نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۰، شماره ۱، بهار ۱۳۹۱، ص ۱۸۸-۱۷۹

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 10, No. 1, Spring. 2012, p. 179-188

تأثیر تنش های خشکی و شوری بر خصوصیات مورفوفیزیولوژیک گیاه کالارگراس (*Leptochloa fusca* L. kunth) تحت شرایط کنترل شده

کمال حاج محمدنیا قالی باف[1*]- یحیی سلاح ورزی[2]

تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۱۲/۵
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۴//۲۱

چکیده

خشکی و شوری در بسیاری از مناطق جهان از مهم‌ترین عوامل محدود کننده رشد و نمو گیاهان به شمار می‌روند. یک سازوکار مناسب در این زمینه استفاده از گونه هایی است که بتوانند در چنین شرایط محیطی از تولید مطلوبی برخوردار باشند. به منظور بررسی تنش های خشکی و شوری بر خصوصیات مورفوفیزیولوژیک گیاه کالارگراس آزمایشی به صورت فاکتوریل بر پایه طرح کاملا تصادفی با ۴ تکرار روی گونه هالوفیت کالارگراس در سال ۱۳۸۸ تحت شرایط گلخانه انجام پذیرفت. سه سطح خشکی (۱۰۰، ۵۰ و ۲۵ درصد ظرفیت زراعی به ترتیب معادل پتانسیل ۰/۳۳-، ۳/۴- و ۱۱/۲- بار) و چهار سطح تنش شوری (هدایت الکتریکی ۰، ۵، ۱۰ و ۲۰ دسی زیمنس بر متر) تیمارهای آزمایش را تشکیل دادند. نتایج تحقیق نشان داد که نشت الکترولیت از سلول‌های برگ کالارگراس با کاهش محتوای رطوبت خاک افزایش یافته و در شدیدترین تیمار خشکی (۲۵٪ FC) با میانگین ۵۷ درصد به بالاترین مقدار خود رسید. این در حالی بود که تنش شوری در هیچ یک از سطوح باعث افزایش نشت الکترولیتی از سلول‌ها نگردید. همچنین بیشترین سطوح تیمارهای شوری و خشکی در این آزمایش، کمترین مقادیر محتوای نسبی آب برگ، وزن خشک ریشه و وزن خشک بخش هوایی را دارا بودند، هر چند که شدت کاهش آنها در اثر تنش خشکی به مراتب بیش از تنش شوری بود. همچنین بررسی هدایت روزنه ای گیاهان مورد مطالعه در این آزمایش نشان داد که مقادیر این صفت در تیمار ترکیبی خشکی (ظرفیت زراعی۵۰ درصد) و شوری (۵ دسی زیمنس بر متر) در مقایسه با شاهد بدون تنش بیش از ۶۰ درصد افزایش یافت. در مجموع، تحمل کالارگراس به شوری بهتر از خشکی بود، بنابراین کشت این گیاه در اراضی دارای آب شور مناسب خواهد بود.

واژه های کلیدی: محتوای نسبی آب برگ، نشت الکترولیت، هالوفیت، هدایت روزنه‌ای

مقدمه

افزایش روز افزون جمعیت همراه با کاهش منابع تولید غذا، بزرگترین مشکل فراروی بشر در قرن حاضر است. بنابر آمار بیش از ۷ درصد از اراضی کل زمین و ۵۰-۲۵ درصد از نواحی قابل آبیاری آن با مشکل شوری روبرو می‌باشند (۳۰). در عین حال بیش از ۶/۱ میلیارد هکتار معادل ۴۷/۲ درصد از سطح کره زمین را نیز مناطق خشک و نیمه خشک تشکیل می‌دهند. این در حالی است که تنش‌های غیر زیستی (خصوصاً خشکی و شوری) خود به تنهایی باعث کاهش ۵۰ درصدی رشد و عملکرد گیاهان زراعی می‌شوند (۲۵).

تنش شوری بر رشد و نمو گیاهان بوسیله سمیت یونی، بر هم زدن تعادل یونی و پتانسیل اسمزی و همچنین بوسیله تنش های ثانویه ای چون اختلال تغذیه‌ای، تخریب غشای سلولی، سمیت متابولیک و جلوگیری از فعالیت فتوسنتزی تأثیر می‌گذارد (۴). در واقع تنش شوری بسیاری از خصوصیات فیزیولوژیکی گیاه شامل پتانسیل آب و اسمزی برگ، میزان تعرق، دمای برگ و محتوای نسبی آب برگ را تغییر می‌دهد (۲۹).

اگر چه پاسخ گیاهان در اکثر موارد به تنش خشکی و شوری مشابه ارزیابی می‌شوند (۲۴)، اما تنش شوری می‌تواند علاوه بر کاهش پتانسیل آب و پسابیدگی، از طریق بروز سمیت یونی (۱۳) و اختلال جذب عناصر (۶) نیز بر مرفولوژی و فیزیولوژی گیاه تأثیرگذار باشد. در واقع رادیکال های آزاد اکسیژن تولید شده در تنش های خشکی و شوری به چربی‌ها، پروتئین ها و حتی نوکلئیک اسیدهای سلولی حمله کرده و بدین ترتیب در اولین مرحله، تراوایی غشای سلولی مختل می‌گردد. در این زمینه نشت الکترولیت، روشی ارزان

۱ - مربی آموزشی دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(* - نویسنده مسئول: (Email: kamalhm2000@yahoo.com
۲- مربی مرکز تحقیقات انار، دانشگاه فردوسی مشهد

جهت تشخیص خسارات کمی به سلول به شمار رفته که در آن نیازی به تخریب تمامی گیاه نمی باشد (۲۷).

محدودیت روزنه‌ای به معنی کاهش ذخیره دی اکسید کربن در نتیجه کاهش میزان فتوسنتز، از دیگر اثرات خشکی و شوری می‌باشد. در واقع از آنجایی که برای انجام عمل فتوسنتز، تبادلات گازی ضروری است، بنابراین در اثر کمبود آب و بسته شدن روزنه ها، تبادلات گازی کاهش یافته و در نتیجه دی اکسید کربن کمتری در دسترس گیاه قرار می‌گیرد و شدت فتوسنتز کاهش می‌یابد (۲۸).

