریافت نور می‌شود، ولی از سوی دیگر با زیاد شدن سطح برگ، سایه اندازی سطوح برگی قسمت بالای تاج پوشش گیاه سبب کاهش تثبیت کربن فتوسنتزی و افزایش تنفس برگ‌های واقع در بخش پایینی تاج پوشش می‌شود (۱۸). تنش‌های محیطی ممکن است منجر به کاهش رشد از طریق کاهش RUE، یا از طریق کاهش سطح برگ برای دریافت نور، و یا از هر دو طریق شوند (۲۳). ترکیب اثر اسمزی و سمیت یونی ناشی از تنش شوری اغلب باعث کاهش توسعه تاج پوشش در گونه‌های گیاهی شده و در نتیجه انتظار می‌رود که موجب کاهش کل جذب PAR در طول فصل رشد شوند. برای مثال Wang و همکاران (۲۶) گزارش کردند کاهش توسعه تاج پوشش سویا به دلیل تنش شوری منجر به جذب کمتر تشعشع نسبت به گیاهان شاهد شد و این مسئله ارتباط مستقیمی با کاهش LAI داشت. بر اساس گزارش آنها، افزایش هدایت الکتریکی خاک به ۱۰ دسی زیمنس بر متر باعث شد که PAR جذب شده در ۱۱۰ روز پس از کاشت با ۲۰٪ کاهش، از ۵۸۳ در تیمار شاهد به ۴۵۷ مگاژول بر متر مربع در تیمار شوری برسد.

از آنجایی که گیاه‌هالوفیت *Kochia scoparia* به تازگی به عنوان یک گیاه زراعی جدید<sup>۹</sup> برای مصرف علوفه در مناطق شور و خشک مطرح شده است (۲۸)، لذا تاکنون واکنش‌های نوری این گیاه در پاسخ به شرایط متغیر محیطی مطالعه نشده است. هدف از این پژوهش، تعیین ضریب خاموشی نور گیاه و نحوه واکنش گیاه به شوری آب آبیاری از نظر کارایی مصرف نور می‌باشد.

## مواد و روش‌ها

این آزمایش در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند، واقع در کیلومتر پنج جاده بیرجند-کرمان، با عرض جغرافیایی ۳۲° ۵۳' و طول جغرافیایی ۵۹° ۱۳' و ارتفاع ۱۴۸۰ متر از سطح دریا، در سه تکرار و با سه سطح شوری آب آبیاری معادل ۰/۵، ۱/۶ و ۲/۸ دسی زیمنس بر متر انجام شد. هر کرت شامل ۱۰ خط کاشت به طول ۵ متر با فاصله ردیف ۴۰ سانتی متر بود که دو ردیف کناری هر کرت به عنوان حاشیه کلی کرت در نظر گرفته شد.

بذر کوشیا از روستای مشکان واقع در شهرستان سبزواری که این گیاه در آنجا به منظور مصرف جارویی کشت می‌شود تهیه شد. با توجه به کوچکی اندازه بذر کوشیا، بذور قبل از کاشت با مقداری ماسه نرم مخلوط و سپس در شیارهای کاشت قرار داده شدند. عملیات آماده سازی، کاشت و نحوه و میزان مصرف کود بر مبنای توصیه‌های موجود (۲۸) انجام شد.

دو سطح شوری آب آبیاری در آزمایش شوری از دو حلقه چاه عمیق با شوری ۱/۵ و ۱/۶ دسی زیمنس بر متر تامین شد. آب مورد نیاز برای شوری ۲/۸ دسی زیمنس بر متر از یک منبع طبیعی (رودخانه فصلی) با تانکر به محل آورده و در تانکرهای تعبیه شده ذخیره می‌شد. به منظور حصول اطمینان از اعمال شوری یکنواخت در همه نقاط کرت‌های آزمایشی، آبیاری به صورت کرتی انجام و حجم آب ورودی به کرت‌ها یکسان و بوسیله کنتور حجمی کنترل می‌شد. فواصل آبیاری هر ۷ روز انتخاب شده بود و برای تضمین استقرار خوب، تمام مزرعه تا زمان تنک کردن با آب یک حلقه چاه دیگر که دارای شوری ۵/۵ دسی زیمنس بر متر بود آبیاری شده و تیمارهای شوری بلافاصله پس از تنک کردن (حدود ۴۰ روز پس از کاشت) اعمال شد.

که برابر ۰/۵۹ می‌باشد. این معیار کمتر از میزان گزارش شده توسط فیشر و همکاران (۸) است که ضریب خاموشی نور *kochia* را برابر با ۰/۶۵ تعیین کرده بودند، هر چند محاسبه ضریب خاموشی نور *kochia* در آزمایش آن‌ها تحت شرایط رقابتی با گندم و جو محاسبه شده بود. لازم به ذکر است که اندازه‌گیری‌های میزان تشعشع در بالا و زیر تاج پوشش در این آزمایش با حذف تشعشع مستقیم توسط سایه‌دهی مصنوعی انجام شد، زیرا همانطور که Sinclair و Horie (۲۴) اظهار داشتند، جزء غیر مستقیم تشعشع خورشیدی دارای توزیع یکنواخت تری نسبت به تشعشع مستقیم بوده و در نظر نگرفتن اهمیت آن در تاج پوشش گیاه می‌تواند باعث خطای زیادی در محاسبات شود.

