



تأثیر توأم شوری و آب آبیاری بر صفات فیزیولوژیکی و عملکرد سورگوم علوفه- ای در چین‌های مختلف

حلیمه پیری^۱

دریافت: ۹۵/۱۲/۱۷ پذیرش: ۹۶/۵/۱۰

چکیده

بهره‌برداری از منابع آب و خاک با کیفیت پایین می‌تواند به عنوان یک گزینه مناسب برای تولید غذا در کشورهای در حال توسعه مورد نظر قرار گیرد. به همین منظور مطالعه‌ای روی گیاه سورگوم علوفه‌ای در سطوح مختلف شوری (۲، ۵ و ۸ دسی زیمنس بر متر) و سطوح مختلف آبیاری (۱۲۰، ۱۰۰، ۷۵ و ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه) و در سه مرحله برداشت علوفه انجام گرفت. آزمایش به صورت فاکتوریل اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک کامل تصادفی در زمان با ۱۲ تیمار و سه تکرار در منطقه سیستان و در سال ۱۳۹۴ انجام شد. نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر متقابل سه عامل آبیاری، شوری و برداشت و اثر هر یک از تیمارها به تنهایی، بر پارامترهای اندازه‌گیری شده در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. نتایج مقایسه میانگین صفات اندازه‌گیری شده نشان داد با افزایش شوری و کاهش عمق آب آبیاری عملکرد علوفه کاهش یافت اما بین تیمار آبیاری کامل و ۷۵ درصد نیاز آبی گیاه تفاوت معنی‌دار مشاهده نگردید. همچنین بین تیمارهای آب با شوری ۲ و ۵ دسی زیمنس بر متر تفاوت معنی‌داری از نظر تولید علوفه مشاهده نشد. اثر چین نشان داد مقدار عملکرد علوفه در چین دوم بهتر از چین اول و سوم بود. با افزایش شوری و کاهش عمق آب آبیاری درصد پرولین و نسبت کلروفیل a به b افزایش و درصد کارتنوئیدها، مقدار کلروفیل a و b کاهش یافت. با توجه به کمبود آب در منطقه می‌توان آبیاری این گیاه را با ۷۵ درصد نیاز آبی گیاه و شوری ۵ دسی زیمنس بر متر آبیاری انجام داد بدون آن که تأثیر معنی‌داری در میزان علوفه تولید شده داشته باشد و بهترین برداشت علوفه از نظر تولید و کیفیت نیز چین دوم می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: پرولین، عملکرد علوفه، کارتنوئید، کلروفیل a و b

پیری، ح. ۱۳۹۸. تأثیر توأم شوری و آب آبیاری بر صفات فیزیولوژیکی و عملکرد سورگوم علوفه‌ای در چین‌های مختلف. مجله اکوفیزیولوژی گیاهی. ۳۸: ۱۴۷-۱۳۲.

مقدمه

کاهش دسترسی به منابع آب شیرین جهان و در عین حال افزایش تقاضا برای تولید محصولات کشاورزی، کشاورزان در مناطق بیابانی و نیمه بیابانی را ناگزیر به استفاده از آب های با کیفیت پایین به ویژه آب های شور و لب شور نموده است (ایوانز، ۲۰۰۶).

مهمترین اثری که افزایش شوری آب آبیاری بر بهره وری گیاه می گذارد، کاهش توانایی گیاه برای رقابت با یون های محلول خاک به منظور جذب آب موجود در خاک است (بودر و همکاران، ۲۰۰۶). با افزایش شوری محلول خاک، اگر چه آب در دسترس گیاه است، ولی گیاه عامدانه یا عالمانه از آن استفاده نمی کند. افزون بر این شوری آب سبب کاهش مقاومت روزنه ای گیاه، آسیب رسانی به سلول های برگ و اختلال در امر فتوسنتز برگ ها می شود (مونز، ۲۰۰۵). از آن جا که میزان آب تعرق یافته از طریق گیاه با عملکرد محصول رابطه مستقیمی دارد، بنابراین آبیاری گیاهان با آب شور سبب کاهش عملکرد محصولات کشاورزی می شود (بودر، ۲۰۰۶). گیاهان مختلف مقاومت های متفاوتی نسبت به شوری آب آبیاری دارند. به طور عمده مقاومت گیاهان به شوری متأثر از اقلیم، نوع خاک، نوع گیاه و وارثه انتخابی، مرحله رشد گیاه و مدیریت آبیاری می باشد (ایوانز، ۲۰۰۶). در تحقیقی بلانکو و همکاران (۲۰۰۸) به ارزیابی و عملکرد گیاه ذرت در ۷ سطح شوری در کشور برزیل پرداختند. نتایج مطالعه آن ها نشان داد شوری باعث کاهش وزن خشک گیاه، کاهش کارایی و کاهش تبخیر و تعرق در گیاه شد. آمر (۲۰۱۰) به بررسی سطوح مختلف آبیاری و شوری بر گیاه ذرت در مصر پرداخت. وی گزارش داد شوری و کم آبی باعث کاهش عملکرد دانه، شاخص برداشت و همچنین شاخص سطح برگ گیاه شد. علاوه بر شوری آب آبیاری، تنش کمبود آب نیز اثرات فیزیولوژیک مختلفی بر گیاه می گذارد که نوع و میزان خسارت به شدت تنش و مقاومت گیاه بستگی دارد (حیدری شریف آباد، ۱۳۷۹). بسیاری از خصوصیات آناتومیکی، فیزیولوژیک و آنزیمی گیاه تحت تأثیر تنش خشکی قرار می گیرند (کیویمانا و همکاران، ۲۰۰۳). تنش خشکی از طریق کاهش غلظت کلروفیل در سویا (بریودان و هیگلی، ۲۰۰۳)، کاهش میزان پروتئین های محلول در گیاه آفتابگردان (رودگریوز و همکاران، ۲۰۰۲) و کاهش هدایت روزنه ای در گندم (لیانگ و همکاران، ۲۰۰۲) و سبب کاهش عملکرد می شود. خشکی بر

جنبه های مختلف رشد گیاه اثر می گذارد و موجب کاهش رشد اندام هوایی و کاهش تولید ماده خشک می شود (هوکسترا و همکاران، ۲۰۰۱). گیاهان در شرایط مزرعه ممکن است در برخی مراحل رشد درجاتی از کمبود آب را تجربه کنند که این امر بر برخی از شاخص های فیزیولوژیک مهم مانند میزان جذب عناصر مواد غذایی و میزان پروتئین اثر مستقیم دارد. فتوسنتز یکی دیگر از فرآیندهای مهم فیزیولوژیک گیاه است که شدت آن در کمبود آب کاهش می یابد. دوام فتوسنتز و حفظ کلروفیل برگ تحت شرایط تنش از جمله شاخص های فیزیولوژیک مقاومت به تنش است. تنش خشکی باعث تولید اکسیژن فعال همراه با کاهش و تجزیه کلروفیل می شود. در طی تنش، کلروفیل ها در کلروپلاست تجزیه و ساختارهای تیلاکوئید ناپدید می گردند (گوسگونوا و همکاران، ۲۰۰۶).

سورگوم علوفه ای، گیاهی است که نقش اساسی در تأمین علوفه دام دارد و به علت سازگاری با شرایط نامساعد محیطی و بالا بودن کارایی مصرف آب می تواند در برخی از مناطق کشور که با شوری و خشکی مواجه می باشد، تولید خوبی داشته باشد. این گیاه چشم انداز مناسبی برای تحت پوشش بردن اراضی شور با استفاده از ارقام نسبتاً مقاوم نشان می دهد (یارنیا، ۱۳۸۶). کاشت، داشت و برداشت آن نیز نیازمند ابزار و تکنولوژی معمولی است. سورگوم به عنوان شاخص گیاهان زراعی مقاوم به خشکی شناخته شده است. این گیاه با توجه به سیستم فتوسنتزی، نحوه فعالیت روزنه ها و سیستم ریشه ای خاص خود، قادر است آب را بهتر از سایر گیاهان زراعی جذب نماید و تلفات آب را کاهش دهد (پورعزیزی، ۱۳۸۹). گیاهان علوفه ای نقش عمده ای در تغذیه دام دارند و جزء مهمترین گیاهان زراعی دنیا محسوب می شوند. با این وجود در بیشتر کشورهای دنیا پژوهش و پیشرفت در امر تولید و مدیریت این گیاهان در مقایسه با تلاش و توجهی که به سایر محصولات می شود، اندک است. در کشور ایران با توجه به کمبود مراتع غنی و فشار دام بر آن ها، بررسی و مطالعه پیرامون کشت این محصولات اهمیت ویژه ای دارد. در تولید گیاهان علوفه ای علاوه بر عملکرد ماده خشک، کیفیت علوفه نیز از اهمیت ویژه ای برخوردار است. تغذیه نشخوارکنندگان اهلی با علوفه با کیفیت موجب بهبود رشد و افزایش تولید در آن ها می شود (نباتی و همکاران، ۱۳۹۲). هدف از این تحقیق بررسی تأثیر توأم تنش

شوری و خشکی بر خصوصیات فیزیولوژیکی سورگوم علوفه‌ای در چین‌های مختلف برداشت می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در سال ۱۳۹۴ در مزرعه تحقیقات کشاورزی واقع در شهر زهک در منطقه سیستان در استان سیستان و بلوچستان در ۶۱ درجه و ۶۷ دقیقه طول شرقی و ۳۰ درجه و ۸۹ دقیقه عرض شمالی و ارتفاع از سطح دریا ۴۸۰ متر انجام گرفت. منطقه مطالعاتی دارای اقلیم گرم و خشک بوده و متوسط میزان بارندگی آن در سال کمتر از ۶۰ میلیمتر می‌باشد. به منظور تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش قبل از مرحله آماده سازی زمین نمونه های خاک از اعماق ۰-۳۵