گروهی از محققین در دنیا تحقیقات وسیعی جهت اصلاح گیاهان سنتی (متعارف) به منظور تحمل به شوری انجام داده اند و اما گروهی دیگری نیز همواره سعی در استفاده از گونه های جدید با ویژگی های هالوفیت ها برای رسیدن به این هدف داشته اند (۸). کالارگراس[1] با نام علمی (*Leptochloa fusca* L. kunth) ازخانواده گندمیان، یکی از این گیاهان هالوفیت جدید می‌باشد که به صورت گسترده‌ای در نواحی گرمسیری و نیمه گرمسیری پراکنش یافته است. این گیاه به خاکهای شور، سدیمی و آهکی بسیار متحمل بوده و قادر است بدون هیچگونه منبع کودی رشد نموده و سالانه بین ۲۰ تا۴۰ تن در هکتار علوفه سبز تولید نماید (۲۳). بنابراین، پژوهش حاضر به منظور بررسی خصوصیات مورفوفیزیولوژیک گیاه کالارگراس تحت سطوح مختلف شوری و خشکی انجام پذیرفت.

مواد و روش ها

این تحقیق به صورت آزمایش فاکتوریل بر پایه طرح کاملا تصادفی با ۴ تکرار در سال ۱۳۸۸ در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه فردوسی مشهد به اجرا در آمد. فاکتورهای مورد آزمایش شامل تنش خشکی در سه سطح (۱۰۰، ۵۰ و ۲۵ درصد ظرفیت زراعی) و تنش شوری در چهار سطح (۰ ، ۵، ۱۰ و ۲۰ دسی زیمنس بر متر) بودند.

ابتدا بذور کالارگراس جهت جوانه زنی و سبز شدن بهتر در سینی‌های مخصوص نشاء محتوی کوکوپیت کشت شدند. در مرحله بعد پس از رشد ابتدایی (مرحله دو برگ حقیقی) نشاء های یکنواخت و سالم کالارگراس به گلدان های پلاستیکی با قطر دهانه ۱۵ سانتی متر، ارتفاع ۲۰ سانتی متر و گنجایش ۲/۵ کیلوگرم خاک منتقل شدند. خاک گلدان ها از ترکیب یکسان خاک مزرعه، خاکبرگ و ماسه سرند شده تشکیل شد. گلدان ها در گلخانه در شرایط ۱۶ ساعت روشنایی (دمای ۲۵ تا ۲۷ درجه سانتی گراد) و ۸ ساعت تاریکی (۱۵تا ۱۷درجه سانتی گراد) نگهداری شدند. در دوره استقرار به مدت ۳۰ روز آبیاری به شکلی انجام گرفت که خروج آب از زهکش گلدان ها قابل رویت بود. بنابراین بدین طریق همواره گلدان های مورد آزمایش در وضعیت ظرفیت زراعی (بدون تنش) قرار داشتند.

نحوه اعمال تنش خشکی

رطوبت هر ۱۰۰ گرم از خاک مورد استفاده در حالت ظرفیت زراعی در این آزمایش برابر ۳۲ گرم (۳۲ ٪ = FC، معادل پتانسیل ۰/۳۳- بار) به دست آمد (شکل ۱). بنابراین به وسیله وزن کردن روزانه تمامی گلدان ها در ساعت ۹ صبح، وضعیت رطوبتی آنها مشخص گردید و بدین ترتیب نقصان رطوبتی گلدان های شاهد (۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی) با اضافه نمودن مقدار آب لازم به صورت روزانه و رساندن آنها به حد ظرفیت زراعی جبران شد. در مورد سایر گلدان ها نیز بسته به تیمار مورد نظر (سطوح دوم و سوم تنش خشکی به ترتیب برای ایجاد ۵۰ و ۲۵ درصد ظرفیت زراعی معادل پتانسیل ۳/۴- و ۱۱/۲- بار)، مقدار آب لازم جهت ایجاد تنش خشکی مربوطه اضافه گردید. اضافه وزن گیاهان نیز ثابت در نظر گرفته شد.

نحوه اعمال تنش شوری

تهیه محلول های با سطوح شوری ۵، ۱۰ و ۲۰ دسی زیمنس بر متر با حل کردن مقدار مشخص NaCl مِرک آلمان با خلوص ۹۹ درصد در آب دیونیزه با استفاده از معادله (۱) انجام شد. جهت اطمینان از سطح شوری مورد نظر، پس از حل کردن NaCl در آب، هدایت الکتریکی محلول به کمک EC متر پرتابل مدل Lutron کنترل شد.

$$NaCl_{(mg/lit)} = EC_{(dS/m)} \times 640 \qquad (۱)$$

نمونه برداری

با آغاز خروج گل آذین کالارگراس در گلدان های شاهد، صفات مانند ارتفاع ساقه اصلی، هدایت روزنه ای به کمک دستگاه پرومتر مدل ELE، وزن خشک اندام هوایی و ریشه با خشک کردن نمونه ها در آون دمای ۷۵ درجه سانتی گراد به مدت ۴۸ ساعت، محتوای نسبی آب برگ و نشت الکترولیت های برگ گیاهان اندازه گیری شد.

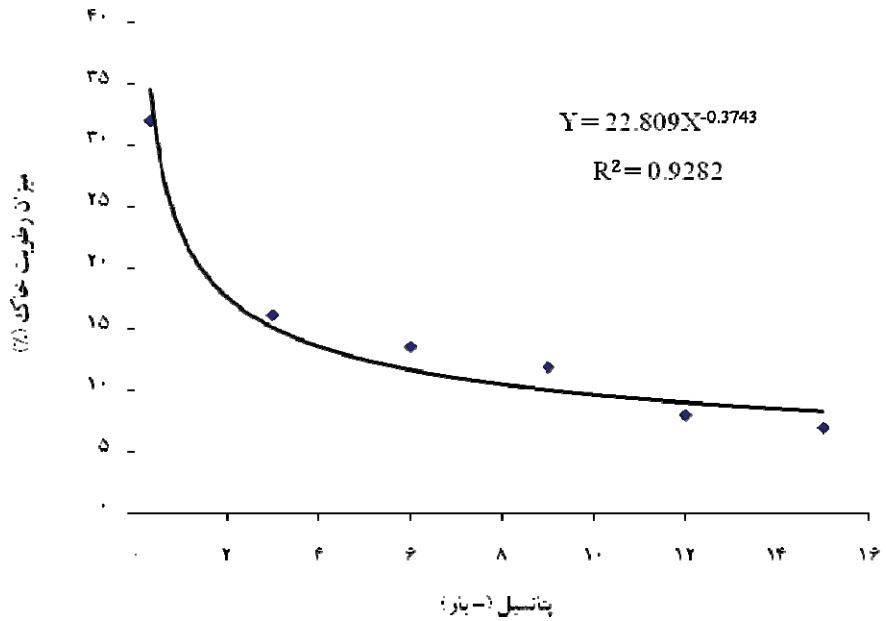
بررسی وضعیت آب گیاه با اندازه گیری محتوای نسبی آب[2] برگ طبق معادله (۲) انجام شد (۵).