از آنجائی که میزان تشعشع رسیده به تاج پوشش و بخش عبور یافته از آن با زمان تغییر یافته و هر دو معیار در حدود ظهر خورشیدی به حداکثر میزان خود می‌رسند (۶)، بنابراین می‌بایست تغییرات روزانه در شدت جریان نور رسیده به بالای تاج پوشش ( $I_0$ ) و نیز نسبتی از نور که از تاج پوشش عبور می‌کند ( $I/I_0$ ) در محاسبات ضریب خاموشی نور در نظر گرفته شوند. با تصحیح میزان جذب نور تاج پوشش در طول روز، میزان ضریب خاموشی نور *kochia* به ۰/۷۵ افزایش پیدا کرد که در این حالت بالاتر از میزان گزارش شده توسط فیشر و همکاران (۸) می‌باشد. این معیار ضریب خاموشی نور معادل ۰/۷۵ که نشانگر قابلیت گیاه جارو در جذب نور رسیده به سطح تاج پوشش است، در محاسبات بعدی کسر جذب نور گیاه مورد استفاده قرار گرفت و در بین تمامی تیمارها یکسان در نظر گرفته شد. شکل ۲ نشان می‌دهد که کسر جذب نور تاج پوشش در کل طول روز بالاتر از میزان آن در مقایسه با ظهر می‌باشد. این رابطه تطابق کامل با رابطه بدست آمده توسط Charles-Edward و همکاران (۷) دارد. Begue و همکاران (۳) و Muchow (۱۵) نیز اظهار داشته‌اند که کسر جذب نور در ظهر در مقایسه با صبح و عصر کمتر بوده و جهت به دست آوردن مقادیر واقعی ضریب خاموشی نور باید تغییرات روزانه این ضریب با تغییر در زاویه خورشیدی در محاسبات لحاظ شود. قابلیت یک گیاه در جذب نور که معمولاً بر مبنای کسر جذب نور در تاج پوشش بیان می‌گردد، با استفاده از یک تابع نمایی و براساس ضریب خاموشی

در این معادله،  $F_{abs}$ ، کسر تشعشع جذب شده،  $I_{tot}$  مقدار کل تشعشع رسیده به سطح زمین و  $I_{abs}$  مقدار تشعشع جذب شده توسط تاج پوشش در هر روز را نشان می‌دهند. برای محاسبه مقدار تشعشع جذب شده تجمعی از انتگرال تشعشع جذب شده در هر روز برای کل فصل رشد استفاده شد.

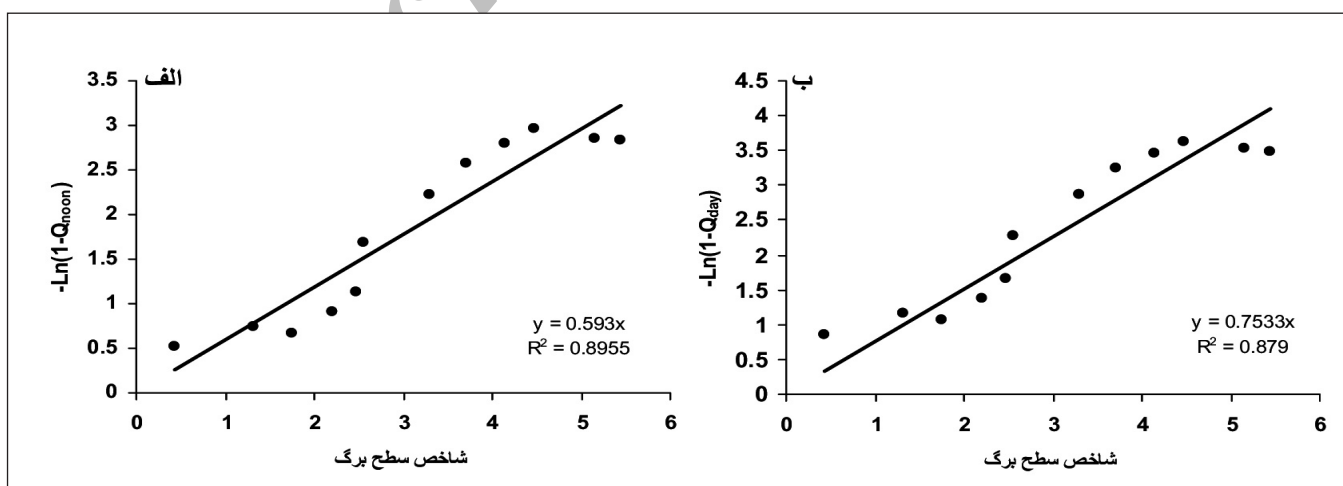
میزان تشعشع جذب شده توسط گیاهان با استفاده از ضریب خاموشی نور ( $K$ ) ثابت بین تیمارهای مختلف محاسبه شد و با فرض اینکه ۴۵٪ تشعشع دریافتی در محدوده مؤثر در فرایند فتوسنتزی گیاه (PAR) قرار دارند، تشعشع فعال فتوسنتزی جذب شده برای هر روز محاسبه شد. مقدار تجمعی PAR جذب شده توسط تاج پوشش از انتگرال حاصلضرب مقدار کل تشعشع رسیده به سطح تاج پوشش در کسر جذب نور روزانه و برای کل طول فصل رشد بدست آمد. جهت تعیین مقادیر بیوماس تجمعی، کل نمونه‌های برداشت شده، پس از اندازه‌گیری شاخص سطح برگ، در آون ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت خشک شده و سپس توزین شدند. مقادیر روزانه بیوماس کل در طی فصل رشد با برازش یک تابع لجستیک پیک (معادله ۳) به داده‌های اندازه‌گیری شده محاسبه شد. جهت محاسبه کارایی مصرف نور مقادیر بیوماس کل به عنوان متغیر وابسته در مقابل مقدار تجمعی تشعشع فعال فتوسنتزی (PAR) جذب شده توسط تاج پوشش به عنوان متغیر مستقل رسم گردید. شیب خط رگرسیونی برازش یافته بین این دو نشان‌دهنده کارایی مصرف نور می‌باشد (۱۲، ۱۳).

محاسبات آماری به کمک نرم افزارهای CurveExpert، SlideWrite و Excell انجام شده و تمامی شکل‌ها در محیط Excel ترسیم شدند.