سانتیمتر، ۷۰-۳۵ سانتیمتر و ۱۰۰-۷۰ سانتیمتری خاک برداشت شد (جدول ۱). با تعیین نیاز کودی قبل از کاشت بر اساس آزمون خاک، کود فسفر از نوع سوپر فسفات تریپل و کود پتاسیم (سولفات پتاسیم) به ترتیب هر یک به میزان ۲۰۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار در زمان کاشت و کود نیتروژن (اوره) به میزان ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار به صورت محلول در دو مرحله زمان کاشت و یک ماه بعد از جوانه زنی در اختیار گیاه قرار گرفت. بعد از برداشت هر چین نیز مقدار ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره جهت سرعت بخشیدن و رشد مجدد علوفه به گیاه داده شد. مقادیر متوسط برخی خصوصیات شیمیایی آب آبیاری در تیمارهای مختلف نیز در جدول ۲ آورده شده است.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش

عمق نمونه برداری	بافت خاک	pH	ظرفیت زراعی (%)	نقطه پژمردگی (%)	EC (dsm ⁻¹)	پتاسیم قابل جذب (ppm)	فسفر قابل جذب (ppm)	کربن آلی (%)
۰-۳۵	شن لوم	۸	۲۱	۹	۱/۱	۱۳۹	۲/۱	۱/۶
۳۵-۷۰	شن لوم	۷/۸	۲۵	۱۱	۱	۱۴۱	۲/۲	۱/۵
۷۰-۱۰۰	لوم	۷/۵	۳۰	۱۴	۱	۱۳۸	۲/۴	۱/۲

جدول ۲- خصوصیات شیمیایی آب آبیاری در سطوح مختلف شوری

نمونه آب	pH	EC (dsm ⁻¹)	کاتیون ها (meqlit ⁻¹)			آنیون ها (meqlit ⁻¹)			SAR
			Ca	Mg	Na	K	HCO ³⁻	Cl	
S1	۸	۲	۷/۱	۲/۵	۱۳/۱	۰/۰۷	۴/۷	۸/۳	۶/۲
S2	۷/۵	۵	۸/۳	۵/۷	۲۸/۹	۰/۴	۱۰/۱	۲۳/۵	۱۸/۸
S3	۷/۹	۸	۹/۱	۱۰/۹	۳۷/۱	۰/۶۵	۹/۱	۳۲/۹	۲۷/۹

به منظور دستیابی به اهداف موردنظر، تحقیق حاضر آزمایش فاکتوریل اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک کامل تصادفی در زمان اجرا گردید. آب آبیاری به عنوان کرت اصلی و شوری به عنوان کرت فرعی در نظر گرفته شد. فاکتورهای مورد مطالعه شامل سه سطح شوری آب آبیاری (۲، ۵، ۸ دسی زیمنس بر متر) (S1، S2، S3)، چهار سطح میزان آب آبیاری (معادل ۵۰، ۷۵، ۱۰۰ و ۱۲۰ درصد نیاز آبی گیاه سورگوم) (I1، I2، I3 و I4) و سه چین برداشت علوفه بودند و آزمایش در سه

تکرار اجرا شد. مقادیر متوسط برخی خصوصیات شیمیایی آب آبیاری در تیمارهای مختلف نیز در جدول ۱ آورده شده است. به منظور تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش قبل از مرحله آماده سازی زمین نمونه های خاک از اعماق ۰-۳۵ سانتیمتر، ۷۰-۳۵ سانتیمتر و ۱۰۰-۷۰ سانتیمتری خاک برداشت شد (جدول ۲). با تعیین نیاز کودی قبل از کاشت بر اساس آزمون خاک، کود فسفر از نوع سوپر فسفات تریپل و کود پتاسیم (سولفات پتاسیم) به ترتیب هر یک به میزان

ضریب گیاهی، ETp : تبخیر از تشت (متر)، Ea : راندمان سیستم (۹۰ درصد) و kt : ضریب سایه‌انداز می‌باشد. حجم آب آبیاری با استفاده از کنتورهای نصب شده روی هر یک از لوله‌های آبرسان اندازه‌گیری شد. حجم آب سایر تیمارها بر اساس این حجم تعیین و اعمال گردید.

نمونه برداری گیاهی

زمان برداشت سورگوم علوفه‌ای با توجه به تعداد چین و بسته به ارقام مختلف متفاوت است. ارقام زودرس مثل وارپته اسپیدفید که در این طرح نیز از این رقم کشت گردید، را می‌توان براساس شروع گلدهی برداشت نمود. در این طرح سه بار برداشت علوفه انجام شد. در هر بار زمانی که پنج درصد بوته‌های کشت شده به گل‌دهی رسیدند، برداشت انجام گرفت. پارامترهایی که در هر بار برداشت اندازه‌گیری شدند، عبارت بودند از: عملکرد علوفه تازه و خصوصیات کیفی همچون مقدار پرولین، کلروفیل a ، کلروفیل b ، نسبت کلروفیل a به کلروفیل b و کارتنوئیدها. جهت اندازه‌گیری این پارامترها از هر کرت به طور تصادفی ده بوته برداشت و جهت اندازه‌گیری به آزمایشگاه ارسال گردید. عملکرد علوفه تازه با برداشت دو خط وسط هر کرت با رعایت اثر حاشیه و حذف دو بوته از ابتدا و انتهای کرت به صورت دستی اندازه‌گیری و بر حسب تن در هکتار محاسبه گردید. مقدار پرولین به روش بیتس و همکاران (۱۹۷۳) اندازه‌گیری شد. $0/5$ گرم از ماده تر گیاهی به همراه 10 میلی‌لیتر اسید سولفوسالیسیلیک 3 درصد کوبیده شده و از کاغذ صافی عبور داده شد. به 2 میلی‌لیتر از این محلول، 2 میلی‌لیتر اسید استیک گلاسیال و 2 میلی‌لیتر اسید ناین هیدرین اضافه و به مدت یک ساعت در حمام بن ماری در دمای 100 درجه قرار داده شد. 4 میلی‌لیتر تولوئن به نمونه اضافه گردید. در نهایت میزان نور جذبی در 520 نانومتر توسط دستگاه اسپکتوفتومتر قرائت گردید (نورزاد و همکاران، ۱۳۹۴). مقدار کلروفیل و کاروتنوئید هم به روش ارنون (۱۹۶۷) اندازه‌گیری شد. مقدار $0/5$ گرم از ماده تر گیاهی در هاون چینی ریخته، سپس با استفاده از نیتروژن مایع خرد شد. 20 میلی‌لیتر استن 80% به نمونه اضافه، سپس در دستگاه سانتریفیوژ با سرعت 6000 دور در دقیقه به مدت 10 دقیقه قرار داده شد. سپس مقداری از نمونه در

200 و 100 کیلوگرم در هکتار در زمان کاشت و کود نیتروژن (اوره) به میزان 200 کیلوگرم در هکتار به صورت محلول در دو مرحله در اختیار گیاه قرار گرفت. بعد از برداشت هر چین نیز مقدار 100 کیلوگرم در هکتار کود اوره جهت سرعت بخشیدن و رشد مجدد علوفه به گیاه داده شد.

ابعاد کرت‌ها 4×3 متر و فاصله کرت‌ها از یکدیگر 1 متر در نظر گرفته شد. کشت به صورت ردیفی با فاصله ردیف‌های 75 سانتی‌متر و فاصله بوته‌ها $7/5$ سانتی‌متر از یکدیگر انجام گرفت. آب‌های مورد استفاده از سه حلقه چاه نزدیک به مزرعه تحقیقاتی با شوری‌های ذکر شده تأمین و با استفاده از سه تانکر به مزرعه منتقل و مورد استفاده قرار گرفت. برای هر شوری جداگانه یک لوله آبرسان متصل به تانکر به قطر 45 میلی‌متر در نظر گرفته شد که آب را به مزرعه منتقل کرده و سپس توسط لوله پلی‌اتیلن به قطر 25 میلی‌متر در مزرعه توزیع شد. برای هر ردیف کشت یک لوله آبدی زیرسطحی با قطر 16 میلی‌متر و مجهز به قطره‌چکان داخل لوله با آبدی $3/41$ لیتر در ساعت با فاصله 30 سانتی‌متر از یکدیگر در عمق 30 سانتی‌متر نصب گردید. برای ایجاد شرایط مناسب جوانه زنی و استقرار گیاه کلیه تیمارها تا بیست روز اول کشت با آب با شوری 2 دسی‌زیمنس بر متر و به صورت کامل آبیاری شدند، سپس تیمارها اعمال گردید. کاشت روز اول خرداد ماه 1394 و برداشت در سه مرحله 6 مرداد، 27 شهریور و 15 آبان ماه انجام شد.

تعیین دور آبیاری و نیاز آبی گیاه

دور آبیاری برای گیاه سورگوم با توجه به بافت خاک و ظرفیت نگهداشت آب در خاک و بررسی‌های محلی سه روز در نظر گرفته شد. جهت تعیین نیاز آبی گیاه از روش تشت تبخیر استفاده گردید. داده‌های مربوط به تشتک تبخیر نوع الف مستقر در مرکز تحقیقات کشاورزی زهک که در مجاور زمین مورد مطالعه قرار داشت، به دست آمد و مقدار آب آبیاری بکار رفته بر اساس تلفات تبخیر تعرق پتانسیل گیاه (ETc) در دور آبیاری 3 روز با استفاده از رابطه زیر محاسبه گردید (علیزاده، ۱۳۸۰):

(۱)

$$V = \frac{I \cdot k_p \cdot k_c \cdot ET_p}{E_a}$$

که در آن: V : حجم آب آبیاری (متر مکعب)، I : طول کرت (متر)، S : عرض کرت (متر)، Kp : ضریب تشت ($0/7$)، kc :

W: وزن تر نمونه بر حسب گرم
 داده ها با استفاده از نرم افزار آماری SAS مورد تجزیه
 واریانس قرار گرفتند و مقایسه میانگین ها با استفاده از
 آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد
 صورت گرفت. همچنین همبستگی بین صفات مورد مطالعه
 نیز بررسی شد.