$$RWC = (Fw-Dw) / (Tw-Dw) \times 100 \qquad (۲)$$

به طوری که Fw، Dw و Tw به ترتیب نشانگر وزن تر، وزن خشک و وزن آماس نمونه‌های برگی تهیه شده است. بدین منظور ابتدا وزن تر برگها اندازه‌گیری شد، وزن آماس نمونه ها نیز پس از خیساندن آنها در آب مقطر به مدت ۴ ساعت در دمای آزمایشگاه محاسبه گردید. برای تعیین وزن خشک نیز از آون به مدت ۴۸ ساعت و دمای ۷۵ درجه استفاده شد.

1- Kallar grass

2- Relative water content (RWC)



شکل ۱- منحنی رطوبتی خاک مورد استفاده در آزمایش

جهت تعیین پایداری غشاء سلول‌های برگی از شاخص نشت الکترولیت ها[1] استفاده شد (۱۷). در این روش ابتدا قطعات برگی با اندازه ۲ سانتی متر تهیه شد. این قطعات پس از شست و شو همراه با ۱۰ میلی لیتر آب مقطر در لوله های آزمایش قرار گرفتند. سپس لوله های آزمایش به مدت ۱۷ تا ۱۸ ساعت به وسیله شیکر شدیدا تکان داده شدند. در این مرحله مقدار هدایت الکتریکی نمونه های آزمایشی (E_1) توسط دستگاه EC متر مدل JENWAY اندازه گیری شد. سپس لوله های آزمایش جهت کشته شدن سلول‌های برگی به اتوکلاو با دمای ۱۲۱ درجه سانتی گراد به مدت ۱۵ دقیقه انتقال داده شدند. بدین طریق اندازه گیری هدایت الکتریکی در این مرحله (E_2) نیز پس از سرد شدن محتویات داخل لوله های آزمایش انجام گرفت. در نهایت مقادیر نشت الکترولیت ها از طریق معادله (۳) محاسبه شد.

$$EL = (E_1 / E_2) \times 100 \quad (۳)$$

تجزیه آماری

تجزیه آماری داده ها با استفاده از نرم افزارهای MSTAT-C و MINITAB ver.13 صورت گرفت. برای رسم شکلها از نرم افزارهای EXCEL و SLIDE-WRITE استفاده شد. میانگین داده ها نیز با استفاده از آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد مورد مقایسه قرار گرفت.

نتایج و بحث

ارتفاع ساقه

مقایسه میانگین های اثرات اصلی تنش های اعمال شده نشان داد که با افزایش سطوح هر یک از تنش های شوری و خشکی از ارتفاع گیاهان مورد آزمایش کاسته شد (جدول ۱)، به گونه‌ای که شدیدترین تیمارهای خشکی (۲۵٪ FC) و شوری (۲۰ dS/m) به ترتیب با ۶۷ و ۴۵ درصد کاهش نسبت به شاهد، کمترین ارتفاع را به خود اختصاص دادند (جدول ۲). همچنین با توجه به جدول ۳ به خوبی مشخص است که با کاهش رطوبت خاک از ظرفیت زراعی تا سطح ۵۰٪ آن، در همه سطوح شوری از ارتفاع گیاهان کاسته شد. اما نکته مهم اینکه تحت تیمار شدید رطوبتی، حساسیت کالارگراس از نظر کاهش ارتفاع با افزایش سطوح شوری کاهش یافته است. به عبارت دیگر، کمترین ارتفاع گیاهان مورد آزمایش با میانگین ۷/۲ سانتی متر، در پایین ترین شرایط رطوبتی خاک و بدون هیچ گونه تنش شوری مشاهده شد (جدول ۳).

پسرکلی و کوپک (۲۲) مطابق با نتایج این پژوهش عنوان نمودند که ارتفاع بخش هوایی در گراسها، تحت سطوح مختلف شوری و خشکی کاهش نشان می‌دهد. هر چند که این کاهش تحت شرایط خشکی به صورت مشخص تری در مقایسه با شوری قابل مشاهده می‌باشد.

1- Electrolyte leakage (EL)

جدول ۱- منابع تغییر، درجه آزادی و میانگین مربعات صفات اندازه گیری شده در کالارگراس[1]

منابع تغییر	درجه آزادی	ارتفاع ساقه	درصد نشت الکترولیت	محتوای آب نسبی	هدایت روزنه‌ای	وزن خشک ریشه	وزن خشک اندام هوایی
خشکی	۲	۸۲۷۳/۰۲ **	۲۸۰۷/۹۴ **	۷۱۲۰/۳۱ **	۰/۳۷۶ **	۲۸/۴۳ **	۲۹/۹۶ **
شوری	۳	۱۷۶۶/۳۶ **	۶۹/۸۹ ns	۱۸۷/۳۸ **	۰/۱۶۵ **	۲/۷۵ **	۴/۹۵ **
خشکی × شوری	۶	۱۵۵۶/۳۳ **	۴۹۲/۳۹ **	۴۵۱/۲۴ **	۰/۲۱۷ **	۲/۳۲ **	۰/۹۷ **
خطا	۳۶	۲۱/۰۶	۲۶/۲۴	۳۴/۰۹	۰/۰۰۱	۰/۱۷	۰/۲۲
CV (%)		۱۰/۵۸	۱۲/۲۶	۱۳/۵۵	۱۱/۱۹	۲۱/۴۰	۱۸/۳۴

[1] ns و** به ترتیب عدم معنی دار و معنی دار در سطح احتمال ۰/۰۱.