## نتایج و بحث

### ضریب استهلاک نور

با توجه به اینکه اندازه‌گیری‌های جذب نور تاج پوشش در ظهر خورشیدی انجام شده بود، شکل ۱، الف رابطه بین لگاریتم طبیعی کسر نور جذب شده توسط تاج پوشش در ظهر با شاخص سطح برگ را نشان می‌دهد. شیب رابطه بین این دو، معادل ضریب خاموشی نور گیاه *Kochia* در ظهر خورشیدی است



شکل ۱- رگرسیون خطی لگاریتم طبیعی کسر تشعشع عبور یافته از تاج پوشش در مقابل شاخص سطح برگ برای ظهر خورشیدی (الف) و تمام روز (ب). شیب خط برازش یافته بین نقاط مشاهدات مبین ضریب خاموشی نور گیاه می‌باشد.

است (اواسط تیرماه)، و از این زمان به بعد کل تشعشع روزانه‌ای که به سطح تاج پوشش گیاه می‌رسد شروع به کاهش می‌کند (شکل ۵). به عبارت دیگر، حداکثر قابلیت جذب نور توسط گیاه با حداکثر تشعشع دریافتی انطباق زمانی نداشته و با تأخیر زمانی نسبت به آن رخ می‌دهد. این امر سبب می‌شود که گیاه نتواند از کل تشعشع تابیده موجود جهت تولید ماده خشک بهره برداری نماید. بنابراین به نظر می‌رسد هر عاملی که رشد و توسعه سطح برگ گیاه را در ابتدای فصل بهبود بخشیده و باعث بسته شدن زودتر تاج پوشش گیاه شود، همانند کشت زودتر و یا احتمالاً کاربرد کود، می‌تواند سبب شود که گیاه دارای سطح برگ کافی در زمان حداکثر تشعشع موجود باشد، و بدین روی کل میزان جذب و بهره‌وری گیاه از تشعشع تابیده شده به آن افزایش یافته و باعث بهبود عملکرد گیاه شود.

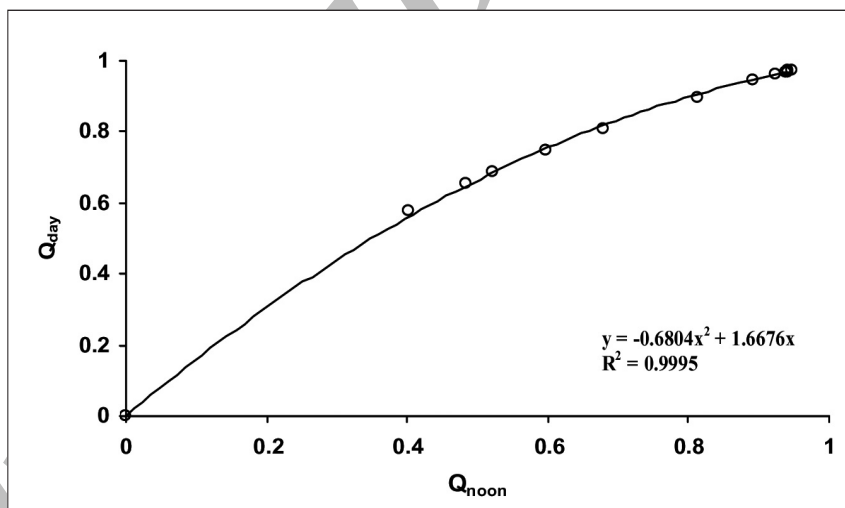
### جذب نور

از آنجائی که کارائی دریافت و جذب نور توسط گیاه تا حد زیادی تابع اندازه تاج پوشش و سطح برگ آن می‌باشد (۵، ۱۰، ۲۶)، روند تغییرات شاخص سطح برگ اندازه‌گیری شده در طی فصل رشد مورد ارزیابی قرار گرفت و مشاهده شد که تغییرات شاخص سطح برگ در فصل رشد از یک تابع لگسستیک پیک<sup>۱</sup> پیروی می‌کند (معادله ۳). ضرایب معادلات شاخص سطح برگ برای سطوح مختلف شوری در جدول ۱ ارائه شده است. با استفاده از توابع برازش یافته، شاخص سطح برگ گیاه در هر روز در طی فصل رشد محاسبه و در محاسبات کسر جذب نور و تشعشع تجمعی دریافتی تاج پوشش گیاهان مورد استفاده قرار گرفت.

شکل ۶ روند برآورد شده کسر نور جذب شده در طی فصل رشد در سطوح مختلف شوری را نشان می‌دهد. با توجه به بالاتر بودن کسر جذب نور در ابتدای فصل رشد در تیمار شوری ۱/۵ دسی زیمنس بر متر، به نظر می‌رسد که گیاهان در شوری کم تاج پوشش خود را زودتر بسپهند و سرعت گسترش سطح برگ و بالطبع جذب نور در ابتدای فصل با افزایش شوری کاهش پیدا کرده است. در حدود ۹۰ روز پس از کاشت، کسر جذب نور در شوری ۸/۶ دسی زیمنس بر متر با شوری ۱/۵ دسی زیمنس بر متر برابر شده و از ۱۱۰ روز پس از کاشت، یعنی دقیقاً در اوج جذب نور، پیک کسر جذب نور در شوری ۸/۶ دسی زیمنس بر متر از شوری ۱/۵ دسی زیمنس بر متر فزونی یافت. در شوری ۲/۸ دسی زیمنس بر متر، گیاهان دیرتر در فصل به حداکثر کسر جذب نور دست یافتند. نکته مهم این است که حداکثر کسر جذب نور در این سطح شوری مصادف با زمانی است که تشعشع برخوردی به تاج پوشش شروع به کاهش نمود (شکل‌های ۵ و ۶)، بنابراین جذب کمتر نور در این تیمار قابل انتظار می‌باشد. بالاتر بودن کسر جذب تشعشع در شوری ۲/۸ دسی زیمنس بر متر در انتهای فصل به دلیل سطح برگ بیشتر آن در این زمان می‌باشد (شکل ۴). کاهش کسر جذب نور در انتهای فصل