کووت اسپکتروفتومتر ریخته و به طور جداگانه میزان نور
 جذبی در طول موج های ۶۶۳ نانومتر برای کلروفیل
 a، ۶۴۵ نانومتر برای کلروفیل b و ۴۷۰ نانومتر برای
 کارتنوئیدها توسط اسپکتروفتومتر قرائت شد. در نهایت با
 استفاده از فرمول های زیر میزان کلروفیل a و b و
 کارتنوئیدها بر حسب میلی گرم بر گرم وزن تر نمونه به
 دست آمد (حسینی، ۱۳۸۶).

$$\text{Chlorophyll a} = (19.3 \times A663 - 0.86 \times A645) V / 100W$$

نتایج و بحث

$$\text{Chlorophyll b} = (19.3 \times A645 - 3.6 \times A663) V / 100W$$

واریانس صفات اندازه گیری شده سورگوم علوفه ای در
 تیمارهای مختلف در جدول ۳ نشان داده شد. همانطور که از
 جدول ۳ مشاهده می گردد اثر متقابل مقدار آب آبیاری، شوری
 و برداشت و اثر هر یک از تیمارها به تنهایی، بر پارامترهای اندازه
 گیری شده در سطح احتمال یک درصد معنی دار می
 باشد (جدول ۳).

$$\text{Carotenoides} = 100(A470) - 3.27(\text{mg cl. a}) - 104(\text{mg cl. b}) / 227$$

V: حجم محلول صاف شده (محلول فوقانی حاصل از
 سانتریفیوژ)

A: جذب نور در طول موج های ۶۶۳، ۶۴۵ و ۴۷۰
 نانومتر

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات اندازه گیری شده سورگوم علوفه ای

منابع تغییر	درجه آزادی	عملکرد علوفه تازه	پرولین	کارتنوئید	کلروفیل a	کلروفیل b	نسبت کلروفیل a/b
تکرار	۲	۰/۴۳	۰	۰/۱۵	۰/۰۰۳	۰/۰۰۹	۰
شوری	۲	** ۳۷۴۶/۳۹	** ۰/۰۵۶	** ۶۳۵/۴۵	** ۰/۴۶	** ۰/۳۳	ns ۰/۰۰۰۰۸
آبیاری	۳	** ۳۹۲۵/۲۵	** ۰/۰۹۸	** ۲۸۹۴/۱	** ۶/۵۸	** ۵/۰۴	** ۰/۱۱
شوری × آبیاری	۶	** ۱۸۳/۰۷	** ۰	** ۱/۹۷	** ۰/۰۱۳	** ۰/۰۱۵	** ۰/۰۰۱
خطای ab	۲۲	۰/۱۱۵	۰	۰/۲۸	۰/۰۰۱	۰/۰۰۹	۰/۰۰۱
چین برداشت	۲	** ۳۳۶۲/۴۲	** ۰/۲۴۴	** ۹۵۶/۳۷	** ۱/۷۵	** ۱/۱۹	* ۰/۰۰۷
شوری × چین برداشت	۴	** ۸۲/۶۳	** ۰/۰۰۸	** ۱۴/۹۶	** ۰/۰۱۵	** ۰/۰۱۴	* ۰/۰۰۷
× چین برداشت آبیاری	۶	** ۱۹۳/۹۴	** ۰/۰۰۳	** ۳۱/۶۷	** ۰/۱۱	** ۰/۰۵	* ۰/۰۲۵
× چین برداشت شوری × آبیاری	۱۲	** ۱۱/۶۳	** ۰/۰۰۰۲	** ۰/۶۷	** ۰/۰۰۹	** ۰/۰۱	* ۰/۰۰۹
خطای C	۴۸	۰/۱۵	۰	۰/۲۷	۰/۰۰۱	۰/۰۰۹	۰/۰۰۱
ضریب تغییرات (درصد)		۲۷/۴	۲۶/۲	۱۴/۵	۲۱/۲	۲۴/۷	۷/۸

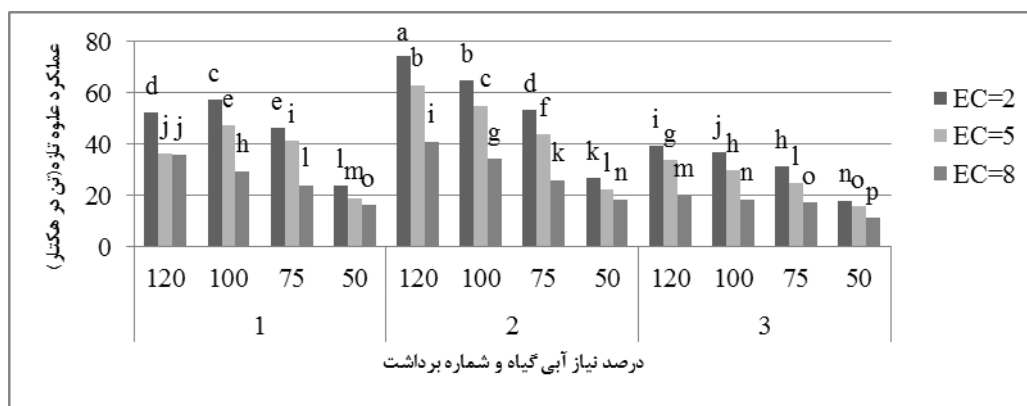
** معنی دار در سطح احتمال یک درصد * معنی دار در سطح احتمال پنج درصد

عملکرد علوفه: نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر شوری،
 آب آبیاری، چین برداشت و اثرات متقابل آن ها بر عملکرد علوفه
 تازه در سطح احتمال یک درصد معنی دار می باشد (جدول ۳).
 بیشترین عملکرد علوفه تر (۷۴/۴۶ تن در هکتار) مربوط به تیمار

نتایج مقایسه میانگین صفات اندازه گیری شده سورگوم
 علوفه ای در تیمارهای مختلف در جداول ۴، ۵، ۶ و ۷ آورده
 شده است.

به سایر اندام‌های هوایی و متعاقباً رشد رویشی را محدود ساخته و در نهایت منتج به کاهش عملکرد خواهد شد (امداد و همکاران، ۱۳۷۹). اثرات جداگانه آب آبیاری، شوری و چین برداشت تأثیر معنی‌داری در سطح یک درصد بر عملکرد علوفه داشته است (جدول ۳). با افزایش شوری میزان عملکرد علوفه کاهش یافت اما این کاهش در شوری ۵ دسی‌زیمنس بر متر نسبت به شوری ۲ دسی‌زیمنس بر متر معنی‌دار نبود که نشان‌دهنده مقاوم بودن گیاه سورگوم نسبت به شوری می‌باشد. کاهش مقدار آب آبیاری باعث کاهش مقدار محصول گردید اما تفاوت معنی‌داری بین محصول تولید شده در تیمارهای آب آبیاری ۱۰۰ و ۷۵ درصد نیاز آبی گیاه حاصل نشد. عدم مشاهده اختلاف معنی‌دار در تیمارهای ۱۰۰ و ۷۵ درصد نیاز آبی گیاه را می‌توان به دلیل سازگاری سورگوم به خشکی و تخلیه رطوبت از اعماق پایین‌تر دانست. این نتیجه در گزارش هاوول و همکاران (۲۰۰۷) مبنی بر این که سورگوم در شرایط کم آبی می‌تواند رطوبت بیشتری از خاک تخلیه کند، تأیید شده است. مقیمی و امام (۱۳۹۲) نیز در تحقیقات خود به نتایج مشابه دست یافتند. همچنین افزایش مقدار آب آبیاری به بیشتر از نیاز آبی گیاه (۱۲۰ درصد) باعث افزایش معنی‌دار تولید محصول نسبت به آبیاری کامل (۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه) نگردید. اثر چین برداشت نشان داد که تأثیر معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد در هر سه چین وجود دارد. چین دوم بیشترین برداشت عملکرد علوفه را دارا بوده است. افزایش تعداد برگ‌ها و ضخامت آن‌ها و همچنین افزایش قطر و ارتفاع ساقه در این برداشت نسبت به برداشت اول و سوم باعث افزایش عملکرد علوفه تر گردید.

۱۲۰ درصد نیاز آبی گیاه و شوری ۲ دسی‌زیمنس بر متر و برداشت دوم و کمترین آن (۱۱/۲۳ تن در هکتار علوفه تر) مربوط به تیمار ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه و شوری ۸ دسی‌زیمنس بر متر و برداشت سوم می‌باشد (شکل ۱). همان‌گونه که از شکل (۱) مشاهده می‌گردد روند یکسانی از نظر اثرات متقابل شوری، آبیاری و چین برداشت بر عملکرد علوفه تازه در هر چین وجود دارد. در هر سه چین، شوری و کم آبی باعث کاهش عملکرد علوفه شده است. یکی از اثرات شوری در گیاهان جلوگیری از جذب آب و ایجاد تنش خشکی است. همچنین شوری باعث کاهش مقدار هدایت روزنه‌ای، تعرق و میزان آب نسبی می‌شود که بر کاهش وزن تر اندام هوایی تأثیر می‌گذارد (ثابت تیموری و همکاران، ۱۳۸۶). یکی از دلایل کاهش عملکرد را می‌توان به کاهش فتوسنتز در نتیجه‌ی تنش حاصل از تجمع نمک در محدوده ریشه نسبت داد که این مسأله می‌تواند در نتیجه کاهش ورود دی‌اکسیدکربن به دلیل کاهش هدایت روزنه و همچنین کاهش سطح برگ باشد (نتندو و همکاران، ۲۰۰۴). از سوی دیگر، افزایش پتانسیل اسمزی در نتیجه‌ی حضور نمک در محدوده ریشه و کاهش آن در سلول‌های گیاهی، موجب تغییر در مسیر انتقال فرآورده‌های فتوسنتزی و تجمع آن در سلول‌های ریشه برای مقابله با تنش حاصله خواهد شد. به عبارت دیگر، کاهش انرژی آزاد آب در خاک گیاه را وادار خواهد کرد تا برای جذب آب انرژی بیشتری صرف کند که این امر مستلزم افزایش پتانسیل اسمزی در سلول‌های گیاهی با تجمع مواد فنلیدی در آن است. تجمع مواد آلی ساخته شده در سلول‌های ریشه به منظور تنظیم اسمزی و مقابله با اثرات مخرب شوری در جذب آب، انتقال آن



شکل ۱- مقایسه میانگین اثرات متقابل آبیاری، شوری و چین برداشت بر عملکرد علوفه تازه