جدول ۲- میانگین اثرات خشکی و شوری بر صفات اندازه گیری شده در کالارگراس

تیمار	ارتفاع ساقه (cm)	هدایت روزنه‌ای ($molm^{-2}s^{-1}$)	وزن خشک ریشه (g/p)	وزن خشک اندام هوایی (g/p)
سطوح خشکی (FC %)				
۱۰۰	۶۷/۶۲	۰/۲۹۱	۳/۱۴	۳/۹۵
۵۰	۳۹/۹۷	۰/۴۶۱	۱/۱۷	۲/۴۴
۲۵	۲۲/۵۳	۰/۱۵۴	۰/۵۹	۱/۲۲
LSD (٪۵)	۳/۲۹	۰/۰۲۳	۰/۳۰	۰/۳۳
سطوح شوری (dS/m)				
EC= ۰	۵۷/۶۷	۰/۳۴۹	۲/۳۴	۳/۱۸
EC= ۵	۴۹/۰۸	۰/۴۴۶	۱/۵۳	۲/۹۸
EC= ۱۰	۳۴/۹۲	۰/۲۰۷	۱/۳۳	۲/۱۶
EC= ۲۰	۳۱/۸۳	۰/۲۰۵	۱/۳۴	۱/۸۴
LSD (٪۵)	۳/۸۰	۰/۰۲۶	۰/۳۴	۰/۳۸

در واقع به علت اینکه ویژگی های تغییر شکل پذیری سلول‌ها در قسمت تحتانی و پایه‌ای برگ در گراسها تحت تنش شدید خشکی تغییر می‌یابد، لذا قابلیت کشش پذیری و طویل شدن دیواره سلولی نیز به شدت کاهش پیدا می‌کند (۳).

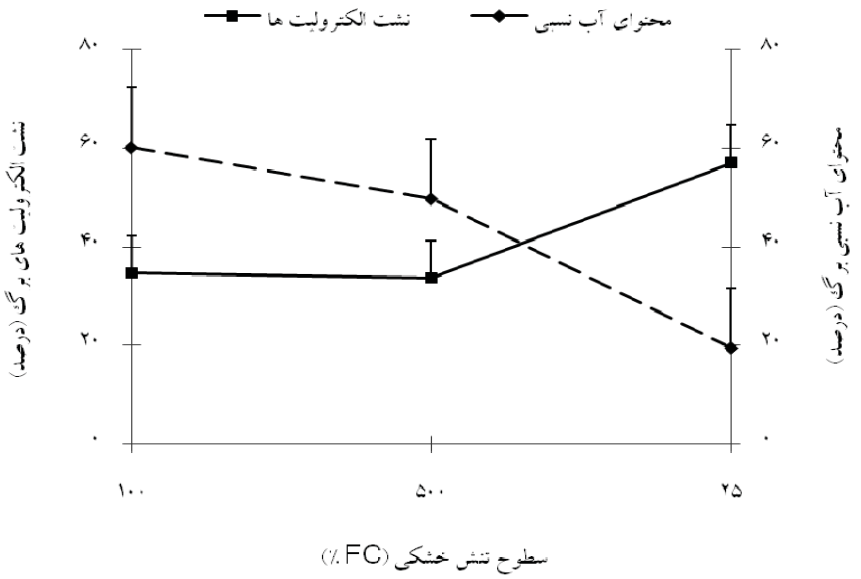
نشت الکترولیت ها

نتایج تحقیق حاضر نشان داد که درصد نشت الکترولیت ها از سلول‌های برگ کالارگراس با افزایش تنش شدید خشکی به طور معنی داری ($p \leq ۰/۰۱$) نسبت به سطوح پایین تر آن افزایش نشان داد، در صورتی که این صفت تحت تأثیر معنی دار تیمار شوری قرار نگرفته (جدول ۱) و در سطوح بالاتر تنش شوری به ثبات رسید (شکل های ۲ و۳). با توجه به شکل ۲ ملاحظه می شود که بیشترین نشت الکترولیتی با میانگین ۵۷ درصد در بالاترین سطح تیمار خشکی (۲۵٪ ظرفیت زراعی) رخ داد. همچنین در شرایط تنش ترکیبی مشخص گردید که نشت الکترولیت ها در گیاهانی که تحت تیمارهای شوری (۰، ۵ و ۱۰ دسی زیمنس بر متر) قرار داشتند، از شرایط آبیاری کامل (شاهد) تا تنش خشکی متوسط در وضعیت FC ۵۰٪ به تدریج کاهش و سپس در شرایط تنش شدید رطوبتی (FC ۲۵٪) به سرعت افزایش یافت. در صورتی که برای گیاهانی که تحت تیمار غلظت بالای نمک قرار گرفته بودند (تیمار شوری ۲۰ dS/m)، عکس شرایط فوق به وقوع پیوست (جدول ۳).

هوانگ و فا (۱۵) اندازه گیری درجات مختلف نشت الکترولیت ها را یک شاخص خوب از شدت تنش در گراس ها دانستند. همچنین در نتیجه تحقیقات ایشان مشخص شد که تنش خشکی می‌تواند باعث ناکارآمدی غشاء سلولی در برگ گراسها شود و به دنبال آن افزایش نفوذ پذیری غشاء برای الکترولیت ها را سبب گردد. در واقع مطابق با نتایج پژوهش حاضر، همواره بیشترین صدمه غشاء و در نتیجه بالاترین نشت الکترولیت از سلول‌های برگ، تحت پایین ترین سطوح رطوبتی اتفاق می‌افتد (۱). از طرف دیگر به نظر می‌رسد که کالارگراس تحت سطوح مختلف شوری می‌تواند به علت تجمع اسمولیت ها و املاح (۱۲) در سلول‌های گیاهی به خوبی پتانسیل اسمزی و در نتیجه پایداری غشاء خود را حفظ نماید و بنابراین تغییری در مقادیر نشت الکترولیتی آن رخ ندهد.