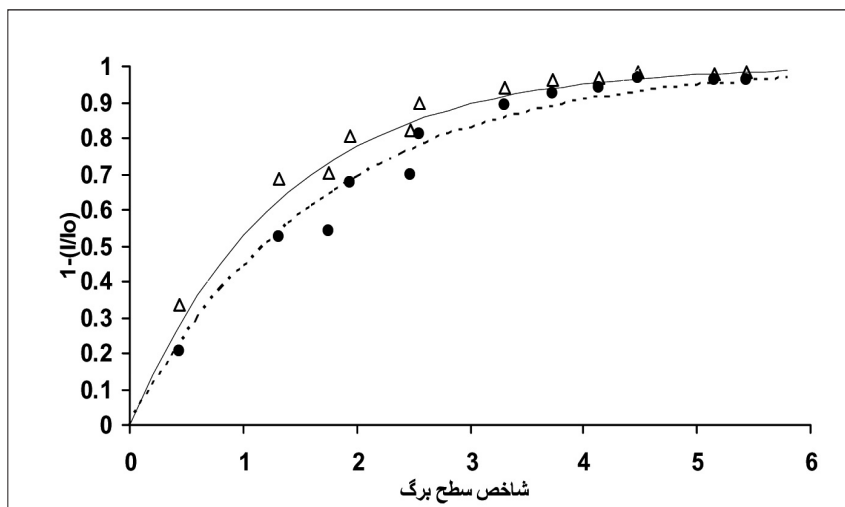
نور و تغییرات شاخص سطح برگ در طول فصل رشد محاسبه می‌شود (۲۵). برای محاسبه کسر جذب نور، محاسبه ضریب خاموشی نور و نیز تغییرات شاخص سطح برگ در طول فصل رشد ضروری است.

بررسی روند تغییرات کسر جذب نور در مقابل تغییرات شاخص سطح برگ نشان می‌دهد که با افزایش شاخص سطح برگ، میزان جذب نور توسط گیاه در ظهر خورشیدی و نیز برای تمام روز افزایش یافت. با ضریب خاموشی محاسبه شده در ظهر، گیاهان ۹۵٪ نور تابیده شده را در شاخص سطح برگی معادل ۵، دریافت نمودند، هر چند این میزان جذب نور با در نظر گرفتن ضریب خاموشی نور کل روز، در شاخص سطح برگی معادل ۴ به دست آمد (شکل ۳). بررسی روند تغییرات شاخص سطح برگ (شکل ۴) نشان می‌دهد که گیاهان در حدود ۱۰۰ روز پس از کاشت، یعنی در اواسط تا اواخر دوره گلدهی به این شاخص سطح برگ دست یافتند. این زمان تقریباً مصادف با یکصد و دهمین روز سال



شکل ۲- رابطه پیش بینی شده بین کسر جذب نور تاج پوشش در ظهر (Qnoon)

با میزان آن در کل روز (Qday). مقادیر Qday با استفاده از الگوریتم پیشنهادی چارلز ادوارد و همکاران (۷) محاسبه شده اند.



شکل ۳- روابط مشاهده شده و پیش بینی شده بین کسر نور جذب شده در

ظهر خورشیدی (دوایر توپر، خط نقطه چین) و تمام روز (مثلث‌های توخالی، خط پیوسته) با شاخص سطح برگ گیاهان.

و ۲۸/۲ دسی‌زیمنس بر متر بود و از این زمان به بعد سطح شوری ۸/۶ دسی‌زیمنس بر متر بالاترین تجمع ماده خشک را داشت، هر چند در انتهای فصل رشد با افزایش شوری، میزان کل ماده خشک کاهش نشان داد. با در نظر گرفتن همبستگی بالای وزن خشک تولیدی با سطح برگ (۱۶،۴) که در این آزمایش نیز دیده شد ( $r^2 = 0/88, p < 0/01$ ) و با توجه به شکل ۴ مشاهده می‌شود که تغییرات در روند تجمع ماده خشک تا حد زیادی از تغییرات در شاخص سطح برگ پیروی می‌کند. این منطبق با نتایج Muramoto و همکاران (۱۶) است که تفاوت‌های اصلی در وزن خشک در طی زمان را با تفاوت‌هایی در تکامل سطح برگ مرتبط دانستند. حداکثر ماده خشک در تمامی سطوح شوری در ۱۱۰ روز پس از کاشت به دست آمد و شوری ۸/۶ دسی‌زیمنس بر متر باعث افزایش تجمع ماده خشک شد (شکل ۷). تحریک رشد گونه *K. indica* با سطح متوسط نمک نیز گزارش شده است (۲۸).

شوری زیاد از اواسط گل‌دهی به بعد سبب افت تجمع ماده خشک شد، در حالی که تا این مرحله تفاوتی بین سطوح ۸/۶ دسی‌زیمنس بر متر و بالای شوری وجود نداشت.

نتایج این آزمایش در تطابق کامل با آزمایشات Fowler و همکاران (۹) می‌باشد که مشاهده کردند که از ۳۶ روز پس از کاشت، وزن خشک گونه *Salsola iberica* در شوری ۱۰/۵ دسی‌زیمنس بر متر بیشتر از شاهد (۱/۴ دسی‌زیمنس بر متر) شد، گرچه شوری بیشتر کاهش تجمع ماده خشک را در پی داشت، هر چند در برداشت ن‌هایی این سطح شوری نیز قادر به جبران کندی اولیه تجمع ماده خشک شد. بنابراین همانطور که آن‌ها نتیجه گرفتند، می‌توان گفت که مکانیزم سازگاری به شوری و افزایش رشد در سطوح بالاتر شوری در *kochia* وجود دارد، هر چند به نظر می‌رسد در سطوح بالاتر شوری به زمان بیشتری برای القاء این مکانیزم و غلبه بر اثرات منفی شوری‌های بالا نیاز می‌باشد.