جدول ۴- مقایسه میانگین صفات اندازه‌گیری شده سورگوم علوفه‌ای

تیمارهای آزمایشی	عملکرد علوفه تازه (تن در هکتار)	پرولین (میلی گرم بر گرم وزن تر)	کارتونئید (درصد)	کلروفیل a (میلی گرم بر گرم وزن تر)	کلروفیل b (میلی گرم بر گرم وزن تر)	نسبت کلروفیل a/b
سطوح شوری (dsm ⁻¹)	۲	۰/۲۲۹ c	۵۰/۰۲ c	۱/۱۸ a	۰/۹۷ a	۱/۲۴ a
۵	۳۷/۴۴ a	۰/۲۶۸ b	۴۵/۷۲ b	۱/۰۲ b	۰/۸۹ b	۱/۲۴ a
۸	۲۴/۵۱ b	۰/۳۰۸ a	۴۱/۶۲ a	۰/۹۵ c	۰/۷۸ c	۱/۲۵ a
آبیاری	۱۲۰ درصد نیاز آبی	۰/۱۹ d	۵۸/۰۱ a	۱/۶۶ a	۱/۴۲ a	۱/۱۶ d
۱۰۰ درصد نیاز آبی	۴۱/۵۷ ab	۰/۲۶ c	۴۹/۹۳ b	۱/۲۵ b	۱/۰۱ b	۱/۲۲ c
۷۵ درصد نیاز آبی	۳۴/۳۵ b	۰/۲۸ b	۴۰/۸۳ c	۰/۸ c	۰/۶۵ c	۱/۳ a
۵۰ درصد نیاز آبی	۱۹/۲ c	۰/۳۳ a	۳۴/۳۷ d	۰/۵۴ d	۰/۴۴ d	۱/۲۸ b
شماره چین	اول	۰/۱۹ c	۵۱/۱۹ a	۱/۲۹ a	۱/۰۶ a	۱/۲۲ b
دوم	۴۳/۶۶ a	۰/۲۵ b	۴۵/۲۵ b	۱/۰۵ b	۰/۸۸ b	۱/۲۵ a
سوم	۲۴/۸۴ c	۰/۳۵ a	۴۰/۹۲ c	۰/۸۵ c	۰/۷ c	۱/۲۵ a

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف یکسان بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌دار با یکدیگر ندارند.

جدول ۵- مقایسه میانگین اثرات متقابل شوری و آب آبیاری

شوری آب آبیاری (dsm ⁻¹)	آبیاری	عملکرد علوفه تازه (تن در هکتار)	پرولین (میلی گرم بر گرم وزن تر)	کارتونئید (درصد)	کلروفیل a (میلی گرم بر گرم وزن تر)	کلروفیل b (میلی گرم بر گرم وزن تر)	نسبت کلروفیل a/b
۲	۱۲۰ درصد نیاز آبی گیاه	۵۸/۷۶ a	۰/۱۵ h	۶۲/۱۶ a	۱/۷۸ a	۱/۵۱ a	۱/۱۷ d
	۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه	۵۳/۰۴ b	۰/۲۱ f	۵۴/۵۸ c	۱/۴۱ d	۱/۱۵ c	۱/۲۲ c
	۷۵ درصد نیاز آبی گیاه	۴۳/۷۵ e	۰/۲۵ e	۴۵ f	۰/۹۳ g	۰/۷۲ f	۱/۳ a
	۵۰ درصد نیاز آبی گیاه	۲۳ h	۰/۳ c	۳۸/۳۴ h	۰/۶ j	۰/۵ g	۱/۲۶ cb
۵	۱۲۰ درصد نیاز آبی گیاه	۴۹/۷۸ c	۰/۱۹ g	۵۷/۹۵ b	۱/۶۵ b	۱/۴۳ a	۱/۱۴ d
	۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه	۴۴/۱ d	۰/۲۶ d	۴۹/۹۸ e	۱/۲۵ e	۱ d	۱/۲۳ c
	۷۵ درصد نیاز آبی گیاه	۳۶/۷۲ f	۰/۲۸ d	۴۰/۲۶ g	۰/۷۹ h	۰/۷۲ f	۱/۳ a
	۵۰ درصد نیاز آبی گیاه	۱۹/۱ i	۰/۳۳ b	۳۴/۶۷ j	۰/۵۶ k	۰/۴۳ gh	۱/۲۹ ab
۸	۱۲۰ درصد نیاز آبی گیاه	۴۳/۳۳ e	۰/۲۲ f	۵۳/۹۳ d	۱/۵۵ c	۱/۳۲ b	۱/۱۶ d
	۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه	۲۷/۵۳ g	۰/۳۱ c	۴۵/۲۳ f	۱/۱۱ f	۰/۸۹ e	۱/۲۲ c
	۷۵ درصد نیاز آبی گیاه	۲۲/۵۷ h	۰/۳۲ b	۳۷/۲۴ i	۰/۶۸ i	۰/۵۲ g	۱/۳۱ a
	۵۰ درصد نیاز آبی گیاه	۱۵/۴۸ j	۰/۳۶ a	۳۰/۰۷ k	۰/۴۱ l	۰/۳۸ h	۱/۲۹ ab

میانگین‌های دارای حروف یکسان بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.

جدول ۶- مقایسه میانگین اثرات متقابل شوری و چین برداشت

نسبت کلروفیل a/b	کلروفیل b (میلی گرم بر گرم وزن تر)	کلروفیل a (میلی گرم بر گرم وزن تر)	کارتونوئید (درصد)	پرولین (میلی گرم بر گرم وزن تر)	عملکرد علوفه تازه (تن در هکتار)	چین برداشت	شوری آب آبیاری (dsm ⁻¹) (^۱)
۱/۲۱d	۱/۱۹a	۱/۴ a	۵۴/۱۴a	۰/۱۷ g	۴۷/۵۸ b	اول	۲
۱/۲۷a	۰/۹۵c	۱/۱۸ d	۴۹/۸۶c	۰/۲۲ e	۵۴/۸۶ a	دوم	
۱/۲۳cd	۰/۷۷d	۰/۹۱ f	۴۶/۰۵e	۰/۲۸ c	۳۱/۴۷ d	سوم	
۱/۲۲cd	۱/۰۶b	۱/۲۹ b	۵۱/۱۷b	۰/۱۹ f	۴۰/۰۵ c	اول	۵
۱/۲۵abc	۰/۹۲c	۱/۰۴ e	۴۵/۴f	۰/۲۵ d	۴۶/۰۷ b	دوم	
۱/۲۵abc	۰/۷d	۰/۸۵ f	۴۶/۶g	۰/۳۵ b	۲۶/۱۸ e	سوم	
۱/۲۴cb	۰/۹۵c	۱/۲۱ c	۴۸/۲۵d	۰/۲۱ e	۲۶/۶ e	اول	۸
۱/۲۲cd	۰/۷۶d	۰/۹۳ f	۴۰/۴۸g	۰/۲۸ c	۳۰/۰۴ d	دوم	
۱/۲۷a	۰/۶۳e	۰/۷۷ g	۳۶/۱۲h	۰/۴۲ a	۱۶/۸۷ f	سوم	

میانگین های دارای حروف یکسان بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی دار ندارند.

جدول ۷- مقایسه میانگین اثرات متقابل آبیاری و چین برداشت

نسبت کلروفیل a/b	کلروفیل b (میلی گرم بر گرم وزن تر)	کلروفیل a (میلی گرم بر گرم وزن تر)	کارتونوئید (درصد)	پرولین (میلی گرم بر گرم وزن تر)	عملکرد علوفه تازه (تن در هکتار)	چین برداشت	آبیاری
۱/۱۸d	۱/۶۲a	۱/۹۳ a	۶۳/۴۹a	۰/۱۲f	۵۰/۲۸ b	اول	۱۲۰ درصد نیاز آبی گیاه
۱/۱۶de	۱/۴۱b	۱/۶۵b	۵۵/۵bc	۰/۱۶ e	۵۹/۵۶a	دوم	
۱/۱۳e	۱/۲۳c	۱/۴d	۵۵/۰۵c	۰/۲۷ c	۳۱/۱۳ e	سوم	
۱/۱۸ d	۱/۳c	۱/۶۱c	۵۵/۷۲b	۰/۱۶ e	۴۴/۷۸ c	اول	۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه
۱/۲۳c	۰/۹۷d	۱/۲۴e	۴۹/۵d	۰/۲۴d	۵۱/۴۳ b	دوم	
۱/۲۶ c	۰/۷۷ef	۰/۹۱g	۴۴/۵۸f	۰/۳۷ b	۲۸/۴۸ e	سوم	
۱/۲۳c	۰/۸۱e	۱/۰۱f	۴۶/۸e	۰/۲۲ d	۳۷/۳۶d	اول	۷۵ درصد نیاز آبی گیاه
۱/۳۱b	۰/۷f	۰/۷۷h	۴۱/۹۲g	۰/۲۶ c	۴۱/۰۶ c	دوم	
۱/۳۷a	۰/۴۵g	۰/۶۲i	۳۳/۷۸j	۰/۳۷ b	۲۴/۶۲ f	سوم	
۱/۲۵c	۰/۵۲g	۰/۶۲i	۳۸/۵h	۰/۲۶ c	۱۹/۸۷ g	اول	۵۰ درصد نیاز آبی گیاه
۱/۲۶c	۰/۴۴g	۰/۵۵j	۳۴/۵۲i	۰/۳۳ b	۲۲/۵۷ f	دوم	
۱/۳۳ab	۰/۳۴h	۰/۴۶k	۲۹/۸۳k	۰/۴ a	۱۵/۱۳ h	سوم	

میانگین های دارای حروف یکسان بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی دار ندارند.