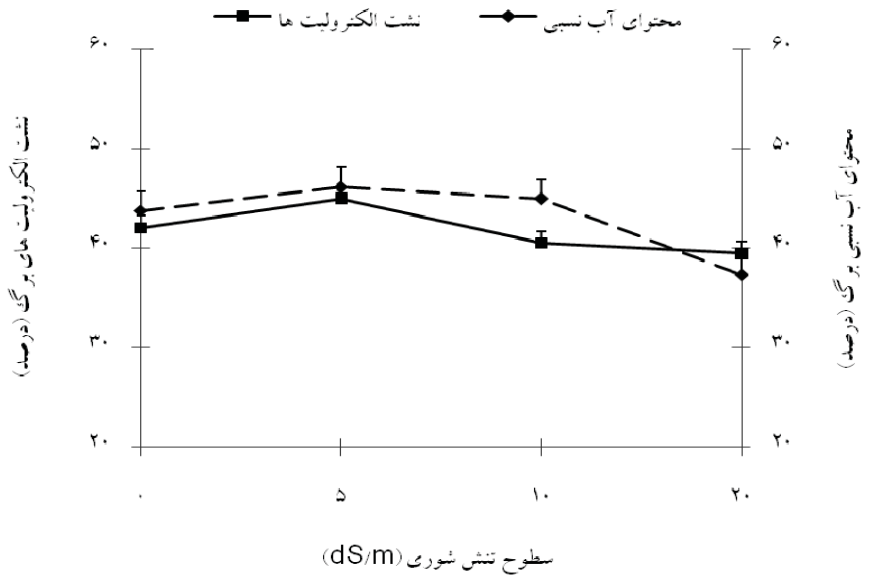
جدول ۳- واکنش متقابل تیمارهای خشکی و شوری روی صفات اندازه گیری شده در کالارگراس

تیمارها		ارتفاع ساقه (cm)	نشت الکترولیت (%)	محتوای آب نسبی (%)	هدایت روزنه‌ای ($molm^{-2}s^{-1}$)	وزن خشک ریشه (g/p)	وزن خشک اندام هوایی (g/p)
سطوح شوری (dS/m)	سطوح خشکی (% FC)						
EC= ۰	۱۰۰	۱۰۳/۷۵	۳۰/۰۱	۶۲/۳۶	۰/۵۹۱	۵/۱۳	۵/۰۷
	۵۰	۶۲/۰۰	۲۷/۹۰	۵۶/۵۵	۰/۲۶۶	۱/۳۷	۳/۲۷
	۲۵	۷/۲۵	۶۸/۳۶	۱۲/۴۵	۰/۱۸۹	۰/۵۱	۱/۲۱
EC=۵	۱۰۰	۷۸/۲۵	۳۸/۶۲	۵۸/۵۲	۰/۲۳۴	۲/۷۵	۴/۳۳
	۵۰	۴۳/۰۰	۲۸/۴۴	۶۲/۹۶	۰/۹۵۰	۱/۱۸	۳/۱۷
	۲۵	۲۶/۰۰	۶۸/۰۴	۱۷/۰۷	۰/۱۵۵	۰/۶۵	۱/۴۴
EC=۱۰	۱۰۰	۴۷/۲۵	۳۶/۲۵	۶۴/۵۹	۰/۱۵۸	۲/۴۶	۳/۴۷
	۵۰	۲۷/۲۵	۳۳/۴۴	۴۹/۸۲	۰/۳۴۵	۱/۰۵	۱/۸۳
	۲۵	۳۰/۲۵	۵۱/۸۸	۲۰/۶۷	۰/۱۱۹	۰/۴۹	۱/۱۸
EC=۲۰	۱۰۰	۴۱/۲۵	۳۳/۶۷	۵۴/۹۵	۰/۱۸۰	۲/۲۱	۲/۹۵
	۵۰	۲۷/۶۲	۴۴/۸۱	۲۹/۳۲	۰/۲۸۱	۱/۰۷	۱/۵۰
	۲۵	۲۶/۶۲	۴۰/۰۲	۲۷/۷۵	۰/۱۵۶	۰/۷۳	۱/۰۷
LSD (٪۵)		۶/۵۸	۷/۳۵	۸/۳۷	۰/۰۴۵	۰/۵۹	۰/۶۷



شکل ۲- روند پاسخ نشت الکترولیت ها و محتوای آب نسبی برگ کالارگراس به تنش خشکی

(بارها خطای استاندارد هستند)



شکل ۳- روند پاسخ نشت الکترولیت ها و محتوای آب نسبی برگ کالارگراس به تنش شوری (بارها خطای استاندارد هستند).

هر چند که دانشمند و همکاران (۹) برخلاف نتایج این تحقیق عنوان نمودند که هم شوری و هم خشکی می‌تواند سبب پراکسیده شدن چربیهای غشاء و افزایش نشت الکترلیت ها در گیاهان گردد. بنابراین می‌توان نوع گونه گیاهی، چگونگی سازوکار مقاومت و حتی شدت تنش اعمال شده را در این زمینه مؤثر دانست.

محتوای نسبی آب برگ

محتوای نسبی آب برگ کالارگراس تحت تاثیر معنی دار تیمار خشکی قرار گرفت (جدول ۱) و با افزایش شدت تنش خشکی کاهش یافت، به طوری که تحت تیمار FC ۲۵٪ با میانگین ۱۹/۵ درصد کمترین مقدار را از این نظر نشان داد (شکل ۲). اما در بین سطوح مختلف شوری، تیمار ۲۰ دسی زیمنس بر متر با میانگین ۳۷/۳ درصد و تنها با حدود ۱۴/۸ درصد کاهش نسبت به تیمار شاهد، محتوای نسبی آب برگ کمتری را دارا بود، در صورتی که بین سایر تیمارهای شوری از این لحاظ تفاوت آماری وجود نداشت (شکل ۳). نتایج حاصل از برهمکنش تنش شوری و خشکی نیز بیانگر آن بود که محتوای نسبی آب برگ گیاهان مورد آزمایش تحت شرایط آبیاری کامل و تنش متوسط رطوبتی در اثر غلظت بالای نمک کاهش یافت، در حالی که افزایش شوری خاک، در گیاهانی که تحت شرایط تنش شدید خشکی (FC ۲۵٪) قرار داشتند، باعث افزایش محتوی نسبی آب برگ آنها شد (جدول ۳).