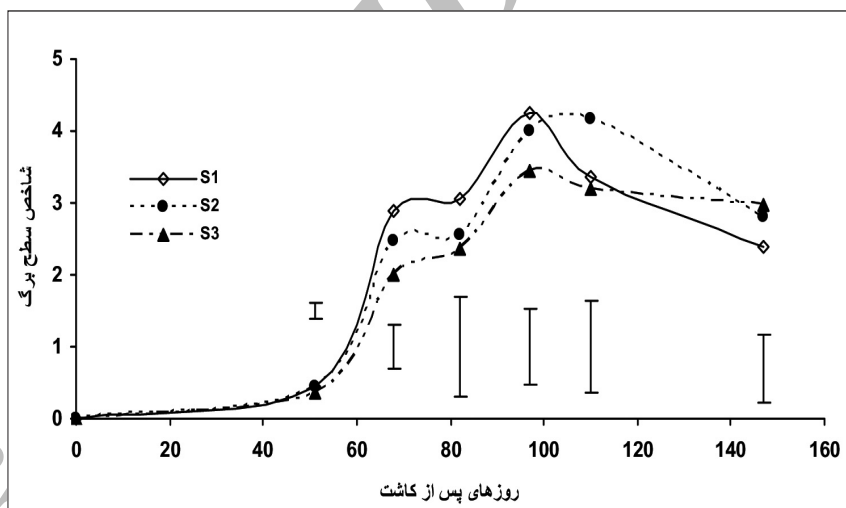
### کارایی مصرف نور

شکل ۸ رابطه بین کل ماده خشک تولیدی و تشعشع فعال فتوسنتزی جمع‌تری را در سه سطح مختلف شوری نشان می‌دهد. برآزش رگرسیونی خطی بین نقاط داده‌های هر سطح شوری نشان داد که افزایش کم شوری، از ۱/۵ به ۸/۶ دسی‌زیمنس بر متر، موجب اندکی افزایش در کارایی مصرف نور شد که با افزایش بیشتر شوری مجدداً کاهش پیدا کرد، گرچه تفاوت چندانی بین سطوح مختلف شوری از نظر کارایی مصرف نور مشاهده نمی‌شود (شکل ۸، جدول ۲). سطح شوری ۸/۶ دسی‌زیمنس بر متر که بالاترین کارایی مصرف نور را داشت، تیماری است که بیشترین تجمع ماده خشک کل اندام‌های هوایی گیاه را نیز دارا بود (شکل ۷) که خود به دلیل اثر تحریک‌کنندگی سطوح متوسط شوری بر رشد هالوفیت‌هایی همچون *kochia* می‌باشد (۲۸، ۱۷، ۱۱). بنابراین به نظر می‌رسد

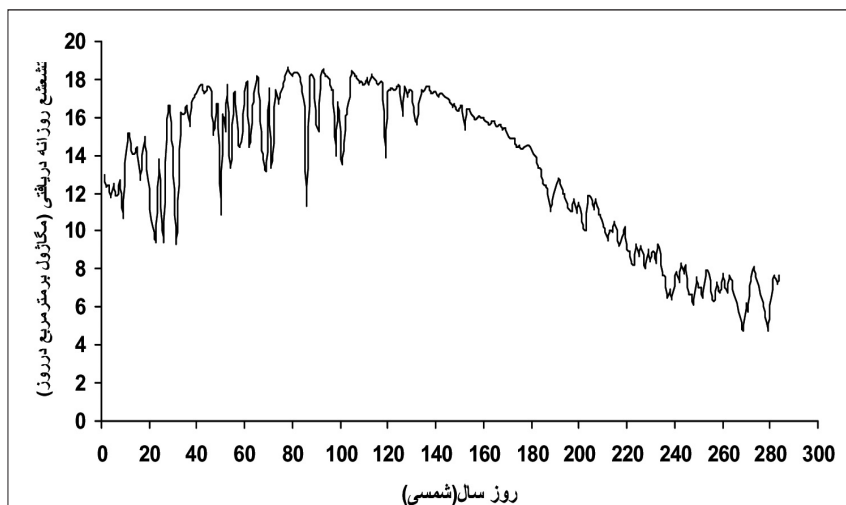
به دلیل ریزش طبیعی برگ‌ها می‌باشد. کاهش جذب نور با افزایش شوری به دلیل ترکیب اثر اسمزی و سمیت یونی ناشی از تنش شوری است که همانطور که Wang و همکاران (۲۶) اعلام داشتند، اغلب باعث کاهش نمو تاج پوشش در بیشتر گونه‌های گیاهی و در نتیجه کاهش در جذب کل فصلی تشعشع می‌شود. آن‌ها بر این عقیده بودند که کاهش نمو تاج پوشش سویا در اثر تنش شوری که منجر به جذب کمتر تشعشع شد، ارتباط مستقیمی با کاهش LAI داشت.

### تجمع ماده خشک

شکل ۷ اثر شوری را بر روند تجمع ماده خشک نشان می‌دهد. از ابتدای فصل رشد تا اواسط دوره گل‌دهی میزان تجمع ماده خشک در سطح شوری ۱/۵ دسی‌زیمنس بر متر بیشتر (گرچه غیرمعنی‌دار) از دو سطح شوری ۸/۶



شکل ۴- روند تغییرات شاخص سطح برگ سبز نسبت به روزهای پس از کاشت در سطوح مختلف شوری. S1، S2 و S3 در شکل به ترتیب نشانگر سطح شوری آب آبیاری معادل ۱/۵، ۸/۶ و ۲۸/۲ دسی‌زیمنس بر متر می‌باشند. خطوط عمودی نشانگر حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح ۰/۰۵ می‌باشند.



شکل ۵- تغییرات کل تشعشع روزانه رسیده به سطح کانوپی گیاه در طول سال در منطقه بیرجند.