افزایش شوری آب آبیاری از ۲ دسی زیمنس بر متر به ۸ دسی زیمنس بر متر مقدار کلروفیل a و b کاهش پیدا کرد. بیشترین مقدار کلروفیل a و b در شوری ۲ و کمترین آن در شوری ۸ حاصل شد. داوودی فرد و همکاران (۱۳۹۱) در تحقیق خود به نتایج مشابه دست یافتند. دلیل کاهش میزان کلروفیل در شرایط تنش شوری، افزایش تخریب این رنگیزه ها و یا کاهش ساخت آنها و نیز اختلال در فعالیت آنزیم های مسئول سنتز رنگدانه های

کلروفیل a و b: مقدار کلروفیل و رنگدانه های فتوسنتزی از مهم ترین عوامل مؤثر در ظرفیت فتوسنتزی گیاهان هستند چراکه بطور مستقیم بر سرعت و میزان فتوسنتز و تولید زیست توده مؤثر هستند (کافی و همکاران، ۱۳۸۹). نتایج تجزیه واریانس (جدول ۳) نشان داد شوری، عمق آب آبیاری و چین و اثرات متقابل آن ها بر شاخص های کلروفیل a و b در سطح احتمال یک درصد تأثیر معنی داری دارد. مطابق جدول (۴) با

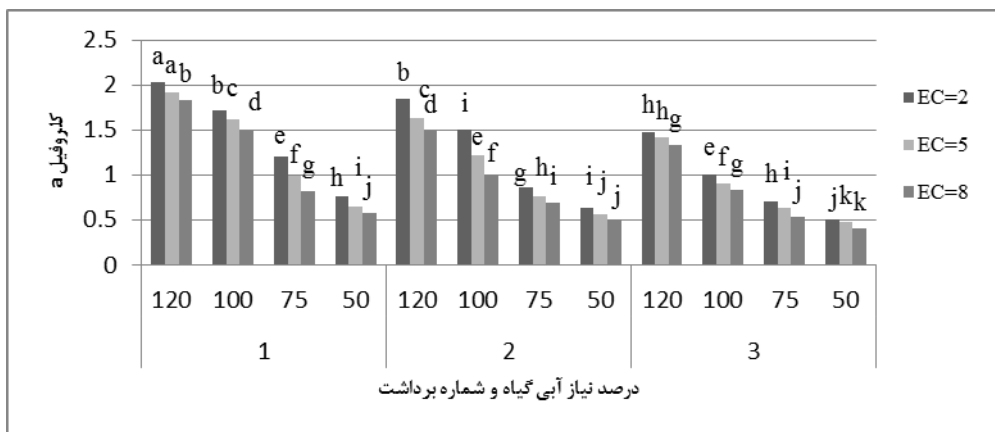
می‌کند. در شرایط تنش کم آبی فاکتورهای لازم برای سنتز کلروفیل کاهش و تخریب آن افزایش می‌یابد. به عبارت دیگر، در شرایط تنش کم آبی، گیاه با بسته نگاه داشتن روزنه‌ها در طی روز، سعی در حفظ محتوای آب نسبی خود دارد، در این زمان انتقال الکترون در فتوسیستم II مختل شده و الکترون اضافی ناشی از فتولیز آب، باعث تولید اکسیژن فعال و خسارت به غشای سلولی از طریق پراکسیداسیون چربی‌ها، پروتئین‌ها و کاهش محتوای کلروفیل گیاه می‌گردد. یکی از مهمترین دلایل کاهش کلروفیل‌ها تخریب آنها به وسیله گونه‌های اکسیژن فعال (از جمله پراکسید هیدروژن) می‌باشد، بنابراین بیوسنتز کلروفیل با محدودیت مواجه می‌شود (قهرمانی و همکاران، ۱۳۹۴). در گیاهان گزارش‌های متفاوتی در رابطه با تأثیر تنش خشکی بر غلظت کلروفیل ارائه شده است. در آزمایشی تأثیر خشکی بر رشد آفتابگردان بررسی شد غلظت کلروفیل a ، کلروفیل b و کل محتوای کلروفیل این گیاهان در مقایسه با کلروفیل شاهد کاهش یافت (مانیونان، ۲۰۰۷). همچنین تنش کمبود آب در گیاه ذرت و گندم مقدار کلروفیل را به طور معنی‌داری کاهش می‌دهد (نیر و گوپتا، ۲۰۰۶). ترحمی و همکاران (۱۳۸۹) در بررسی اثرات تنش خشکی بر گیاه نوروژک نشان دادند با افزایش شدت تنش خشکی به طور معنی‌داری از غلظت کلروفیل a و b ، وزن تر و خشک ریشه و بخش هوایی کاسته می‌شود. تنش کم آبی با افزایش رادیکال‌های آزاد و همچنین افزایش فعالیت آنزیم کلروفیل‌از بین بردار موجب کاهش میزان کلروفیل و پایداری آن‌ها در طی تنش خشکی می‌شود (قهرمانی و همکاران، ۱۳۹۴).

همبستگی بین صفت مورد مطالعه با سایر صفات در جدول ۸ نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می‌گردد بین کلروفیل a و b همبستگی بالا و مثبتی وجود داشت. یعنی با افزایش و کاهش کلروفیل a ، مقدار کلروفیل b نیز افزایش یا کاهش یافت. همبستگی منفی و معنی‌داری بین کلروفیل a و b با نسبت کلروفیل a/b وجود داشت. با کاهش مقدار کلروفیل a و b ، نسبت این دو پارامتر افزایش یافت که نشان دهنده کاهش بیشتر کلروفیل a در اثر تنش‌های شوری و کم آبی در مقایسه با کلروفیل b می‌باشد. همچنین همبستگی منفی و معنی‌داری بین مقدار کلروفیل a و b با پرولین وجود داشت. با افزایش تنش‌های وارده مقدار کلروفیل a و b کاهش یافت اما غلظت پرولین به دلیل نقش کلیدی آن در تنظیم اسمزی در شرایط تنش‌های

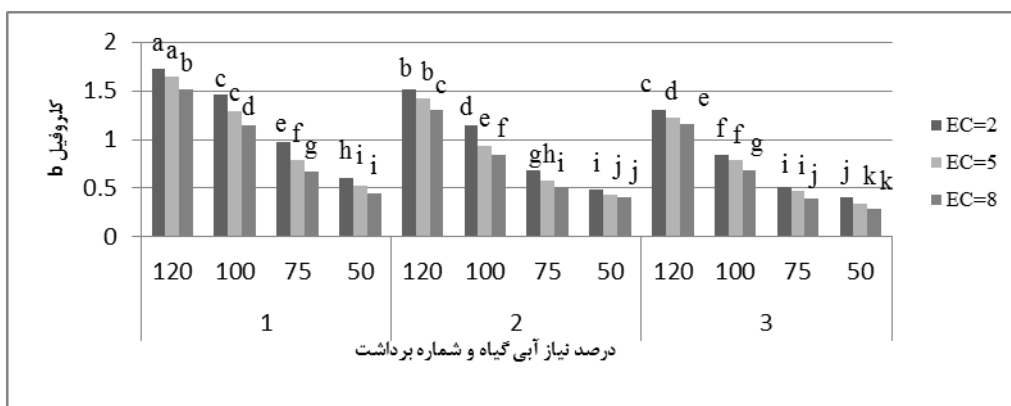
فتوستتزی باشد. به نظر می‌رسد کاهش در پروتئین‌های غشایی خاص در شرایط تنش شوری، افزایش در فعالیت آنزیم کلروفیل‌از بین بردار و پراکسیداز را از عوامل مؤثر در کاهش کلروفیل در شرایط تنش شوری باشد و همچنین کاهش سبزی‌نگی برگ ممکن است تا حدودی به خاطر کاهش جریان نیتروژن به بافتها و تغییر در فعالیت آنزیم‌هایی مثل نیترات ریداکتاز باشد. کاهش عمق آب آبیاری نیز باعث کاهش مقدار کلروفیل a و b شد. بیشترین مقدار کلروفیل a و b در عمق آب آبیاری برابر ۱۲۰ درصد نیاز آبی گیاه و کمترین آن در عمق ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه به دست آمد. با افزایش چین برداری‌ها نیز مقدار کلروفیل a و b کاهش یافت و چین اول بیشترین و چین سوم کمترین مقدار کلروفیل a و b را دارا بود. با توجه به این که با افزایش چین‌های برداشت سن گیاه افزایش پیدا می‌کند، چنین نتیجه‌ای دور از انتظار نیست. کاهش مقدار کلروفیل در طی مراحل پیری و در اثر تنش‌های شوری و خشکی در سایر گونه‌های گیاهی نیز گزارش شده است (کوکاویکا و جوانویک، ۲۰۰۴). مقایسه میانگین اثرات متقابل شوری و عمق آب آبیاری (جدول ۵) نیز نشان داد در یک شوری ثابت با کاهش عمق آب آبیاری مقدار غلظت کلروفیل a و b کاهش یافت که این روند در هر سه چین مشاهده گردید. اثرات متقابل شوری و چین برداشت (جدول ۶) نشان داد در شوری‌های ثابت با افزایش چین مقدار کلروفیل a و b کاهش یافت. اثر متقابل عمق آب آبیاری و چین (جدول ۷) نشان داد در هر سه چین با کاهش عمق آب آبیاری مقدار کلروفیل کاهش یافت و بیشترین مقدار آن در چین اول و کمترین آن در چین سوم به دست آمد. اثرات متقابل شوری، آبیاری و چین برداشت (شکل ۲ و ۳) نشان داد در هر سه چین روند یکسانی بر تغییر مقدار کلروفیل a و b وجود دارد. در هر سه چین با افزایش شوری و کاهش آب آبیاری، غلظت کلروفیل کاهش یافت. دوام فتوستتزی و حفظ کلروفیل برگ تحت شرایط تنش از جمله شاخص‌های فیزیولوژیکی مقاومت به تنش است (پسرکلی، ۱۹۹۹). غلظت کلروفیل به عنوان یک شاخص برای ارزیابی قدرت منبع شناخته می‌شود، زیرا غلظت کلروفیل برگ یکی از عوامل کلیدی در تعیین سرعت فتوستتزی و تولید ماده خشک گیاه است (قوش و همکاران، ۲۰۰۴). بنابراین، کاهش آن در شرایط تنش خشکی می‌تواند به عنوان یک عامل محدود کننده غیرروزنه‌ای در فتوستتزی به حساب می‌آید (هوکسترا و همکاران، ۲۰۰۱). با افزایش تنش خشکی، میزان کلروفیل برگ کاهش پیدا

دار و مثبت بود. یعنی افزایش مقدار کلروفیل باعث افزایش عملکرد گیاه می شود که با توجه به این که غذاسازی و رشد گیاه بستگی به مقدار کلروفیل و فتوسنتز گیاه دارد، این نتیجه دور از انتظار نیست.