سلاح ورزی و همکاران (۱) عنوان نمودند هر اندازه نقصان آب خاک با پیشرفت تنش خشکی افزایش یابد، اصولا از محتوای آب برگ گراسها کاسته می‌شود. در این تحقیق نیز تیمار شدید خشکی با ۶۷/۵ درصد کاهش نسبت به شاهد، کمترین مقدار RWC را طی مدت آزمایش نشان داد. اما اساسا گراسهای هالوفیت به صورت مؤثری می‌توانند با از دست دادن آب و یا تغلیظ شیره سلولی و تجمع اسمولیت ها (۲۱) تنظیم اسمزی بهتر و محتوای نسبی آب بالاتری را تحت شرایط خشکی و شوری ایجاد نمایند. بنابراین، به نظر می‌رسد که شوری خاک می‌تواند به خصوص تحت تنش های شدید رطوبتی، سبب حفظ و یا حتی افزایش محتوای نسبی آب برگ در کالارگراس گردد. دی اراجو و همکاران (۱۱) نیز افزایش محتوای نسبی آب برگ هالوفیت ها، در اثر افزایش شوری را یک مکانیسم کارآمد، جهت تنظیم اسمزی و حفظ فشار آماس سلولی در این دسته از گیاهان دانستند.

هدایت روزنه ای

تنش متوسط خشکی (FC ۵۰٪) و تیمار شوری dS/m ۵ به ترتیب با میانگین ۵۸ و ۲۸ درصد افزایش نسبت به شاهد مربوطه، از هدایت روزنه‌ای بالاتری ($p \leq ۰/۰۱$) در مقایسه با سایر سطوح تنش برخوردار بودند (جدول ۲). همچنین هدایت روزنه‌ای گیاهان مورد مطالعه در اثر واکنش متقابل این دو سطح تنش (خشکی FC ۵۰٪ و شوری dS/m ۵) در مقایسه با شاهد، بیش از ۶۰ درصد افزایش نشان داد (جدول ۳).

سدیکویی و همکاران (۲۶) مطابق با نتایج این آزمایش، کاهش هدایت روزنه‌ای را در گیاه کلزا تحت شرایط خشکی و شوری گزارش کردند. اصولا زمانی که گیاه با تنش خشکی و شوری (۲۸) روبرو می‌شود، میزان جذب آب توسط ریشه کاهش یافته و در نتیجه بیوسنتز آبسیزیک اسید (ABA)[1] در آنها افزایش می‌یابد. ABA از طریق آوند چوبی به بخش هوایی گیاه منتقل و نهایتا بسته شدن روزنه ها را سبب می‌گردد. بنابراین، گیاهان متحمل با کاهش هدایت روزنه‌ای خود از اثرات سوء تنش های خشکی و شوری اجتناب می‌کنند (۱۶). اما افزایش هدایت روزنه‌ای کالارگراس تحت سطوح پایین شوری و خشکی نسبت به شاهد در این آزمایش، احتمالا به علت افزایش فعالیت فتوسنتزی و تولید ذخیره غذایی بیشتر در این گراس چهار کربنه به منظور تأمین انرژی لازم جهت تحمل شرایط تنش بوده است. در این زمینه مگدیچ و همکاران (۱۹) نیز افزایش محتوای کلروفیل، فتوسنتز خالص و هدایت روزنه‌ای را تحت تنش کم شوری در گیاه هالوفیت *Cakile maritime* گزارش نمودند.

وزن خشک ریشه

نتایج حاصل از مقایسه میانگین داده های پژوهش حاضر نشان داد که با افزایش تنش خشکی، وزن خشک ریشه ها به طور معنی‌داری ($p \leq ۰/۰۱$) کاسته شد و در تیمار ۲۵٪ ظرفیت زراعی با میانگین ۰/۵۹ گرم در بوته به حداقل مقدار خود رسید. این در حالی بود که تمامی سطوح شوری اعمال شده نیز بدون تفاوت معنی دار نسبت به یکدیگر، از وزن خشک کمتری در مقایسه با شاهد برخوردار بودند (جدول ۲) که بیانگر تحمل بیشتر این گیاه به تنش شوری در مقایسه با تنش خشکی است. واکنش متقابل تنش های شوری و خشکی روی این صفت در این آزمایش نیز نشان داد که شیب کاهش وزن خشک ریشه کالارگراس با کاهش محتوای رطوبتی خاک در شرایط بدون شوری (EC معادل صفر دسی زیمنس بر متر) شدیدتر از دیگر سطوح شوری بود. به طوری که در سطوح شوری ۵، ۱۰ و ۲۰ dS/m بین سطوح خشکی متوسط و شدید (۵۰ و ۲۵ درصد FC) تفاوت معنی داری از این لحاظ مشاهده نشد (جدول ۳).

هوآنگ و گائو (۱۴) کاهش وزن خشک ریشه گراسها تحت شرایط تنش خشکی را گزارش کردند. در واقع با پیشرفت تنش خشکی همچنان که فتوسنتز برگ کاهش پیدا می‌کند، احتیاجات قندی برای تنظیم اسمزی در گیاهان و به دنبال آن رشد ریشه به طور اجتناب ناپذیری کاهش می‌یابد (۷). بنابراین، رشد و نمو ریشه در شرایط خشکی نسبت به شرایط فراهمی رطوبت، خصوصا در گیاهان حساس به خشکی، کاهش می‌یابد. مطابق با نتایج این پژوهش مارکوم و همکاران (۱۸) نیز بیان کردند که وزن خشک ریشه گراسهای هالوفیت اساساً تحت شرایط خشکی و شوری به شدت کاهش می‌یابد.