جدول ۱- ضرایب معادلات برازش یافته برای روند تغییرات شاخص سطح برگ گیاهان در بیرجند و در سطوح مختلف شوری

| ضریب تبیین | ضرایب معادله |          |          |            | سطح تیمار | تیمار                   |
|------------|--------------|----------|----------|------------|-----------|-------------------------|
|            | d            | c        | b        | a          |           |                         |
| ۰/۹۰۶      | ۲۷/۵۳۴۷۹     | ۱۰۹/۱۴۹۲ | ۴/۶۱۶۳۲۷ | - ۰/۵۵۲۶۹۶ | ۱/۵       | شوری (دسی زیمنس بر متر) |
| ۰/۹۵۰      | ۲۴/۹۹۳۳۶     | ۱۱۳/۹۹۲۵ | ۴/۶۵۸۵۵۷ | - ۰/۳۲۵۴۶۶ | ۸/۶       |                         |
| ۰/۹۴۸      | ۲۷/۰۲۰۱۷     | ۱۱۸/۶۵۳۱ | ۴/۲۴۲۱۲۷ | - ۰/۳۸۱۲۶۷ | ۲۸/۲      |                         |

ابتدای فصل شد، ولی این تولید کمتر سطح برگ باعث شد که سایه‌اندازی کمتری در شوری ۲۸/۲ دسی زیمنس بر متر صورت بگیرد که خود از پیری زودرس و مرگ برگ‌های مسن‌تر واقع در قسمت‌های پایینی گیاه جلوگیری کرد، بنابراین پس از دستیابی به حداکثر شاخص سطح برگ، روند کاهش سطح برگ و به طبع آن کسر جذب نور دارای شیب کاهشی آهسته تری در این سطح شوری نسبت شوری‌های ۱/۵ و ۸/۶ دسی زیمنس بر متر بود. به نظر می‌رسد همین سازگاری‌های گیاه به شرایط شوری خاک در اواسط و انتهای فصل رشد، موجب شد که افزایش شوری از ۱/۵ دسی زیمنس بر متر، با کاهش اندکی در کارایی مصرف نور همراه باشد. به علاوه، سطح شوری ۸/۶ دسی زیمنس بر متر باعث تحریک در رشد گیاه و بهبود کارایی مصرف نور شد. با توجه به اینکه در این آزمایش کوشیا نسبت به سطح متوسط شوری ۸/۶ دسی زیمنس بر متر پاسخ مثبت نشان داد، بنابراین به نظر می‌رسد این گیاه یک گونه متحمل به شوری است که سطوح متوسط نمک‌های تجمع یافته در خاک تاثیر چندانی بر ویژگی‌های بهره‌وری نوری آن ندارد.

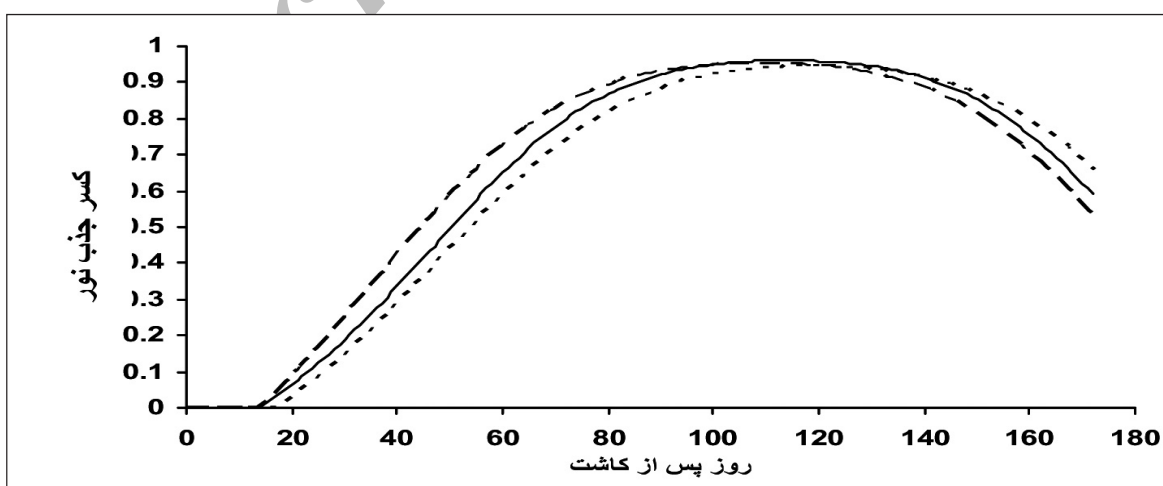
### قدردانی

نگارندگان مایلند بدین وسیله از ریاست محترم وقت دانشکده

که سطوح متوسط شوری باعث می‌شود که گیاهان تشعشع دریافتی را به نحو کارآمدتری استفاده نمایند. دیده شده است گیاهان قرار گرفته در معرض شوری کربن را به طور کارآمدتری تثبیت می‌کنند. این امر به دلیل اثر کلی کربن روی فرایند تنظیم اسمزی است، به نحوی که افزایش در راندمان تثبیت و اسیمیلاسیون کربن باعث بهبود فرایند تنظیم اسمزی می‌شود (۲۷). هر چند بدیهی است این امر تا زمانی صادق است که سطوح شوری از حد آستانه تحمل گیاه و ظرفیت آن برای تنظیم اسمزی تجاوز نکنند.

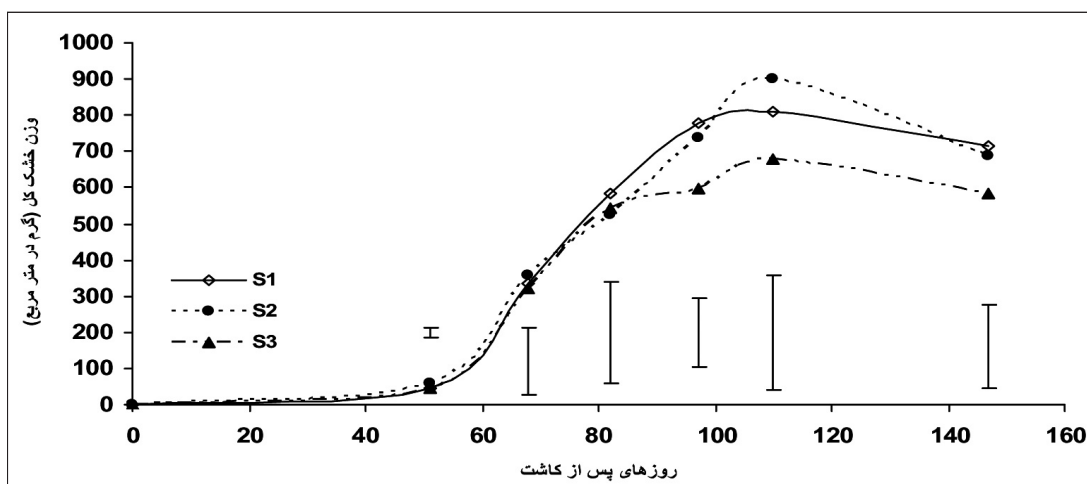
همچنین مشخص شده است که وجود نمک، فعالیت PEP کربوکسیلاز را افزایش داده و متابولیسم کربن از طریق مسیر چهار کربنه در حضور Na تحریک می‌شود (۲۷). بنابراین به نظر می‌رسد پس خور مثبتی که تنظیم اسمزی در گیاه چهار کربنه‌ای همچون *kochia* در واکنش به شوری بر روی متابولیسم و اسیمیلاسیون کربن می‌گذارد سبب بهبود کارایی مصرف نور آن در واکنش به شوری می‌شود.