شوری و کم آبی افزایش یافت و از طرف دیگر یکی از ساز و کارهای گیاه به تحمل تنش های وارده افزایش پرولین می باشد که از آن به شاخص تحمل گیاه به شوری و کم آبی نیز یاد می کنند. همبستگی بین مقدار عملکرد علوفه با کلروفیل **a** و **b** معنی



شکل ۲- مقایسه میانگین اثرات متقابل آبیاری، شوری و چین برداشت بر کلروفیل a



شکل ۳- مقایسه میانگین اثرات متقابل آبیاری، شوری و چین برداشت بر کلروفیل b

آب آبیاری از ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه به ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه باعث افزایش این نسبت گردید. بیشترین مقدار آن در تیمار ۷۵ درصد نیاز آبی گیاه (۱/۳) به دست آمد. همچنین افزایش عمق آب آبیاری به بیش از نیاز آبی گیاه (۱۲۰ نیاز آبی گیاه) باعث کاهش این نسبت شد. به طوری که کمترین مقدار این نسبت در تیمار ۱۲۰ درصد نیاز آبی گیاه (۱/۱۶) به دست آمد. اثر چین برداشت نشان داد با افزایش چین های برداشت مقدار این نسبت افزایش می یابد اما از این نظر بین چین دوم و سوم تفاوت معنی داری مشاهده نگردید. اثر متقابل شوری و آب آبیاری نشان داد

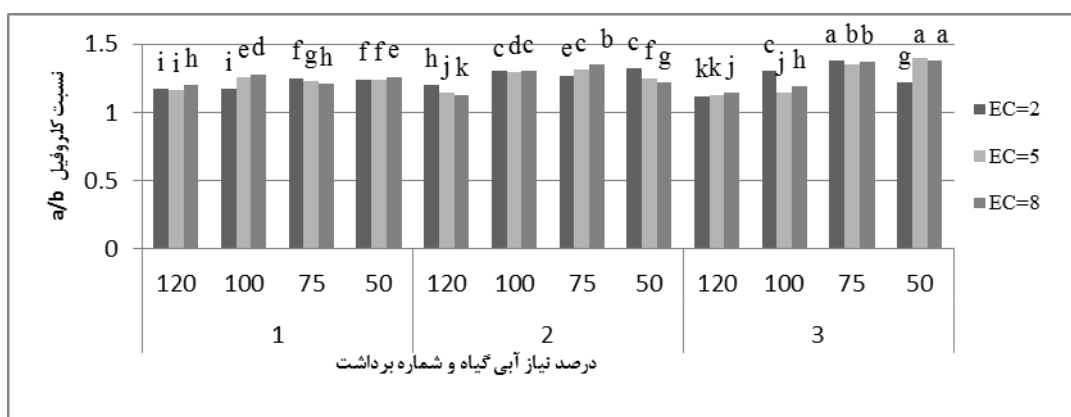
نسبت کلروفیل **a** به **b**: نسبت کلروفیل **a** به **b** در سطوح مختلف شوری و آب آبیاری و در چین های مختلف در سطح پنج درصد معنی دار بود (جدول ۳). مطابق جدول ۴ با افزایش سطوح شوری این نسبت افزایش یافت. اما از این نظر بین تیمار با شوری ۲ و ۵ دسی زیمنس بر متر تفاوتی حاصل نشد. کمترین مقدار آن در شوری ۲ دسی زیمنس (۱/۲۴) و بیشترین مقدار آن در شوری ۸ دسی زیمنس بر متر (۱/۲۵) به دست آمد. یارنیا (۱۳۸۶) نیز در تحقیقات خود به این نتیجه رسید که نسبت کلروفیل **a** به **b** با افزایش شوری، افزایش می یابد. کاهش عمق

۴). اثر متقابل عمق آب آبیاری و چین برداشت نشان داد با یک عمق ثابت آب آبیاری، در عمق‌های بیشتر از نیاز آبی گیاه (۱۲۰ درصد نیاز آبی گیاه) با افزایش چین‌های برداشت مقدار این نسبت کاهش یافت به طوری که در چین اول مقدار این نسبت (۱/۱۸) و در چین سوم مقدار آن (۱/۱۳) به دست آمد. اما در تیمارهای ۱۰۰، ۷۵ و ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه با افزایش چین‌های برداشت مقدار این نسبت افزایش یافت و بیشترین مقدار آن در چین سوم به دست آمد.

در یک شوری ثابت با کاهش عمق آب آبیاری مقدار این نسبت افزایش یافت. بیشترین مقدار این نسبت در شوری‌های ۸ دسی-زیمنس بر متر و تیمار ۷۵ درصد نیاز آبی گیاه به دست آمد. اثر متقابل شوری و چین برداشت نشان داد این در یک شوری ثابت با افزایش چین‌های برداشت افزایش می‌یابد. اما روند آن در شوری‌های مختلف تفاوت دارد. در شوری‌های پایین (۲ دسی زیمنس بر متر) بیشترین مقدار این نسبت در چین دوم (۱/۲۷) به دست آمد و در شوری‌های بالا (۵ و ۸ دسی‌زیمنس بر متر) بیشترین مقدار آن در چین سوم (۱/۲۵ و ۱/۲۷) حاصل شد (شکل

جدول ۸- همبستگی صفات مورد مطالعه

عملکرد علوفه	پرولین	کارتونوئید	نسبت کلروفیل a/b	کلروفیل b	کلروفیل a
					۱
				۱	۰/۹۹**
			۱	-۰/۶۱**	-۰/۵۳**
					کلروفیل a/b
		۱	-۰/۶**	۰/۹۶**	۰/۹۶**
	۱	-۰/۸۵**	۰/۳۹**	-۰/۸**	-۰/۸۲**
۱	-۰/۸۷**	۰/۸۸**	-۰/۳**	۰/۷۵**	۰/۸۷**



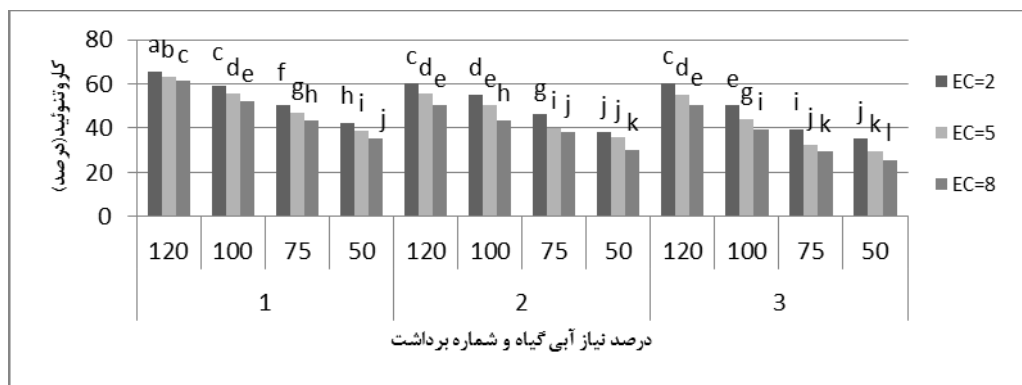
شکل ۴- مقایسه میانگین اثرات متقابل آبیاری، شوری و چین برداشت بر نسبت کلروفیل a به b

نقش به عنوان رنگدانه فرعی، به عنوان یک عامل آنتی اکسیدان مؤثر عمل نموده و نقش منحصر به فردی در حفاظت از فرآیندهای فتوشیمیایی و حفظ و ادامه آن‌ها بازی می‌کنند (فاروق و همکاران، ۲۰۰۸). نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر شوری،

کارتونوئیدها: کارتونوئیدها یکی از رنگرزه‌های کلیدی و مهم سیستم آنتی اکسیدانی در گیاهان بوده که گروه بزرگی از مولکول‌های ایزوپرنوئید را تشکیل می‌دهند و به تخریب اکسیداتیو نیز حساس می‌باشند. کارتونوئیدها افزون بر داشتن

گردید. با افزایش چین های برداشت، سن گیاه نیز افزایش می یابد و این افزایش سن باعث کاهش مقدار کارتنوئید می شود. مونوش و آلرچ (۲۰۰۳) اعلام کردند در اواخر دوره رشد گیاه مقدار کارتنوئیدها به شدت کاهش می یابد. اثر متقابل شوری و آب آبیاری نشان داد در یک شوری ثابت با کاهش آب آبیاری مقدار کارتنوئیدها کاهش می یابد و درصد این کاهش در شوری های بالاتر، بیشتر است. اثر متقابل شوری و چین برداشت نشان داد در شوری های مختلف با افزایش تعداد برداشت علوفه، مقدار کارتنوئیدها کاهش می یابد. اثر متقابل عمق آب آبیاری و چین برداشت نیز نشان داد با یک عمق ثابت با افزایش تعداد برداشت های علوفه، مقدار کارتنوئیدها کاهش می یابد. اثر متقابل شوری، آب آبیاری و چین برداشت (شکل ۵) نشان داد روند یکسانی از نظر کاهش مقدار کارتنوئیدها در هر سه چین وجود داشت. در هر سه چین با افزایش شوری و کاهش آب آبیاری مقدار کارتنوئیدها کاهش یافت. بین کارتنوئید و عملکرد علوفه همبستگی مثبت وجود داشت. افزایش کارتنوئیدها باعث افزایش عملکرد و تولید بیشتر شد (جدول ۸).