وزن خشک بخش هوایی

شدیدترین تیمارهای خشکی و شوری به ترتیب با میانگین ۶۹ و ۴۲ درصد کاهش نسبت به شاهد مربوطه، پایین ترین مقادیر این صفت را دارا بودند (جدول ۲). بر اساس نتایج بدست آمده از برهمکنش سطوح خشکی و شوری نیز به خوبی مشخص است که در تمامی تیمارهای شوری با کاهش محتوی آب خاک تا ۵۰ درصد ظرفیت زراعی (تنش خشکی متوسط)، به شدت از وزن خشک بخش هوایی کاسته شد. اما نکته مهم اینکه با پیشرفت تنش خشکی تا سطح ۲۵ درصد ظرفیت زراعی، این کاهش شدید وزن خشک بخش هوایی تنها در تیمارهای شوری صفر (شاهد) و ۵ دسی زیمنس بر متر ادامه یافت، در حالی که تحت دو تیمار شوری باقی مانده (شوری ۱۰ و ۲۰ دسی زیمنس بر متر)، کاهش وزن خشک بخش هوایی کالارگراس با افت ناچیز همراه بود (جدول ۳). روند پاسخ زیست توده بخش هوایی کالارگراس به واکنش متقابل شوری و خشکی در شکل ۴ نیز نشان داد علیرغم کاهش معنی دار این صفت با افزایش سطوح شوری در شرایط رطوبتی کامل و متوسط خاک (به ترتیب ۱۰۰ و ۵۰ درصد ظرفیت زراعی)، در تنش خشکی شدید (FC ۲۵٪) تغییرات وزن خشک گیاه با افزایش تنش شوری به ثبات رسید.

یکی دیگر از اثرات آشکار تنش خشکی، کاهش وزن خشک بخش هوایی گراسها به شمار می‌رود. در واقع در اکثر گراسها پاسخ مذکور، به عنوان یک سازوکار مناسب جهت سازگاری با شرایط تنش شدید گزارش شده است (۲). اصولاً نقصان تولید و کاهش بخش هوایی در گراسها در اثر تنش، به کاهش در فتوسنتز، فشار آماس و رشد سلولی نسبت داده می‌شود (۲۰). پسرکلی و کوپک (۲۲) گزارش کردند که وزن خشک بخش هوایی گیاه هالوفیت علف شور (*Salsola* sp.)، تحت سطوح مختلف شوری و خشکی کاهش نشان می‌دهد. هر چند که این کاهش تحت تنش خشکی به صورت مشخص ری در مقایسه با شوری دیده می‌شود.

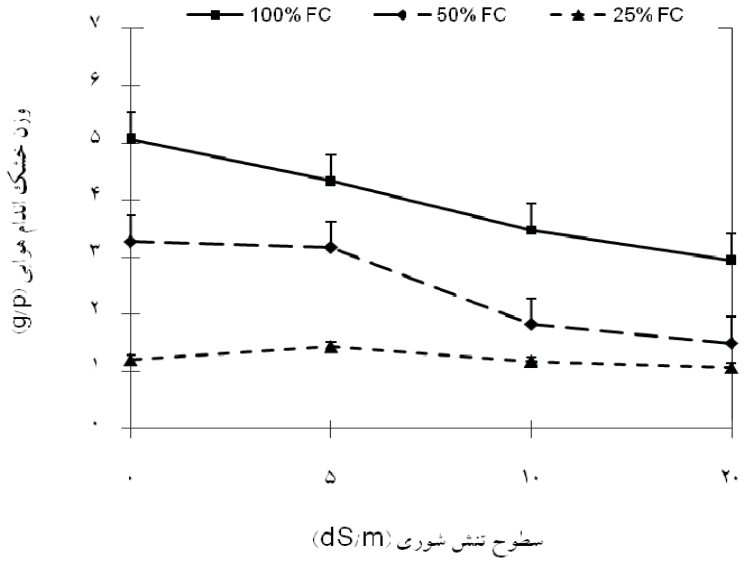
نتیجه‌گیری

گیاه کالارگراس در این آزمایش، در اکثر صفات اندازه گیری شده تحمل بیشتری به تنش شوری در مقایسه با تنش خشکی نشان داد. همان طوری که در شکل خطوط هم ارز[2] وزن خشک اندام هوایی کالارگراس نیز ملاحظه می شود (شکل ۵) تحمل گیاه به افزایش سطوح شوری بیش از سطوح خشکی است. به عنوان نمونه، وزن

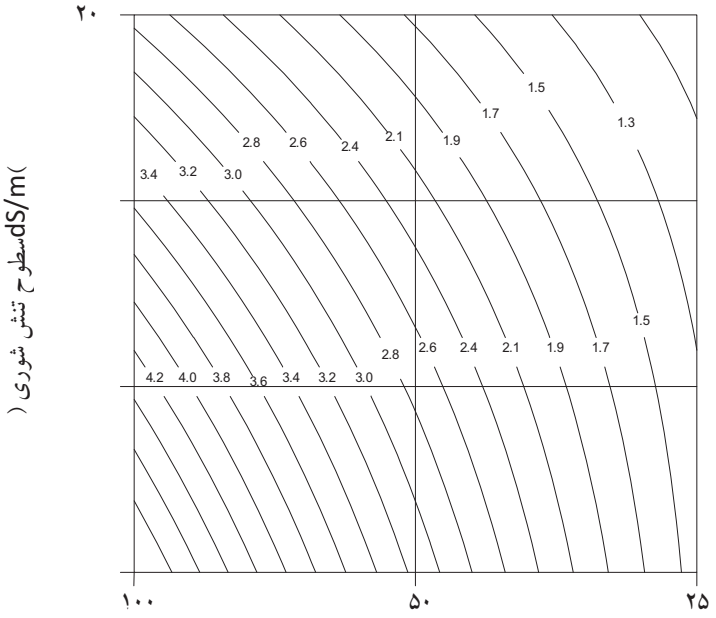
1- Abscisic acid

2- Isolines

خشک بخش هوایی تک بوته کالارگراس به مقدار ۳ گـرم حاصـل از تنش شوری ۲۰ dS/m، معادل وزن خشک بخـش هـوایی آن تحـت تنش خشکی ۵۰ درصد FC به دست آمد. بنابراین کشت این گیـاه در اراضی دارای آب شور قابل توصیه است.



شکل ٤- روند پاسخ وزن خشک بخش هوایی کالارگراس به واکنش متقابل شوری و خشکی (بارها خطای استاندارد هستند).



شکل ۵- خطوط هم ارز وزن خشک بخش هوایی تک بوته کالارگراس (گرم) تحت اثر متقابل شوری و خشکی

منابع

۱- سلاح ورزی، ی.، ع. تهرانی فر و ح. گزانچیان. ۱۳۸۷. بررسی تغییرات فیزیومورفولوژیک سبزفرشهای بومی و خارجی، در تنش خشکی و آبیاری دوباره. مجله علوم و فنون باغبانی ایران. ج. ۹. ش. ۳. ص. ۱۹۳-۲۰۴.