نتایج آزمایش حاضر که اولین گزارش در این زمینه در مورد این گونه به شمار می‌آید نشان داد که *kochia* مقاومت خوبی به شوری نشان می‌دهد. افزایش شوری آب آبیاری از ۱/۵ به ۲۸/۲ دسی زیمنس بر متر گرچه باعث کاهش گسترش سطح برگ و در نتیجه کاهش کسر جذب نور در

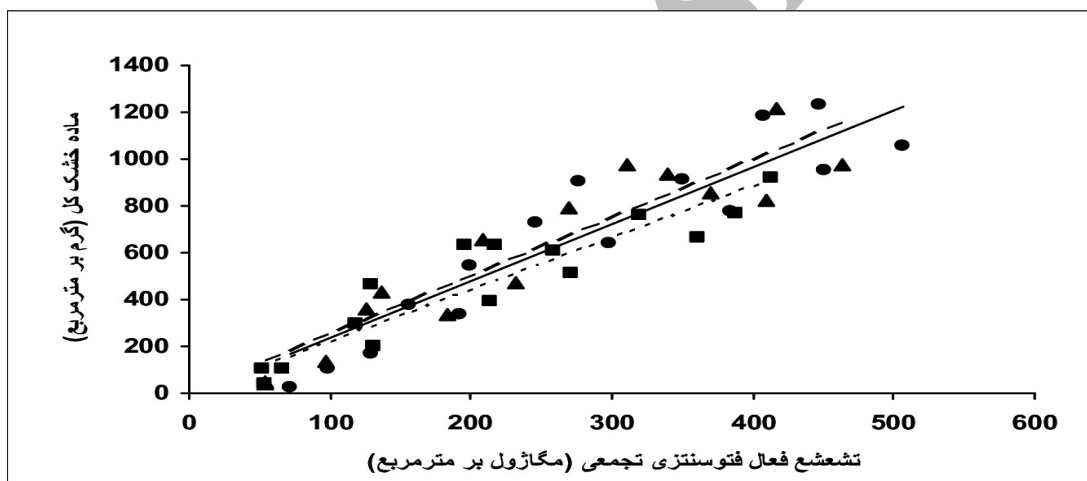


شکل ۶. اثر سطوح مختلف شوری آب آبیاری بر کسر جذب نور *kochia* در طی فصل رشد.

سطوح شوری عبارت بودند از ۱/۵ (خط منقطع)، ۸/۶ (خط پیوسته)، و ۲۸/۲ (خط نقطه چین) دسی زیمنس بر متر.



شکل ۷- روند تغییرات ماده خشک کل نسبت به روزهای پس از کاشت در سطوح مختلف شوری. S۱، S۲ و S۳ در شکل به ترتیب نشانگر سطح شوری آب آبیاری معادل ۱/۵، ۱/۶ و ۲۸/۲ دسی‌زیمنس بر متر می‌باشند. خطوط عمودی نشانگر حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح اطمینان ۰/۰۵ می‌باشند.



شکل ۸- رابطه مشاهده شده بین ماده خشک کل با تشعشع فعال فتوسنتزی تجمعی در سه سطح شوری ۱/۵ (●)، ۱/۶ (▲) و ۲۸/۲ (■) دسی‌زیمنس بر متر. رابطه خطی بین ماده خشک و تشعشع فعال فتوسنتزی تجمعی با برازش رگرسیون خطی بین نقاط برای شوری‌های ۱/۵ (خط پیوسته)، ۱/۶ (خط منقطع) و ۲۸/۲ (خط نقطه چین) دسی‌زیمنس بدست آمده‌اند. مقادیر کارآیی مصرف نور که معادل شیب خط رگرسیونی است در جدول ۲ ارائه شده‌اند.

### منابع مورد استفاده

- ۱- خلیلی، ع.، و ح. رضایی صدر. ۱۳۷۶؛ برآورد تابش کلی خورشید در گستره ایران بر مبنای داده‌های اقلیمی. فصلنامه تحقیقات جغرافیایی. شماره ۸۴. صفحات: ۳۵-۱۵.
- ۲- نصیری محلاتی، م. ۱۳۷۹؛ مدلسازی فرایندهای رشد گیاهان زراعی (ترجمه). انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۲۸۰ ص.
- 3-Begue, A., J. F. Desprat, J. Imbernon, and F. Baret. 1991; Radiation use efficiency of pearl millet in the Sahelian zone. Agricultural and Forest Meteorology. 56:93-110.
- 4- Bhardwaj, S. N., A. D. Saini Munshising, and K. D. Singh. 1988; Contribution of area, thickness and conductance of leaf in biomass production in upland cotton (*Gossypium hirsutum*). Indian Journal of Agricultural Science. 58: 100-103.

کشاورزی بیرجند، دکتر افضل، که امکان اجرای آزمایش را فراهم ساختند قدردانی نمایند.