آب آبیاری، چین برداشت و اثرات متقابل آن ها بر مقدار کارتنوئیدها در سطح احتمال پنج درصد معنی دار بود (جدول ۳). در تحقیق حاضر، با افزایش سطوح شوری مقدار کارتنوئیدها کاهش یافت و از این نظر تأثیر معنی داری در سطح احتمال یک درصد بین تیمارها وجود داشت. با افزایش شوری از ۲ دسی زیمنس به ۵ و ۸ دسی زیمنس مقدار کارتنوئیدها به ترتیب ۸/۶ و ۹/۸۵ درصد کاهش یافت. عارفیان و همکاران (۱۳۹۱) در تحقیق خود به بررسی تأثیر تنش های شوری بر گیاهچه نخود پرداختند. نتایج مطالعه آن ها نشان داد افزایش شوری باعث کاهش مقدار کارتنوئیدها می شود. اثر سطوح مختلف آب آبیاری نشان داد با کاهش عمق آب آبیاری مقدار کارتنوئیدها کاهش می یابد. بیشترین مقدار آن (۵۸/۰۱ درصد) در تیمار ۱۲۰ درصد نیاز آبی گیاه و کمترین آن در تیمار ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه (۳۴/۳۷ درصد) به دست آمد. امینی و حداد (۱۳۹۲) در تحقیق خود بر روی جو به نتایج مشابهی دست یافتند. اثر چین برداشت هم نشان داد با افزایش چین های برداشت مقدار کارتنوئید کاهش می یابد. بیشترین مقدار آن در چین اول (۵۱/۱۹ درصد) و کمترین مقدار آن در چین سوم (۴۰/۹۲ درصد) حاصل



شکل ۵- مقایسه میانگین اثرات متقابل آبیاری، شوری و چین برداشت بر مقدار کارتنوئید

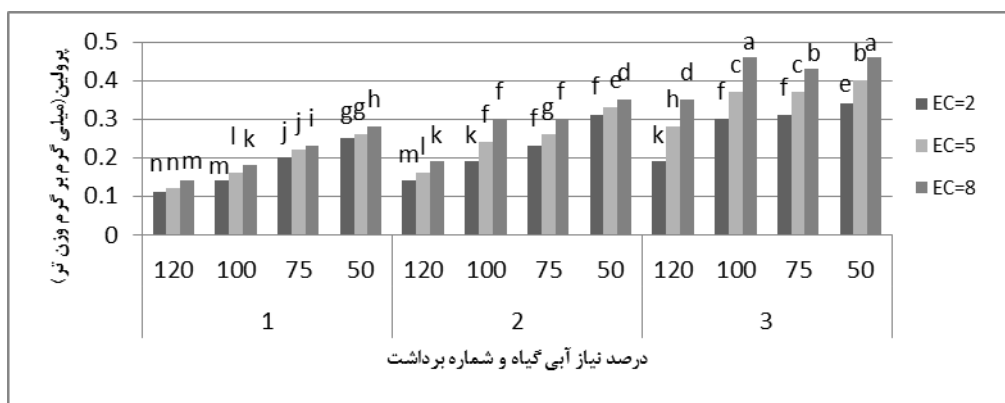
کمترین مقدار آن در تیمار آبیاری ۱۲۰ درصد نیاز آبی گیاه و بیشترین آن در تیمار ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه حاصل شد. چین برداشت نیز بر میزان غلظت پرولین موجود در گیاه تأثیر معنی داری گذاشت. چین اول با مقدار ۰/۱۹ کمترین غلظت پرولین و چین سوم با مقدار ۰/۳۵ بیشترین غلظت آن را دارا بود. اثر متقابل شوری و مقدار آب آبیاری نشان داد در شوری های ثابت با کاهش مقدار آب آبیاری میزان غلظت پرولین افزایش می یابد. اثر متقابل همزمان شوری، خشکی و چین برداشت نشان داد

پرولین: پرولین به عنوان یک اسمولیت مهم در تعدیل فشار اسمزی سلول تحت تنش هایی مانند خشکی، شوری، نقش اساسی دارد. نتایج تجزیه واریانس صفات اندازه گیری شده (جدول ۳) نشان داد تفاوت معنی داری در بین همه تیمارها از نظر مقدار پرولین وجود دارد. با افزایش شوری از ۲ دسی زیمنس به ۸ دسی زیمنس مقدار غلظت پرولین نیز به اندازه ۲۶ درصد افزایش یافت. کاهش عمق آب آبیاری و اعمال تنش خشکی نیز باعث افزایش غلظت پرولین گردید به طوری که

اثرات تخریبی تنش اسمزی ناشی از خشکی را تا حدودی کاهش می‌دهد. چنین به نظر می‌رسد با افزایش تدریجی تنش خشکی، سلول گیاه در ابتدا شروع به ذخیره قند و سپس با شدیدتر شدن تنش اقدام به ذخیره پرولین در غشای سلولی کرده است و به بیان دیگر، تجمع پرولین در غشای سلولی یک سازوکار اضطراری برای تحمل خشکی به شمار می‌رود (قمری زارع و همکاران، ۱۳۸۷). صادقی و خانی (۱۳۹۱) در تحقیق خود بر روی یونجه به نتایج مشابهی دست یافتند.

بین مقدار پرولین و کارتنوئیدها همبستگی منفی و معنی‌داری وجود داشت (جدول ۸). همان‌طور که گفته شد پرولین به عنوان یک شاخص تحمل به خشکی و شوری در گیاه می‌باشد. بنابراین با افزایش شدت تنش مقدار آن افزایش می‌یابد. همبستگی منفی و معنی‌داری بین پرولین و عملکرد علوفه مشاهده گردید. با افزایش شوری و کاهش آب آبیاری مقدار پرولین افزایش و مقدار عملکرد کاهش یافت. افزایش پرولین نشان‌دهنده شدت تنش‌های وارده می‌باشد بنابراین وقتی مقدار آن بالا باشد نشان می‌دهد که گیاه دچار تنش شده است و این تنش باعث کاهش عملکرد در گیاه می‌باشد.

روند یکنواختی در هر سه چین در خصوص غلظت پرولین وجود دارد. به طوری که با افزایش شوری و کاهش آب آبیاری و افزایش عمر گیاه (چین برداشت) مقدار غلظت پرولین افزایش می‌یابد (شکل ۶). در پاسخ به تنش، کاهش پتانسیل اسمزی به وسیله تجمع اسمولیت‌ها، ظرفیت حفظ فشار تورژسانس سلول را افزایش می‌دهد. این عمل برای فرآیندهای فیزیولوژیکی مانند فتوسنتز، فعالیت آنزیم‌ها و تکثیر سلولی، اساسی است. می‌توان اظهار نمود که افزایش پرولین سبب حفاظت از آنزیم‌ها و حامل‌ها و آنتی پورترها و آنزیم‌های مؤثر در نقل و انتقال یون‌ها تحت تنش خشکی می‌شود. پرولین در بسیاری از گونه‌های گیاهی تحت شرایط تنش‌هایی مانند شوری، خشکی، درجه حرارت و نور با مقادیر مختلف تجمع می‌یابد. رابطه مثبت بین انباشت پرولین و تحمل خشکی در برنج و ذرت و تنش شوری در سیب زمینی نیز گزارش شده است (محمدخانی و حیدری، ۲۰۰۸). با توجه به افزایش غلظت پرولین در اندام‌های هوایی گیاه سورگوم علوفه‌ای می‌توان چنین نتیجه گرفت که پرولین در گیاه سورگوم علوفه‌ای می‌تواند به عنوان یک شاخص مقاومت به خشکی به شمار آید. پرولین به دلیل نقش کلیدی در تنظیم اسمزی در شرایط تنش خشکی موجب افزایش مقاومت به خشکی شده و



شکل ۴- مقایسه میانگین اثرات متقابل آبیاری، شوری و چین برداشت بر مقدار پرولین

نتایج به دست آمده می‌توان گفت بین تیمارهای تأمین ۷۵ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه و شوری های ۲ و ۵ دسی‌زیمنس بر متر تفاوت معنی‌داری از لحاظ عملکرد تر علوفه وجود ندارد، لذا می‌توان مقدار آب داده شده به گیاه را به مقدار ۷۵ درصد نیاز آبی گیاه کاهش داد و با مدیریت مناسب می‌توان بدون کاهش معنی‌دار عملکرد محصول، منابع آب با کیفیت پایین را برای آبیاری سورگوم استفاده کرد.

نتیجه گیری

تنش های وارده باعث افزایش مقدار پرولین و نسبت کلروفیل a/b و کاهش کارتنوئیدها، مقدار کلروفیل a و کلروفیل b و عملکرد گردید. از مطالعه حاضر می‌توان نتیجه گرفت که شوری و کم آبی بر روی خصوصیات فیزیولوژیکی و عملکرد سورگوم علوفه‌ای در منطقه سیستان تأثیر می‌گذارد. با توجه به