2- Amiard, V., A. M. Bertrand., J. P. Billard., C. Huault., F. Keller and M. P. Prudhomme. 2003. Fructans, but not the sucrosyl-galactosides, raffinose and loliose, are affected by drought stress in perennial ryegrass. Plant Physiology. 132:2218-2229.

3- Bacon, M. A., D. S. Thompson and W. J. Davies. 1997. Can cell wall peroxidase activity explain the leaf growth response of *Lolium temulentum* L. during drought? Journal Experimental Botany. 317:2075-2085

4- Baisakh, N., P. K. Subudhi and P. Bhardwaj. 2008. Primary responses to salt stress in a halophyte, smooth cordgrass (*Spartina alterniflora* Loisel). Funct Integr Genomics. 8:287-300.

5- Barrs, H. D. and P. E. Weaterley. 1962. A re-examination of the relative turgidity techniques for the estimating water deficit in leaves. Australian Journal of Biological Sciences. 15:413-428.

6- Bartels, D. and R. Sunkar. 2005. Drought and salt tolerance in plants. Critical reviews in plant sciences. 24:23–58.

7- Bilgin, O., I. Baser., K. Z. Korkut., A. Balkan and N. Saglam. 2008. The impacts on seedling root growth of water and salinity in maize (*Zea mays* Stuart). Bulgarian Journal of Agricultural Science. 14 :313-320.

8- Chaves, M. M., J. Flexas and C. Pinheiro. 2009. Photosynthesis under drought and salt stress: regulation mechanisms from whole plant to cell. Annals of Botany. 103: 551–560.

9- Daneshmand, F., M. J. Arvin and K. Kalantari**.** 2009. Effect of Acetylsalicylic Acid (Aspirin) on Salt and Osmotic Stress Tolerance in *Solanum bulbocastanum* in Vitro: Enzymatic Antioxidants. American**-**Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences. 6:92-99.

10- Durand, J. L., B. Onillon, H. Schnyder and I. Rademacher. 1995. Drought effects on cellular and spatial parameters of leaf growth in tall fescue. Journal Experimental Botany. 46:1147-1155.

11- De Araujo, A. M.**,** A. G. Silveira**.,** T. D**.** Almeida.**,** M. A. Rocha**.,** D. L**.** Morais and R. A. Viegas. 2006. Salinity tolerance of halophyte *Atriplex nummularia* L. grown under increasing NaCl levels. Engenharia Agricola e Ambiental. 10:848-854.

12- Elkahoui, S., A. Smaoui., M. Zarrouk., R. Ghrir and F. Limam. 2004. Saltinduced lipid changes in *Catharanthus roseus* cultured cell suspensions. Phytochemistry. 65:1911-1917.

13- Hu, Y. and U. Schmidhalter. 2005. Drought and salinity: a comparison of their effects on mineral nutrition of plants. Journal of Plant Nutrition and Soil Science. 168:541-549.

14- Huang, B. and H. Gao. 2000. Root physiological characteristics associated with drought resistance in tall fescue cultivars. Crop Science. 40:196-203.

15- Huang, B. and J. Fu. 2001. Growth and physiological responses of tall fescue to surface soil drying. International Turfgrass Society Research Journal. 9:291-296.

16- Lafitte, R. 2002. Relationship between leaf relative water content during reproductive stage water deficit and grain formation in rice. Field Crop Research. 76:165-174.

17- Marcum, K. B. 1998. Cell membrane theromotability and whole-plant heat tolerance of Kentucky bluegrass. Crop Science. 38:1214-1218.

18- Marcum, K. B., M. Pessarakli, and D. M. Kopec. 2005. Relative salinity tolerance of 21 turf-type desert saltgrasses compared to bermudagrass. HortScience. 40:827-829.

19- Megdiche, W., K. Hessini., F. Gharbi., C. A. Jaleel., R. Ksouri and C. Abdelly. 2008. Photosynthesis, photosystem II efficiency of two salt-adapted halophytic seashore *Cakile maritima* ecotypes. Photosynthetica. 46:410-419.

20- Pande, H. and J. S. Singh. 1981. Comparative biomass and water status of four range grasses growth under two soil water conditions. Journal of Range Management**.** 34:480-484.

21- Parida, A .K. and A .B. Das. 2005. Salt tolerance and salinity effects on plants: a review. Ecotoxicology and Environmental Safety. 60: 324-349.

22- Pessarakli, M and D. M. Kopec. 2008. Comparing Growth Responses of Selected Cool-Season Turfgrasses under Salinity and Drought Stresses. Turfgrass, LandScape and Urban IPM Research Summary. P-155.

23- Reinhold, R., T. Hurek and I. Fendrik. 1998. Plant-bacteria interactions with special emphasis on the kallar grass association. Plant and Soil. 110:249-257.

24- Shaheen, R., C. Rebecca, and N. Hood. 2005. Effect of drought and salinity on carbon isotope discrimination in wheat cultivars. Plant Science 168:901-909.

25- Shilpi, M. and N. Tuteja. 2005. Cold, salinity and drought stresses: an overview. Archives of biochemistry and biophysics. 444:139-58.

26- Siddiqui, Z. S., M. A. Khan., B. G. Kim., J. S. Huang and T. R. Kwon. 2008. Physiological Responses of *Brassica napus* Genotypes to Combined Drought and Salt Stress. Plant Stress 2:78-83.

27- Sreenivasulu, N., B. Grimm., U. Wobus and W. Weshke. 2000. Differential response of antioxidant compoundS to salinity stress in salt-tolerant and salt-sensitive seedlings of foxtail millet (*Setaria italica*). Plant physiology.

109:435-442.
28- Ueda, A., M. Kanechi., Y. Uno and N. Inagaki. 2003. Photosynthetic limitations of a halophyte sea aster (*Aster tripolium* L.) under water stress and NaCl stress. Journal of Plant Research. 116:65-70.
29- Zhao, G. Q., B. L. Ma and C. Z. Ren. 2007. Growth, gas exchange, chlorophyll fluorescence, and ion content of naked oat in response to salinity. Crop Science. 47:123-131.
30- Yousef, A. M. 2009. Salt Tolerance Mechanisms in Some Halophytes from Saudi Arabia and Egypt. Research Journal of Agriculture and Biological Sciences. 5:191-206.