### پاورقی‌ها

1. Canopy
2. Radiation use efficiency
3. Photosynthetically Active Radiation
4. New Crop
5. Sunscan,  $\Delta T$
6. Diffuse
7.  $\Delta T$ , Borol Co., UK
8. Logistic peak



16- Muramoto, H., J. Hesketh, and M. EL-Sharkawy. 1965; Relationships among rate of leaf area development, photosynthetic rate, and rate of dry matter production among American cultivated cottons and other species. *Crop Science*. 5: 163-166.

17- Noaman, M. N., and E. El-Haddad. 2000; Effects of irrigation water salinity and leaching fraction on the growth of six halophyte species. *Journal of Agricultural Science (Cambridge)*. 135: 279-285.

18- Pilbeam, C. J, P. D. Hebblethwaite, H. E. Ricketts, and T. E. Nyongesa. 1991; Effects of plant population density on determinate and indeterminate forms of Winter field beans (*Vicia faba*). 2. Growth and development. *Journal of Agricultural Science (Cambridge)*. 116: 385-393.

19- Pitman, W. D., D. M. Vietor, and E. C. Holt. 1981; Digestibility of kleingrass forage grown under moisture stress. *Crop Science*. 21: 951-953.

20- Pyankov, V. I., E. G. Artyusheva, G. E. Edwards, C. C. Black Jr., and P. S. Soltis. 2001; Phylogenetic analysis of tribe Salsoleae (Chenopodiaceae) based on ribosomal ITS sequence: Implications for the evolution of photosynthesis types. *American Journal of Botany*. 88:1189-1198.

21- Rizzalli, R.H., F.J. Villalobos, and F. Orgaz. 2002; Radiation interception, radiation-use efficiency and dry matter partitioning in garlic (*Allium sativum* L.). *European Journal of Agronomy*. 18: 33-43.

22- Robertson, M. J., S. Slilim, Y. S. Chauhan, and R. Ranganathan. 2001; Predicting growth and development of pigeon pea: Biomass accumulation and partitioning. *Field Crops Research*. 70:89-100.

23- Russell, G., P. G. Jarvis, and J. L. Monteith. 1989. Absorption of radiation by canopies and stand growth. In Russell, G., P. G. Jarvis, and B. Marshall (eds.). *Plant canopies, their growth, form and function*. Cambridge: CUP. pp.21-39.

24- Sinclair, T. R., and T. Horie. 1989; Leaf nitrogen, photosynthesis, and crop radiation use efficiency: A review. *Crop Science*. 29:90-98.

25- Sinclair, T. R., and R. C. Muchow. 1999; Radiation use efficiency. *Advances in Agronomy*. 65:215-265.

26- Wang, D., M. C. Shannon, and C. M. Grieve. 2001; Salinity reduces radiation absorption and use efficiency in soybean. *Field Crops Research*. 69: 267-277.

27- Wyn Jones, R. G., and J. Gorham. 1983; Osmoregulation. pp.35-58. In Lange, O. L., P. S. Nobel, C. B. Osmond and H. Ziehler (eds.). *Encyclopedia of plant physiology*. New Series, Vol. 12C. *Physiological Plant Ecology*. Springer-Verlag. Berlin.

28- Zahran, M. A. 1993; *Juncus* and *kochia*: Fiber- and fodder-producing halophytes under salinity and aridity stress. In M. Pessaraki (ed.). *Handbook of plant and crop stress*. Marcel Dekker

جدول ۲- کارآیی مصرف نور *kochia* (بر حسب گرم بر مگازول) در سطوح مختلف تیمارهای شوری

| شوری (دسی زیمنس بر متر) |      |      | تیمار                              |
|-------------------------|------|------|------------------------------------|
| ۲۸/۲                    | ۸/۶  | ۱/۵  | سطح تیمار                          |
| ۲/۲۰                    | ۲/۴۸ | ۲/۴۱ | کارآیی مصرف نور<br>(گرم بر مگازول) |
| ۰/۸۵                    | ۰/۸۷ | ۰/۸۶ | ضریب تبیین                         |

5- Bonhomme, R. 2000; Beware of comparing RUE values calculated from PAR vs. solar radiation or absorbed vs. intercepted radiation. *Field Crops Research*. 68:247-252.

6- Charles-Edwards, D. A., and Lawn, R. J. 1984; Light interception by grain legume row crops. *Plant, Cell, and Environment*. 7:247-251.

7- Charles-Edwards, D. A., D. Doley, and G. M. Rimmington. 1986; *Modelling plant growth and development*. Academic Press, Australia. 235pp.

8- Fischer, A. J., C. G. Messersmith, J. D. Nalewaja, and M. E. Duysen. 2000; Interference between Spring cereals and *Kochia scoparia* related to environment and photosynthetic pathways. *Agronomy Journal*. 92:173-181.

9- Fowler, J. L., J. H. Hageman, M. Suzukida, and H. Assadian. 1988; Evaluation of salinity tolerance of Russian-thistle, a potential forage crop. *Agronomy Journal*. 80:250-258.

10- Goyne, P. J., S. P. Milroy, J. M. Lilley, and J. M. Hare. 1993; Radiation interception, radiation use efficiency and growth of barley cultivars. *Australian Journal of Agricultural Research*. 44: 1351-1366.

11- Khan, M. A., I. A. Ungar, and A. M. Showalter. 2000; Effects of salinity on growth, water relations and ion accumulation of the subtropical perennial halophyte, *Atriplex griffithi* var. stocksii. *Annals of Botany*. 85: 225-232.

12- Lecoer, J., and B. Ney. 2003; Change with time in potential radiation-use efficiency in field pea. *European Journal of Agronomy*. 19:91-105.

13- Mariscal, M. J., F. Orgaz, and F.J. Villalobos. 1999; Radiation-use efficiency and dry matter partitioning of a young olive (*Olea europaea*) orchard. *Tree Physiology*. 20: 65-72.

14- Monteith, J. L. 1977; Climate and the efficiency of crop production in Britain. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*. 281: 277-294.

15- Muchow, R. C. 1985; An analysis of the effects of water deficits on grain legumes grown in a semiarid tropical environment in terms of radiation interception and its efficiency of use. *Field Crops Research*. 11: 309-323.