منابع

- امداد، م.ر. و ح. فرداد. ۱۳۷۹. اثر تنش شوری و رطوبتی بر عملکرد ذرت. مجله علوم کشاورزی ایران. جلد ۳۱، شماره ۳: ۶۴۱-۶۵۴.
- امینی، ز و ر، حداد. ۱۳۹۲. نقش رنگیزه های فتوستتزی و آنزیمهای آنتی اکسیدان در مقابل تنش اکسیداتیو. مجله پژوهش های سلولی و مولکولی. جلد ۲۶، شماره ۳: ۲۵۱-۲۶۵.
- پور عزیز، م و س، فلاح. ۱۳۸۹. تأثیر کودهای آلی و شیمیایی بر خصوصیات کیفی علوفه سورگوم. همایش ملی دستاوردهای نوین در زراعت. شهریور، کرج. ایران.
- ترجمی، گ، م، لاهوتی، و ف، عباسی. ۱۳۸۹. بررسی اثرات ناشی از تنش خشکی بر روی تغییرات قندهای محلول، میزان کلروفیل و پتاسیم در گیاه نوروک. فصلنامه علوم زیستی دانشگاه آزاد زنجان. جلد ۳، شماره ۲: ۷-۱.
- ثابت تیموری، م، ح، خزاعی، ا، نظامی و م، نصیری محلاتی. ۱۳۸۶. تأثیر سطوح مختلف شوری بر فعالیت آنزیم-مجله پژوهش های آنتی اکسیدان برگ و خصوصیات فیزیولوژیکی گیاه کنگد. مجله پژوهش کشاورزی: آب، خاک و گیاه در کشاورزی. جلد ۷، شماره ۴: ۱۱۹-۱۰۹.
- حسیبی، پ. ۱۳۹۴. بررسی فیزیولوژیکی اثر تنش سرما در مرحله گیاهچه ای ژنوتیپ های مختلف برنج. رساله دکتری تخصصی. دانشگاه شهید چمران اهواز. ۱۴۵ صفحه.
- حیدری شریف آباد، ح. ۱۳۷۹. گیاه، خشکی و خشکسالی، چاپ اول، انتشارات مؤسسه تحقیقات جنگل ها و مراتع، تهران، ۱۶۳ صفحه.
- داودی فرد، م، د، حبیبی و ف، داودی فرد. ۱۳۹۱. بررسی اثر تنش شوری بر پایداری غشاء سیتوپلاسمی، میزان کلروفیل، و اجزاء عملکرد درگندم تلقیح شده با باکتری های محرک رشد و اسید هیومیک. مجله زراعت و اصلاح نباتات. جلد ۸، شماره ۲: ۸۶-۷۱.
- صادقی، ح و ک، خانی. ۱۳۹۱. تأثیر سطوح مختلف تنش خشکی و شوری بر برخی ویژگی های مورفولوژیک و میزان پرولین یونجه یکساله. مجله علوم کشاورزی دیم ایران. جلد ۱، شماره ۲: ۱۳-۱.
- عارفیان، م، س ر، وصال، ع، باقری و ع، گنجعلی. ۱۳۹۱. تأثیر تنش شوری بر پارامترهای متعدد بیوشیمیایی در مراحل اولیه فنولوژیکی گیاهچه نخود. اولین همایش ملی تنش های گیاهی (غیرزیستی)، دانشگاه اصفهان.
- علیزاده، ا. ۱۳۸۰. اصول و عملیات آبیاری قطره ای، چاپ دوم، ص ۱۶۱.
- قمری زارع، ع. س، رضوانی، و م، فروتن. ۱۳۸۷. اثر تنش خشکی ناشی از PEG در چند گونه یونجه یکساله در شرایط آب کشت. پژوهش های ژنتیک و اصلاح گیاهان مرتعی و جنگلی ایران. شماره ۱۶: ۱۹۷-۱۸۲.
- قهرمانی، م، م، عبادی، ق، پرمون و س، جهانبخش. ۱۳۹۴. بررسی اثر تنش کم آبی بر شاخص های فتوستتزی و عملکرد علوفه ژنوتیپ های سورگوم علوفه ای. فصلنامه علمی پژوهشی فیزیولوژی گیاهان زراعی. جلد ۲۵، شماره ۷: ۷۴-۵۹.
- کافی، م، ع، باقری، ج، نباتی، م، زارع مهرجردی و ع، معصومی. ۱۳۸۹. بررسی تأثیر تنش شوری بر برخی متغیرهای فیزیولوژیک ژنوتیپ نخود در محیط هیدروپونیک. مجله علوم و فنون کشت های گلخانه ای. شماره ۴: ۶۹-۵۵.
- مقیم، ن و ی، امام. ۱۳۹۲. بررسی ویژگی های مورفوفیزیولوژیک و عملکرد دو رقم سورگوم علوفه ای، تحت تنش کم آبی و سطوح نیتروژن. مجله تنش های محیطی در علوم زراعی. جلد ۶، شماره ۱: ۳۶-۲۷.
- نباتی، ج، م، کافی، ا، نظامی، پ، رضوانی مقدم، ع، معصومی و م، زارع مهرجردی. ۱۳۹۲. اثر شوری بر سلولز، همی سلولز و لیگنین ساقه و برگ و خصوصیات دیواره های سلولی ساقه کوشیا. نشریه پژوهش های زراعی ایران. شماره ۱۱: ۵۶۱-۵۵۱.
- نورزاد، س، ا، احمدیان، م، مقدم. ۱۳۹۴. بررسی میزان پرولین، شاخص کلروفیل، کربوهیدرات و مقدار جذب عناصر غذایی در گیاه دارویی گشنیز تحت تأثیر تنش خشکی و کودی. نشریه پژوهش های زراعی ایران، جلد ۱۳، شماره ۱: ۱۳۹-۱۳۱.
- یارنیا، م. ۱۳۸۶. ارزیابی تعدادی از شاخص های فیزیولوژیک ارقام سورگوم علوفه ای در شرایط شوری. مجله علوم کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی تبریز. جلد ۱، شماره ۱: ۱۵-۱.
- Amer, K. H. 2010. Corn crop response under managing different irrigation and salinity levels. *Agric. Water Manage.* 97: 1553-1563.
- Amon, A. N. 1967. Method of extraction of chlorophyll in the plants. *Agron. J.* 23:112-121.

- Bates, L. S., R. P. Waldern, and E. D. Teare. 1973. Rapid determination of free proline for water stress studies. *Plant soil*, 39:205-207.
- Bauder, T. A., R. M. Waskom, and J. G. Davis. 2006. Irrigation water quality criteria. Colorado State University Cooperative Extension Fact Sheet 0.506
- Blanco F.F., Folegatti M.V., Gheyi H.R., and Fernandes P.D. 2008. Growth and yield of corn irrigated with saline water. *Sci. agric. (Piracicaba,Braz.)* 65(6):574-580.
- Brevedan RE and Egli DB.2003. Short periods of water stress during seed filling, leaf senescence and yield of soybean. *Cr. Sc.* 43: 2083-2088.
- Evans L. 2006. Salinity tolerance in irrigated crops.
- Farooq, M, S. M. A, Basra, A, Wahid, and Z. A Cheema. 2008. Physiological role of exogenously applied glycinebetaine in improving drought tolerance of fine grain aromatic rice . *J. Agron and C. Sc*,194, 325-333.
- Gusegnova, I.M., Sy, Suleymanov, and J.A Aliyev. 2006. Protein composition and native state of pigments of thylakoid membrane of wheat genotypes differently tolerant to water stress. *Biochemistry*, 71,223-228.
- Ghosh PK, KK, Ajay, MC, Bandyopadhyay, KG, Manna, AK ,Mandal and KM, Hati. 2004. Comparative effectiveness of cattle manure, poultry manure, phosphocompost and fertilizer- NPK on three cropping system in vertisols of semi-arid tropics. Dry matter yield, nodulation, chlorophyll content and enzyme activity. *Bi.Tech.* 95: 85-93.
- Hoekstra F, A, Golovia and J, Buitink .2001 Mechanisms of plant desiccation tolerance. *Tr. P. Sc.* 6: 431-438.
- Howell, T.A., J.A ,Tolk, S.R, Evett, K.S ,Copeland and D.A, Dusek. 2007. Evapotranspiration of deficit irrigated sorghum. World Environmental and Water Resources Congress.ASCE.
- Kivimaenpae, M, S, Sutin, PE, Karlsson and G, Selde .2003. Cell structural changes in the needles of Norway spruce exposed to long-term ozone and drought. *Annals of Botany.* 92: 779-793.
- Kukavica, B and S. V, Jovanovic. 2004. Senescence-related changes in the antioxidant status of ginkgo and birch leaves during autumn yellowing *Physiologia Plantarum.* 122 (3): 321-327.
- Liang, Z, F, Zhang, M, Shao and J, Zhang . 2002. The relations of stomatal,water consumption, growth rate to leaf water potential during soil drying and rewatering cycle of wheat .*But. Bull. Acad. Sin.* 43:187-192.
- Manivaannan P, C, Abdul Jaleel, B, Sanka, A, Kishorekumar, R, Somasundaram, and R ,Panneerselvam.2007.Growth biochemical modification and proline metabolism in *Helianthus annuus L.* as induced by drought stress, *Colloids and Surfaced B. Biointerfaces.* 59: 141-149.
- Mohammadkhani, N and R. Heidari. 2008. Effects of drought stress on soluble proteins in two maize varieties. *Tu. J. Bi,* 32, 23-30.
- Munne-Bosch S. and L, Alegre. 2004. Die and let live: leaf senescence contributes to plants survival under drought stress. *Fu. P. Bio.* 31 (3): 203-216.
- Munns, R. 2005. Genes and salt tolerance: bringing them together. *New Phytologist*,167:645-663
- Netondo, G.F, J.C, Onyango and E. Beck.. 2004. Sorghum and salinity: II. Gasexchange and chlorophyll fluorescence of sorghum under salt stress.*Cr. Sc.*44: 806–811.
- Nayyar H and D, Gupta .2006. Differential sensitivity of C3 and C4 plants to water deficit stress: Association with oxidative stress and antioxidants. *Environmental and Experimental Botany.* 58: 106-113.
- Pessarkli, M . 1999. Handbook of Plant and Crop Stress. Marcel Dekker Inc. PP 679.
- Rodríguez, D J, J, Romero, R, Rodríguez and JAL, Sánchez. 2002. Characterization of proteins from sunflower leaves and seeds: Relationship of biomass and seed yield. P. 143–149. In: Janick J. and A. Whipkey [Eds.], Trends in new crops and new uses. ASHS Press, Alexandria, VA. Sci. 5: 543-546.

The combined effect of different levels of salinity and irrigation water on physiological characteristics of forage sorghum in different cuttings

H. Piri¹

Received: 2017-3-7 Accepted: 2017-8-1

Abstract

Using of low quality resources of water and soil for food production in developing countries must be considered as option . Therefore, this study has done on the plant forage sorghum in different levels of salinity (2, 5 and 8 ds.m⁻¹) and different irrigation levels (120, 100, 75 and 50% of water requirement) in three stages harvesting forage. Experiment done in the form of factorial split plot in randomized complete block design with 12 treatments and 3 replicates in Sistan region in 2015 . The results Analysis of variance showed that interaction of irrigation, salinity and harvest and the effects of each treatment alone, the parameters measured in %1 probability level was significant. The results mean comparison of traits measured showed that with increasing salinity and irrigation water depth decreases, yield decrease. But between treatments perfected irrigation and % 75 crop water requirement significant differences was not observed. Also Between treatments with salt 2 and 5 ds/m significant different in feed production was not observed. Showed the effects of harvesting forage yield in the second harvest was better than the first and third harvest. Chlorophyll ratio a to b and percentage of proline increased and percentage of carotenoids, Chlorophyll a and b increased with increasing salinity and decreasing irrigation water depth. Thus, according to the results and the lack of water in the region can irrigate the plants with %75 of water and salinity 5 ds.m⁻¹ Without any significant effect on the amount of forage produced and the stored water can be used elsewhere and the best cutting forage for yield and quality is the second harvesting.

Keywords: Carotenoids, chlorophyll a and b, proline, yield

1- Assistant Professor, Department of Water Engineering, Zabol University, Zabol, Iran